

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Par : **GOURARI Islem & MOHAMMEDI Khaled**

Sujet

**Etude bibliographique synthétique des méthodes et outils de
protection des eaux souterraines
-Cas de la source d'Ain Fouara Supérieure (Tlemcen)-**

Soutenu en ligne, le 18 /11 /2020, devant le jury composé de :

Mr Bouanani A.	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
Mme Gasmi I.	MCB	Univ. Tlemcen	Examineur
Mme Bensaoula Fouzia	Professeur	Univ. Tlemcen	Encadreur
Mr ADJIM Mohamed	Professeur	Univ. Tlemcen	Co-Encadreur

Promotion : 2019/2020

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de nos études,

A ma chère sœur pour ses encouragements permanents, et son soutien moral, A mon cher frère pour son appui et ses encouragements,

A ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

A toute l'équipe universitaire y compris nos enseignants depuis la première année. A tous mes amis en particulier : Abderrahim, Sidi Mohamed, Zakaria, Bachir, Amine, Omar, Tahar, Salah, Amine, Mohamed El Hadi, Ilyes, Khaled El Walid, Hocine, Mohamed, Aboubekr et Abdelhafid.

KHALED

Dédicace

Je dédie ce mémoire à Mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu, leur aide, on témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

Mes chers frères Anouar, Asmaa, Amine, Salah pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude

Mes neveux Abdennour, Assinante, Yaakoub, Rachida et Rachad.

Mes chers amis qui sans leur encouragement ce travail n'aura jamais vu le jour : Abderrahim, Sidi Mohamed, Zakaria, Bachir, Amine, Omar, Taharz, Ramzi, Bilel, Redouane, Djawed, Yasser, Sid Ahmed, Hichem

Et à toute ma famille et à tous ceux que j'aime.

ISLEM

REMERCIEMENT

Au nom d'Allah le Tout Clément le Tout Miséricordieux et que sa prière et son salut soient sur son Prophète Mohammed et alliés. Louanges à Dieu en tout temps pour sa bénédiction.

Dans un premier temps, nous remercions nos chers parents qui nous ont soutenus depuis les premiers jours de nos vies et pour leurs encouragements constants.

Nous remercions aussi Mr Bouanani qui a bien voulu nous honorer de sa présence en présidant le jury.

*J'adresse mes sincères remerciements et profonde reconnaissance à Mme Gasmi pour l'intérêt qu'elle a porté à ce mémoire en acceptant de l'examiner. Notre plus grand respect et nos sincères remerciements vont à nos illustres encadreurs pour le temps et la patience, **Mme. BENSAOULA Fouzia** et **Mr ADJIM Mohammed**, ainsi qu'à l'ensemble du personnel de l'université Abou-Bakr BELKAID de Tlemcen, en particulier nos professeurs, afin qu'ils puissent trouver ici l'expression de notre considération et le témoignage de notre profonde reconnaissance pour le temps, la patience qu'ils ont mis à notre disposition et les judicieux conseils qu'ils nous ont prodigués tout le long de ce travail et de notre parcours universitaire.*

*Nous remercions l'ensemble du personnel de la **DRE, ADE, l'ONA** et le **DSA** pour nous avoir donné l'occasion extraordinaire de réaliser notre travail.*

Et enfin, nous aimerions exprimer notre gratitude à tous nos amis, camarades ainsi qu'à toute personne qui nous a apporté le soutien moral et intellectuel tout au long de ce travail.

Résumé

La région de Tlemcen, a été longtemps connue par sa richesse en eau souterraine. Dans l'agglomération du même nom, au sein des hauteurs qui la surplombent, se trouve la source étudiée qui porte le nom d'Ain Fouara supérieure. Cette dernière fut captée et est exploitée depuis l'époque coloniale. D'un débit moyen de 30L/s et d'une bonne qualité physico-chimique et bactériologique, elle contribue pour une large part aux besoins quotidiens en eau potable de la population de Tlemcen.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à déterminer les périmètres de protection (PDP) pour cette source (Ain Fouara sup) en utilisant un guide de Détermination des Périmètres de Protection des Captages d'eau destinée à la Consommation Humaine avec l'application de la méthode des distances ce qui a conduit à délimiter un périmètre de protection immédiat (PPI) de 30 m de rayon, un périmètre de protection rapproché (PPR) de 5.51 Ha et un périmètre de protection éloigné (PPE) de 22.5 Ha.

Mots clefs : Ain Fouara sup, Source, eaux souterraines, périmètre de protection, monts de Tlemcen

Abstract

The region of Tlemcen, has long been known for its rich groundwater resources. In the agglomeration of this region, within the heights that overhang it, is the studied source of Ain Fouara superior. This source was captured and has been exploited since colonial times. With an average flow rate of 30L/s and a good physico-chemical and bacteriological quality, it contributes to a large extent to the daily drinking water needs of the population of Tlemcen.

In our work, we were interested in determining the perimeters of protection (POP) for this source (Ain Fouara sup) using the National Guide for the Determination of the Perimeters of Protection of Water Catchments for Human Consumption with the application of the method of distances which led to the delimitation of an immediate perimeter protection IPP of 30m radius, a close protection perimeter CPP of 5.51 Ha and a remote protection perimeter RPP of 22.5 Ha.

Keywords: Ain Fouara sup, Source, groundwater, protection perimeter, Tlemcen mountains

ملخص

لطالما عُرفت منطقة تلمسان بغناها بالمياه الجوفية. في التكتل الذي يحمل نفس الاسم، داخل المرتفعات التي تعلوه، يوجد المنبع المدروس الذي يحمل اسم عين الفوارة العليا. تم تجميع الأخير هذا واستخدمه منذ العصور الاستعمارية مع معدل تدفق يبلغ 30 لترًا / ثانية وجودة فيزيائية وكيميائية وبكتريولوجية جيدة، فإنه يساهم إلى حد كبير في تلبية الاحتياجات اليومية من مياه الشرب لسكان تلمسان.

في عملنا، كنا مهتمين بتحديد محيط الحماية لهذا المصدر (عين الفوارة العليا) باستخدام الدليل الوطني لتحديد محيط الحماية لمآخذ المياه الموجهة للاستهلاك البشري مع تطبيق طريقة المسافات التي أدت إلى تحديد محيط الحماية الفوري على شكل دائرة نصف قطرها 30 م، محيط الحماية اللصيقة مساحته 5.51 هكتار، وأخيرا محيط الحماية عن بعد بمساحة تقدر ب 22.5 هكتار.

الكلمات المفتاحية: عين الفوارة، المنبع، المياه الجوفية، محيط الحماية، جبال تلمسان.

Table des Matières

Résumé

Table des Matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des Abréviations

Liste des annexes

Introduction générale..... i

Chapitre I :Les eaux souterraines et leur pollution

I.1 Introduction.....	1
Les eaux souterraines et leur pollution.....	1
I.2 Les eaux souterraines.....	2
I.2.1 Généralités sur les eaux souterraines	2
I.2.2 Définition des eaux souterraines.....	3
I.3 Les aquifères	4
I.3.1 Définition	4
I.3.2 Les types d'aquifère.....	4
I.4 Les ouvrage de captage des eaux souterraines.....	5
I.4.1 Les puits	5
I.4.2 Les forages	6
I.4.3 Les sources	8
I.5 La vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution	8
I.5.1 Définition de vulnérabilité	8
I.5.2 Les différents types de la vulnérabilité	9
I.5.3 Les facteurs et les critères d'évaluation de la vulnérabilité.....	10
I.6 La pollution des eaux souterraines	11
I.6.1 Définition de la pollution	11
I.6.2 Les types de polluants	12
I.6.3 Les différents types de pollution	12
I.6.4 Les sources de pollution des eaux souterraines.....	14
I.6.5 Les mécanismes de transfert des polluants.....	15

I.7 Conclusion :	17
------------------	----

Chapitre II : Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

II.1 Introduction :	19
II.2 La cartographie de la vulnérabilité et leurs objectifs :	19
II.3 Les différentes méthodes existantes de cartographie de la vulnérabilité :	19
II.3.1 : Les méthodes de cartographies à index :	20
II.3.2 : Les modèles de simulation :	20
II.3.2 : Les méthodes statistiques :	20
II.4 Les périmètres de protection :	20
II.4.1. définition :	20
II.4.2. Les différents types de périmètres de protection :	21
II.4. Les critères de délimitation des zones de protection :	23
II.4.1 Le pouvoir épurateur du sol :	23
II.4.2 Le rabattement :	23
II.4.3 Le temps de transfert :	24
II.4.4 La distance :	24
II.4.5 Les limite d'écoulement :	24
II.5. Les méthodes utilisées pour la délimitation des périmètres de protection :	24
II.5.1 La méthode de Wyssling :	25
II.5.2 L'estimation du pouvoir épurateur des terrains traversés :	27
II.6 La protection des eaux souterraines selon La législation algérienne :	29
II.6.1 Loi n° 83-17 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux :	29
II.6.2 : Loi no 05-12 relative à l'eau du 04 Aout 2005 :	30
II.6.3 : Décret exécutif n° 07-399 du 23 décembre 2007 :	30
II.6.4 : Décret exécutif n°10-73 du 06 février 2010 :	31
II.7. Conclusion :	33

Chapitre III : Cadre d'étude

III.1 Présentation de la source d'Ain Fouara supérieur :	35
III.2 Aspect climatique :	37
III.2.1 Température :	37
III.2.2 Précipitations :	37
III.2.3 Type de climat :	38
III.3 Relief et topographie :	39

III.4 : Aspect géologique :.....	39
III.5 Aspect Hydrogéologique.....	42
III.6 Hydrologie :.....	42
III.7 Pédologie :.....	43
III.8 Occupation du sol :	44
III.9 Qualité des eaux souterraines :.....	46
III.9.1 Analyse physico-chimique :	46
III.9.2 Analyse bactériologique :	48
III.9.3 Classification des eaux de la source :.....	48
III.10 Conclusion :	50

Chapitre IV : Application de la méthode des distances pour la protection de la source d’Ain Fouara Sup

IV.1 Introduction :.....	52
IV.2 Aspect juridique :.....	52
IV.3. Application de la méthode des distances :	53
IV.3.1 Méthodologie de travail :	53
IV.3.2 détermination de PPI :.....	53
IV.3.3 détermination de PPR :	56
IV.3.4 détermination de PPE :.....	63
IV.4 Conclusion :	68

Conclusion générale	68
Références bibliographiques :.....	71
Webographie :	78
Annexes :	79

Liste des figures

Figure I.1 : Différents types d'eau sur la planète

Figure I.2 : Schéma représentatif de la zone saturée et la zone non saturée

Figure I.3 : Les différents types des nappes

Figure I.4 : Captage par puits classique

Figure I.5 : Schéma représentatif d'un forage dans une nappe libre

Figure I.6 : Captage d'une source

Figure I.7 : Pollution ponctuelle et diffuse des eaux souterraines

Figure I.8 : Les différentes sources de contamination des eaux souterraines en milieu urbain

Figure II.1 : Les différents périmètres de protection.

Figure II.2 : Zone d'appel, zone d'influence et zone d'alimentation d'un captage.

Figure II.3 : Dimensionnement des périmètres de protection selon la méthode de Wyssling

Figure II.4 : Le cheminement d'un polluant depuis la surface du sol jusqu'à le captage.

Figure III. 1 : Localisation de la source étudiée

Figure III. 2 : Chambre de captage de la source

Figure III.3 : Bassin de filtration de la station de Lalla Setti 2.

Figure III.4 : Schéma du captage et l'adduction associé à la source Ain Fouara Sup.

Figure III.5 : Températures enregistrées par la station de Tlemcen (1982-2002)

Figure III.6 : Précipitations enregistrées par la station de Lalla Setti (1982/1983-2011/2012)

Figure III.7 : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées par la station de Lalla Setti (1982/1983-2011/2012)

Figure III.8 : Coupe géologique simplifiée de la région de Tlemcen

Figure III.9 : Carte géologique simplifiée de la région de Tlemcen

Figure III.10 : Colonne géologique synthétique montrant les principales formations affleurantes les monts Tlemcen

Figure III.11 : Coupe schématique d'Aïn Fouara supérieure

Figure III.12 : Réseau hydrographique de la région de Tlemcen

Figure III.13 : Carte pédologique de la wilaya de Tlemcen

Figure III.14 : Carte d'occupation associée à la source

Figure III.15 : Classification des eaux de la source Ain Fouara Supérieure selon le diagramme

de Schoeller – Berkaloff.

Figure III.16 : Classification des eaux de la source Ain Fouara (Diagramme de Piper).

Figure IV.1 : Diagramme explicatif pour la délimitation des périmètres de protection des sources. La partie indiquée en bleu résume la méthodologie à suivre quand les données hydrogéologiques sont disponibles

Figure IV.2 : Schéma du périmètre de protection immédiat (PPI) pour une source.

Figure IV.3 : L'état du grillage associé au PPI existant.

Figure IV.4 : Périmètre de protection immédiat (PPI) proposé pour la source étudiée.

Figure IV.5 : Schéma du périmètre de protection rapproché (PPR) pour une source

Figure IV.6 : Périmètre de protection rapproché (PPR) proposé pour la source étudiée

Figure IV.7 : Quelques produits fertilisants utilisés par les agriculteurs de la région.

Figure IV.8 : Vue satellitaire de notre périmètre de protection rapproché (PPR).

Figure IV.9 : Schéma du périmètre de protection éloigné (PPE) pour une source

Figure IV.10 : Périmètre de protection éloigné (PPE) proposé pour la source étudiée.

Figure IV.11 : Vue satellitaire de notre périmètre de protection éloigné (PPE).

Figure IV.12 : Carte récapitulative de nos périmètres de protections.

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Critère de vulnérabilité.

Tableau II.1 : Synthèse des procédures de protection des eaux souterraines.

Tableau III.1 : Coordonnées Lambert nord de la source Ain Fouara Sup

Tableau III.2 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux souterraines de la source Ain Fouara Sup pour différents périodes.

Tableau III.3 : Résultats de l'analyse physico-chimique des eaux souterraines de la source Ain Fouara Sup.

Tableau III.4 : Les normes de potabilité selon l'OMS.

Tableau III.5 : Valeurs de la dureté pour les trois analyses.

Tableau III.4 : Les normes de potabilité des éléments physico-chimiques.

Tableau IV.1 : Fertilisation azoté globale (normes françaises).

Tableau IV.2 : Recommandations de fertilisation en Algérie.

Liste des Abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

ASR : Anaérobie Sulfite Réductrice

GUT : Groupe Urbain de Tlemcen

Ha : hectare

L/S : litre par seconde

MES : Les matières en suspension.

OMS : Organisation Mondiale de Santé

ONA : Office Nationale d'Assainissement

PDP : Périmètre de Protection

PPE : Périmètre de Protection Eloigné.

PPI : Périmètre de Protection Immédiat.

PPR : Périmètre de Protection Rapproché.

ZNS : La zone Non Saturée.

ZS : La Zone Saturée.

Liste des annexes

Annexe 01 : Journal Officiel de la République Algérienne N°80 du 26/12/2007, Décret exécutif n°07- 399 du 14 DhouElhidja 1428 correspondant au 23 décembre 2007 relatif au périmètre de protection qualitative des ressources en eau

Introduction générale

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture, les fuites des réseaux d'assainissement ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau.

La pérennisation des sources souterraines nécessite donc la mise en place des périmètres de protection destinés à éviter les pollutions diverses pouvant altérer la qualité des eaux souterraines.

L'objectif de notre travail consiste à dimensionner et proposer un périmètre de protection pour la source d'Ain Fouara supérieure située au niveau de Kalaa supérieure. Ce travail se basera sur des critères géologiques, hydrogéologiques et l'occupation du sol.

Le premier chapitre est dédié aux généralités sur les eaux souterraines et leur pollution.

Dans le deuxième chapitre nous avons passé en revue les méthodes et les outils de protection des eaux souterraines, ainsi que les critères de délimitation des zones de protection. A la fin de ce chapitre nous citons les textes législatifs algériens concernant la protection des ressources en eau avec une comparaison avec la réglementation internationale.

Dans le troisième chapitre notre zone d'étude est présentée sous plusieurs volets ; situation géographique, géologie, son hydrogéologie... etc. La qualité de l'eau de la source est aussi abordée à la fin de ce chapitre.

Le dernier chapitre porte sur la délimitation des différents périmètres de protection (immédiat, rapproché et éloigné) en considérant les aspects géographiques, et ceux de l'occupation du sol avec des recommandations sur les pratiques et les activités souhaités dans ces périmètres.

Ce travail est clôturé par une conclusion générale et des recommandations.

Chapitre I
Les eaux souterraines
et leur pollution

I.1 Introduction :

L'eau est une source limitée et vulnérable, elle est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. Parmi les moyens d'accès à cette source c'est l'exploitation d'eau souterraine en utilisant les différentes méthodes de captages.

L'eau souterraine, bien qu'elle soit cachée et invisible, elle est très vulnérable aux plusieurs sources de contamination qui entraînent la dégradation de sa qualité.

I.2 Les eaux souterraines :

I.2.1 Généralités sur les eaux souterraines :

Les eaux souterraines considérées comme une source cachée que l'on a tendance à oublier. À l'échelle du cycle hydrologique, les eaux souterraines ne représentent qu'une faible partie de toutes les eaux marines et océaniques (Banton & Bangoy, 1997).

En effet les eaux souterraines constituent le réservoir le plus important d'eau douce au niveau mondiale, elles représentent plus de 97 % des ressources en eau douce de la planète (en excluant les glaciaires et les calottes glaciaires), les 3 % restants sont composés principalement d'eaux de surface (Quevauvilier, 2010).

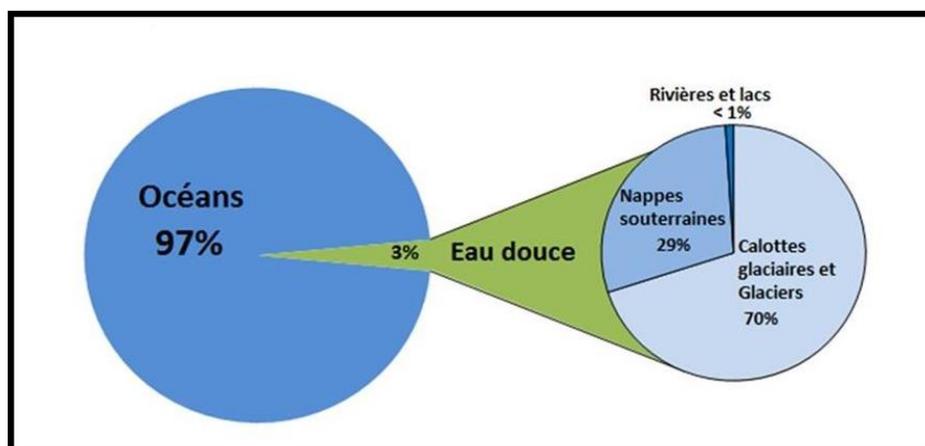


Figure I.1 : Différents types d'eau sur la planète [1].

Chapitre I : Les eaux souterraines et leur pollution

Les eaux souterraines constituent une formidable source renouvelable, exploitée pour l’approvisionnement en eau potable, l’usage industriel et l’usage agricole (Bensaoula, 2006).

D’une manière générale les eaux souterraines sont prélevées pour utiliser dans les différentes activités humaines, d’où 70 % sont utilisés pour l’agriculture, principalement pour irrigation, 19 % sont utilisés pour l’industrie, et 11 % pour les usages municipaux et domestiques. La part des prélèvements pour l’agriculture varie considérablement d’un pays à un autre [1].

I.2.2 Définition des eaux souterraines :

L’eau souterraine se définit comme étant l’eau qui est présente dans les pores et les interstices des roches ou des sédiments qui forment le sous-sol. Sous l’effet de la gravité, une partie de l’eau issue des précipitations, de la fonte des neiges ou encore des cours d’eau et rivières s’infiltré dans le sol au travers des pores vides, plus ou moins facilement en fonction des propriétés du sol [2].

Les eaux souterraines sont souvent contenues dans des couches aquifères qui sont généralement composés de deux zones :

- **Une zone non saturée** : comprise entre la surface du sol et la surface d’une nappe libre, elle représente la zone d’infiltration de l’aquifère. Dans cette zone l’eau ne remplit pas l’intégralité des pores de la roche.
- **Une zone saturée** : dans laquelle l’eau occupe complètement les interstices des roches, formant dans un aquifère une nappe d’eau souterraine [3].

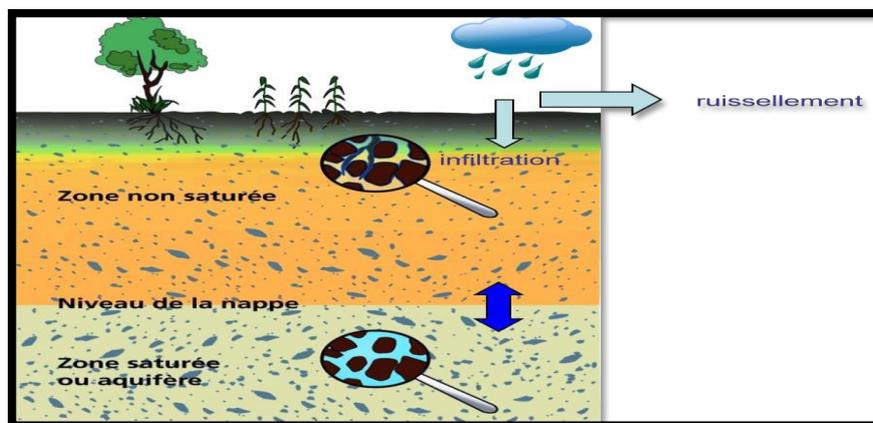


Figure I.2 : Schéma représentatif de la zone saturée et la zone non saturée [4].

I.3 Les aquifères :

I.3.1 Définition :

L'aquifère (du latin *aqua fero* : porter l'eau) est une structure géologique perméable contenant de l'eau (comme les alluvions de rivières, des granites fissurés, un plateau de calcaire... etc.), il permet un stockage plus ou moins important et plus ou moins long de l'eau infiltré. Chaque aquifère est caractérisé par : sa géométrie, sa superficie, sa profondeur et par les caractéristiques intrinsèques de la roche dont il est formé (Gilli et al, 2008).

La base de l'aquifère est appelée "substratum" qui est constitué par une formation hydrogéologique imperméable. En effet leur partie supérieure (le toit) prend trois types :

- ✓ **Hydrodynamique avec fluctuation** : dans les aquifères à nappe libre.
- ✓ **Formation géologique imperméable** : dans les aquifères à nappe captive.
- ✓ **Formation géologique semi perméable** : aquifère à nappe semi captive. (Castany, 1982).

I.3.2 Les types d'aquifère :

✓ **Les aquifères à nappe libre :**

Il s'agit 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 efficace peut les alimenter par toute la surface (Roux, 2006). Ces nappes sont souvent peu profondes.

✓ **Les aquifères à nappe captive :**

Elles sont constituées à peu près des mêmes types de roche, mais elles sont recouvertes par une autre couche géologique imperméable (le toit) qui confine l'eau. Celle-ci est alors sous pression et peut jaillir dans des forages dits artésiens. Les nappes captives sont souvent profondes, voire très profondes (1000 m et plus) (Roux, 2006).

✓ **Les aquifère à nappe semi captive :**

C'est le cas intermédiaire entre les nappes libres et les nappes captives. Dans ce type d'aquifère le toit et le substratum (ou tous les deux) sont souvent constitués par une formation hydrogéologique semi perméable (peu perméable). Celle-ci permet, dans certaines conditions hydrodynamiques favorables des échanges d'eau (ou de pression) avec l'aquifère superposé ou sous-jacent, appelé drainant (Castany, 1982).

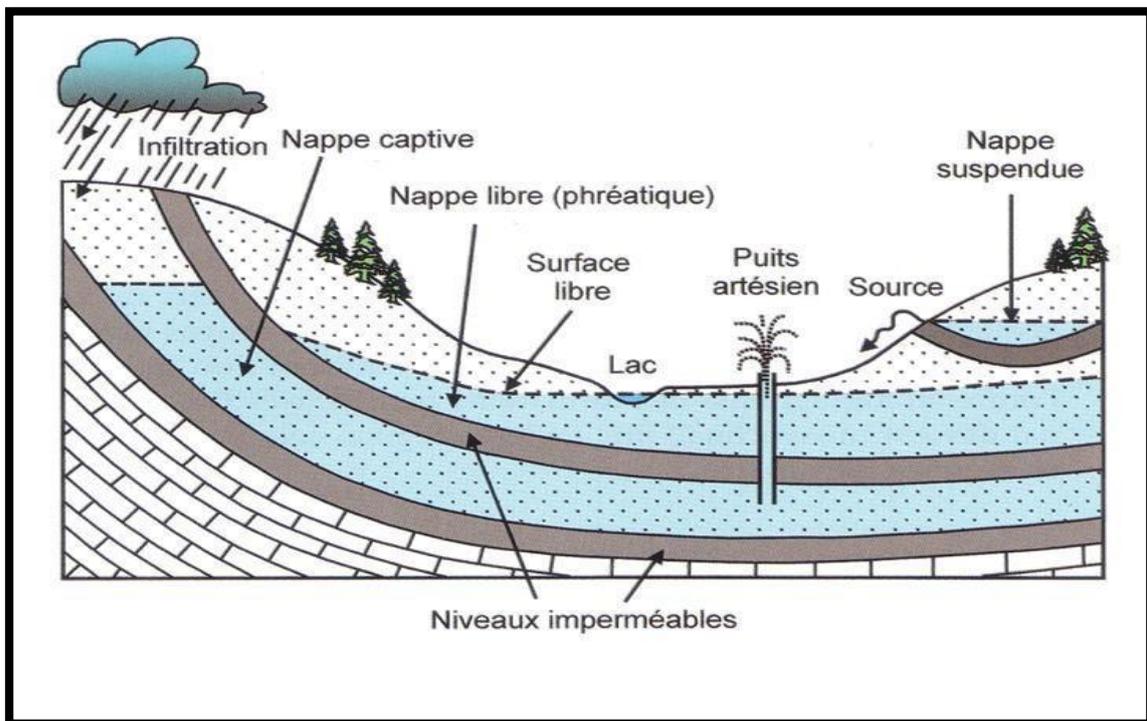


Figure I.3 : Les différents types des nappes [5].

I.4 Les ouvrage de captage des eaux souterraines :

Le captage d'eaux souterraines est un dispositif de prélèvement qui permet de puiser l'eau à partir des nappes qui se trouvent sous la surface du sol par les différentes techniques de captages qu'ils sont généralement des puits, des forages ou des sources.

I.4.1 Les puits :

Les puits sont des ouvrages verticaux de profondeur moyenne ou faible (inférieur à 100 m) avec un gros diamètre de 1.2 m. Il contient des parois

Chapitre I : Les eaux souterraines et leur pollution

revêtues au moins partiellement de béton ou de maçonnerie (Lallemand Barres et Roux, 1999).

Traditionnellement, ils traversent les niveaux d'altération des formations du socle sur quelques mètres de profondeur et recourent le toit de la nappe, les débits sont alors faibles et l'exploitation de l'eau repose sur l'effet capacitif de l'ouvrage. En plus les puits sont très sensibles :

- Aux variations saisonnières (maximum de débit en hiver et minimum en automne).
- Aux variations climatiques (baisse marquée des niveaux des nappes en période de sécheresse prolongée, pouvant aller jusqu'à l'assèchement temporaire de l'ouvrage).
- À la pollution de l'eau, principalement par les nitrates et pesticides [7].

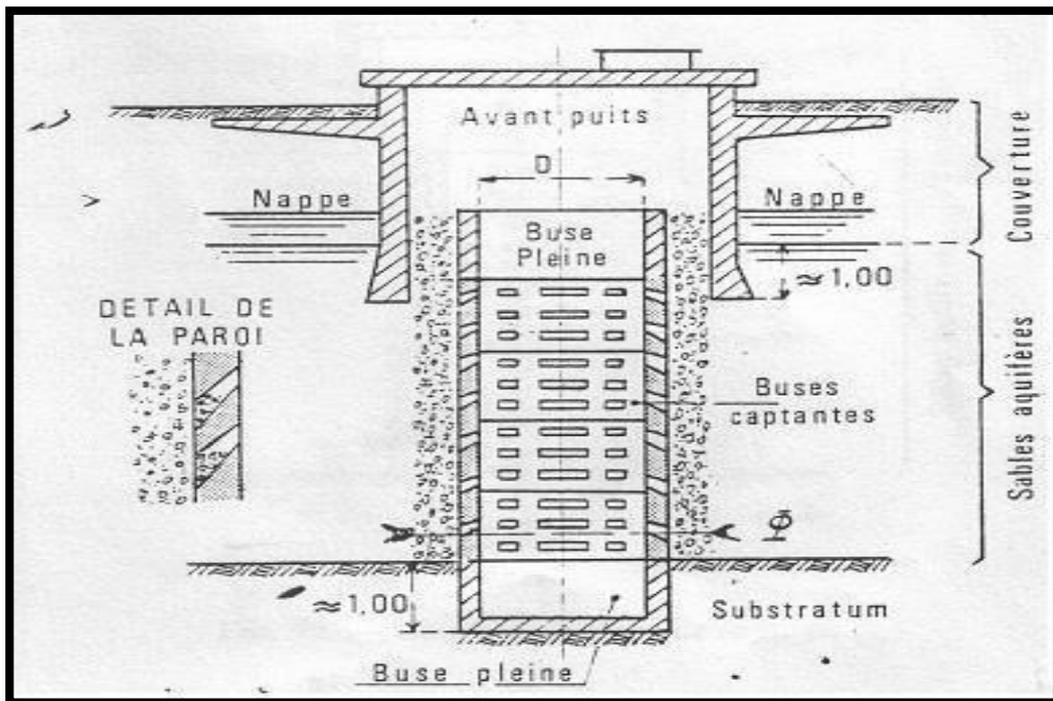


Figure I.4 : Captage par puits classique (Castany, 1982).

I.4.2 Les forages :

Le forage est une technique de captage d'eau souterraine qui permet de creuser des trous verticaux avec des grandes profondeurs qui peuvent aller jusqu'à 1000 m ou plus. Son diamètre est plus faible à celui de puits et sa paroi est protégée par un

Chapitre I : Les eaux souterraines et leur pollution

tube en métal ou une matière plastique et une cimentation entre terrain et tubage dans les premiers mètres (Lallemand Barres & Roux, 1999).

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 (Luzolo Lutete, 2012).

Finalement, le forage représente l'ouvrage moderne le plus avantageux pour l'exploitation des eaux souterraines (sur tout pour la consommation humaine) pour les raisons suivantes :

- Leur débit est plus important (parce que l'extraction de l'eau se fait par le pompage).
- La possibilité de pollution est réduite, parce que l'eau du forage est purifiée par un long parcours à travers le sol (Cherifi et Bensmain, 2017).

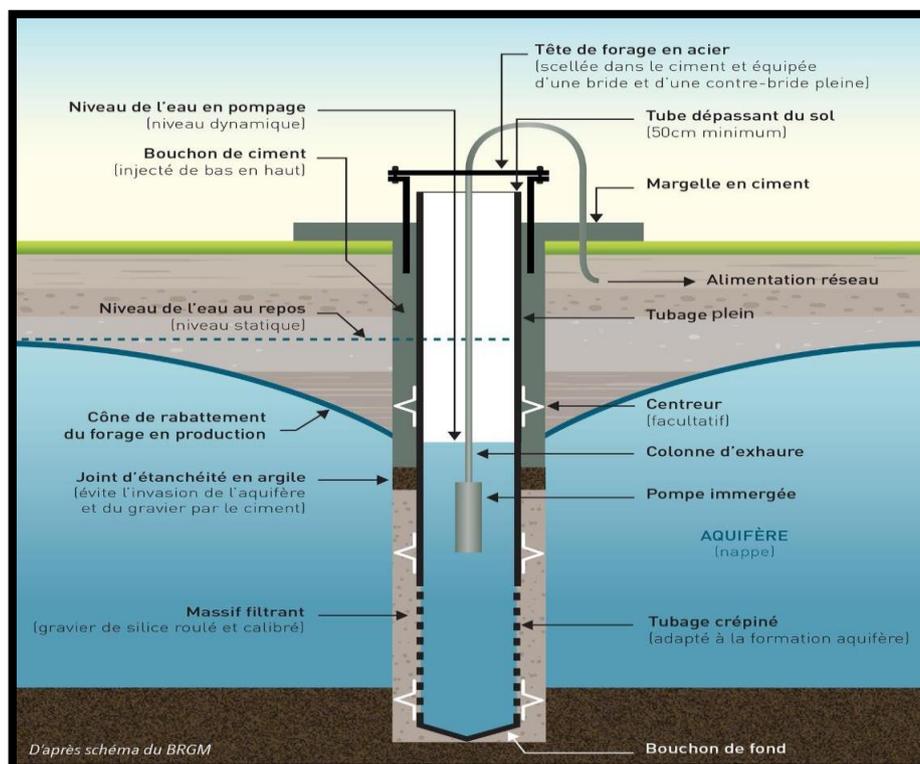


Figure I.5 : Schéma représentatif d'un forage dans une nappe libre [8].

I.4.3 Les sources :

Une source est le lieu d'apparition d'un écoulement naturel d'eau souterraine à la surface du sol. Elles sont captées sans être aménagées sauf les sources importantes qui sont les plus souvent aménagées, notamment par des chambres de captages et des dispositifs permettant le contrôle de la hauteur du seuil d'émergence. Elles peuvent aussi comporter des drains et des galeries drainantes (Lallemand Barres et Roux, 1999).

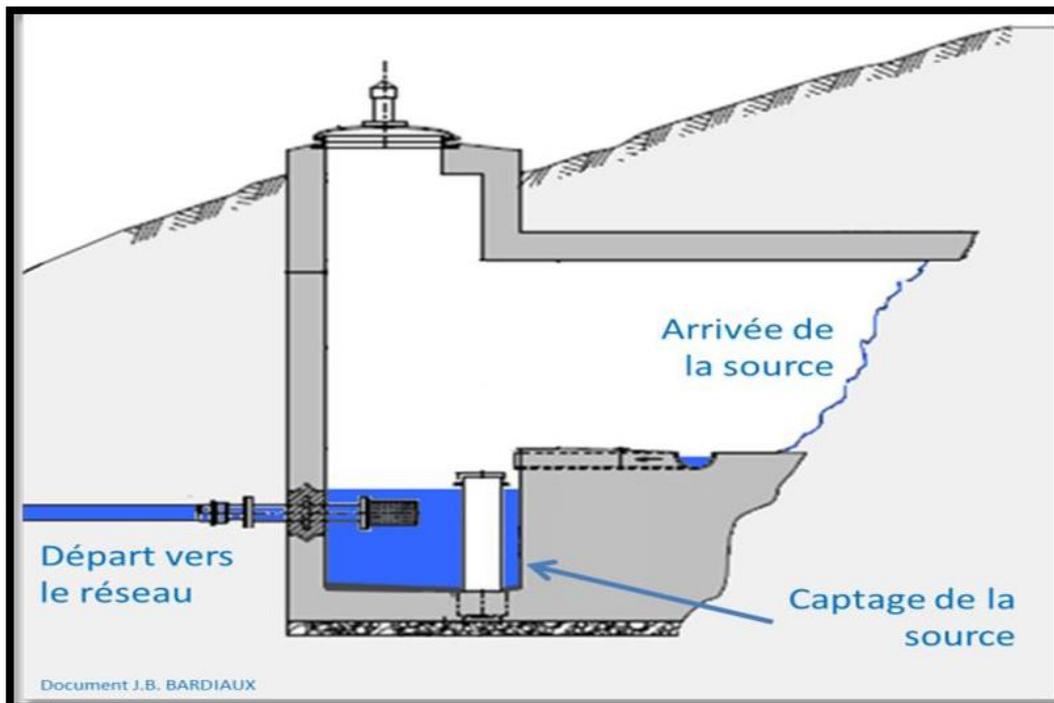


Figure I.6 : Captage d'une source [6].

I.5 La vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution :

I.5.1 Définition de vulnérabilité :

Le terme de vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination a été introduit en hydrogéologie pour la première fois par « Margat » en 1968. Elle est définie et utilisée de manière très diverse par différents hydrogéologues (tels que : Gogu et Dassargues 1998, Lallemand Barres 1994, Lallemand barres et Roux 1989). Certains auteurs l'ont défini comme une propriété intrinsèque des aquifères, d'autres estiment que la vulnérabilité est liée aux propriétés spécifiques du contaminant. Cependant, d'autres auteurs l'associent aux activités humaines et à la

Chapitre I : Les eaux souterraines et leur pollution

qualité agro-pédologique des terrains de surface (Amharref et Bernoussi, 2007).

D'une manière générale, la vulnérabilité des eaux souterraines représente la sensibilité des aquifères à la contamination par des polluants qui se trouvent à la surface ou proches de la surface du sol (Palmer et al, 1995). Elle représente une propriété relative, non mesurable et adimensionnelle (Gilli et al, 2008).

D'autre part, la vulnérabilité sert à étudier les possibilités de propagation des polluants vers la nappe d'eau souterraine. Celle-ci est, en premier lieu lié à l'autoépuration naturelle du sol, en second lieu, elle est favorisée par la circulation de l'eau dans l'aquifère (Castany, 1982).

I.5.2 Les différents types de la vulnérabilité :

Il existe deux types de vulnérabilité : la vulnérabilité intrinsèque et la vulnérabilité spécifique.

La distinction de ces deux types est nécessaire car, d'une façon générale, elles ne se placent pas sur la même échelle d'investigation parce que la vulnérabilité intrinsèque peut être considérée comme invariante dans le temps, par contre la vulnérabilité spécifique (directement liée aux activités polluantes éventuelles) est évolutive et ne caractérise qu'un instant précis (Schnebelen et al, 2002).

✓ La vulnérabilité intrinsèque :

Ce terme est utilisé pour représenter les caractéristiques du milieu naturel qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la pollution par les activités humaines (industrielle, urbain, agricole). Elle ne tient compte que des facteurs physiques influençant le mouvement d'un polluant de la surface vers la nappe d'eau souterraine (Landreau, 1996).

✓ La vulnérabilité spécifique :

C'est le terme utilisé pour définir la vulnérabilité d'une eau souterraine à un polluant particulier ou à un groupe de polluants. Elle prend en compte les propriétés des polluants et leur capacité à interagir avec es différents composants de la vulnérabilité intrinsèque (Vernaux et al, 2010).

Chapitre I : Les eaux souterraines et leur pollution

En effet, la vulnérabilité spécifique sera, dans la majorité des cas, moins grande que la vulnérabilité intrinsèque (Gilli et al, 2008).

I.5.3 Les facteurs et les critères d'évaluation de la vulnérabilité :

La vulnérabilité d'une nappe dépend de multiples facteurs, intervenant soit sur la nature et/ou la concentration de la contamination, soit sur son temps de transfert. Selon Castany, 1982, ces facteurs sont :

- ✓ Les caractéristiques physiques et chimiques du sol et sous-sol (le facteur principal est la lithologie).
- ✓ Les paramètres de l'écoulement de l'eau souterraine (le coefficient de perméabilité ou transmissivité, la direction et la vitesse de déplacement).
- ✓ Les conditions d'alimentation et d'écoulement, facteurs du renouvellement de la réserve totale moyenne.

D'autre part, la vulnérabilité est évaluée en prenant en compte les caractéristiques du sol, de la zone saturée et de la zone non saturée qui contrôle le comportement des polluants. Un certain nombre de critères sont disponibles, ils sont associés aux ensembles souterrains (le sol, la zone saturée et la zone non saturée). Ces critères sont récapitulés dans le tableau suivant :

Chapitre I : Les eaux souterraines et leur pollution

Tableau I.1 : Critère de vulnérabilité (Zwahlen, 2004 in Zeghid, 2013).

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

I.6 La pollution des eaux souterraines :

Bien que les eaux souterraines sont cachées et invisibles, elles sont aussi exposées à la pollution, mais elles sont moins facilement/rapidement polluée que les eaux de surface (les fleuves et les rivières) (Irish EPA 1999). Cette pollution représente le risque permanent de limitation de cette source dans un proche avenir (Castany, 1982).

I.6.1 Définition de la pollution :

On parle d'une eau polluée lorsqu'elle perd au moins une de ses fonctions (ou un

Chapitre I : Les eaux souterraines et leur pollution

de ses usages) et elle devient impropre à répondre aux normes d'utilisation comme elle peut aussi présenter un danger pour l'environnement (Castany, 1982).

Le degré de pollution de l'eau est apprécié par la mesure de l'écart entre le "bruit de fond" qui est la teneur en substances minérales dissoutes d'origine naturelle (géologique) caractérisant les eaux souterraines et leurs caractéristiques physico-chimiques de l'eau (Mardhel, 2001).

I.6.2 Les types de polluants :

Un polluant est un facteur qui entraînera, en raison d'une intensité ou d'une concentration anormale, une détérioration de la qualité de l'eau naturelle. (Moulin et al, 2004).

Les polluants de l'eau peuvent se présenter sous différentes formes, selon Lallemand Barres et Roux, 1999, on peut distinguer trois types des polluants :

✓ **Les polluants physiques :**

Les principaux agents physiques de la pollution sont : la chaleur (température), la radioactivité, les matières en suspension (MES) ...etc.

✓ **Les polluants chimiques :**

Les sels minéraux, les métaux lourds, les pesticides, les détergents, les hydrocarbures, les solvants, ...etc.

✓ **Les polluants microbiologiques :**

Elles représentent généralement : les virus, les bactéries, les germes et les micro-organismes.

I.6.3 Les différents types de pollution :

La pollution des eaux souterraines peut être ponctuelle, diffuse, temporaire ou chronique.

✓ **Pollution ponctuelle et diffuse :**

Selon la densité et la solubilité du polluant, la zone polluée sera circonscrite ou diffuse, à la surface ou à l'intérieur de la nappe. Le polluant émis sur une faible

Chapitre I : Les eaux souterraines et leur pollution

surface n'affectera qu'un secteur limité de la nappe, qui pourra s'étendre par diffusion. Seuls les captages à proximité de la zone polluée et en aval qui seront affectés (Chekroud, 2007).

✓ Pollution temporaire et chronique :

L'émission exceptionnelle de matière polluante à la suite d'un incident (mauvaise manœuvre en usine, accident de la circulation...) peut entraîner un transfert à la nappe et sa pollution dont la durée dépend de son pouvoir d'autoépuration et de sa vitesse de percolation.

Les pollutions chroniques sont plus insidieuses et dommageables, moins spectaculaires, elles peuvent passer inaperçues (pollution agricole par les nitrates, contaminations par les hydrocarbures à partir de sols pollués) (Kankou, 2004).

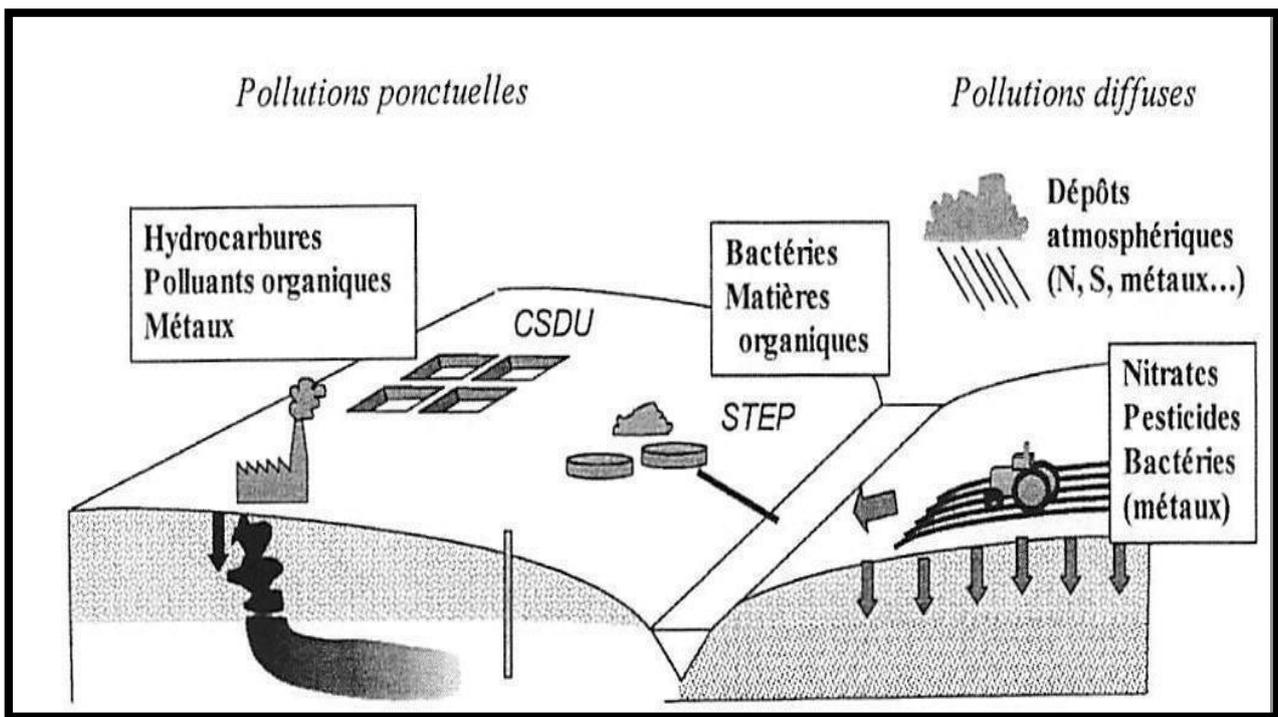


Figure I.7 : Pollution ponctuelle et diffuse des eaux souterraines (Atteia, 2005)

I.6.4 Les sources de pollution des eaux souterraines :

La pollution des eaux souterraines est provoquée principalement par les rejets des activités anthropiques (domestiques et urbaines, agricoles ou industrielles), d'où ces trois activités représentent les trois grandes sources de pollution des eaux souterraines.

✓ **Pollution d'origine domestique et urbaine :**

Elle est causée par les rejets d'eaux usées domestiques et municipales (lavage des rues, arrosages et les eaux utilisées pour la climatisation des immeubles). (Castany, 1982). En plus on peut ajouter par exemple : les rejets des stations d'épurations urbaines (les stations d'épuration à forte charge), les rejets et les déchets des stations des décharges, les fuites des réseaux d'assainissement qui sont mal construits, l'infiltration des eaux pluviales ...etc.

Le risque de pollution apparaît aussi dans le développement des autoroutes, la construction des réseaux routiers puis à leur exploitation (Castany, 1982).

✓ **Pollution d'origine industrielle :**

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activité. Donc on peut distinguer plusieurs polluants tels que : substances organiques banales, produits organiques de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds, produits chimiques, ...etc. Les pollutions d'origines industrielles sont exceptionnelles (incident dans un procédé industriel), mais encore trop souvent chroniques (Charikh, 2015).

On peut ajouter un cas spécifique de pollution industrielle qui concerne les activités minières, par exemple le creusement des carrières entraîne une élimination de la couche protectrice surmontant les aquifères, donc l'aquifère devient plus vulnérable à la pollution (Quevauvilier, 2010).

✓ **Pollution d'origine agricole :**

Elle est causée principalement par l'utilisation intensive et irrationnelle des engrais chimique et des pesticides sur tout dans les pratiques de cultures modernes d'où le labourage profond et violent favorise l'infiltration directe des dans le sous-sol sans

Chapitre I : Les eaux souterraines et leur pollution

autoépuration (Castany, 1982).

La pollution d'origine agricole est étendue dans l'espace et dans le temps, elle est chronique et concerne de grandes surfaces (Datry, 2003).

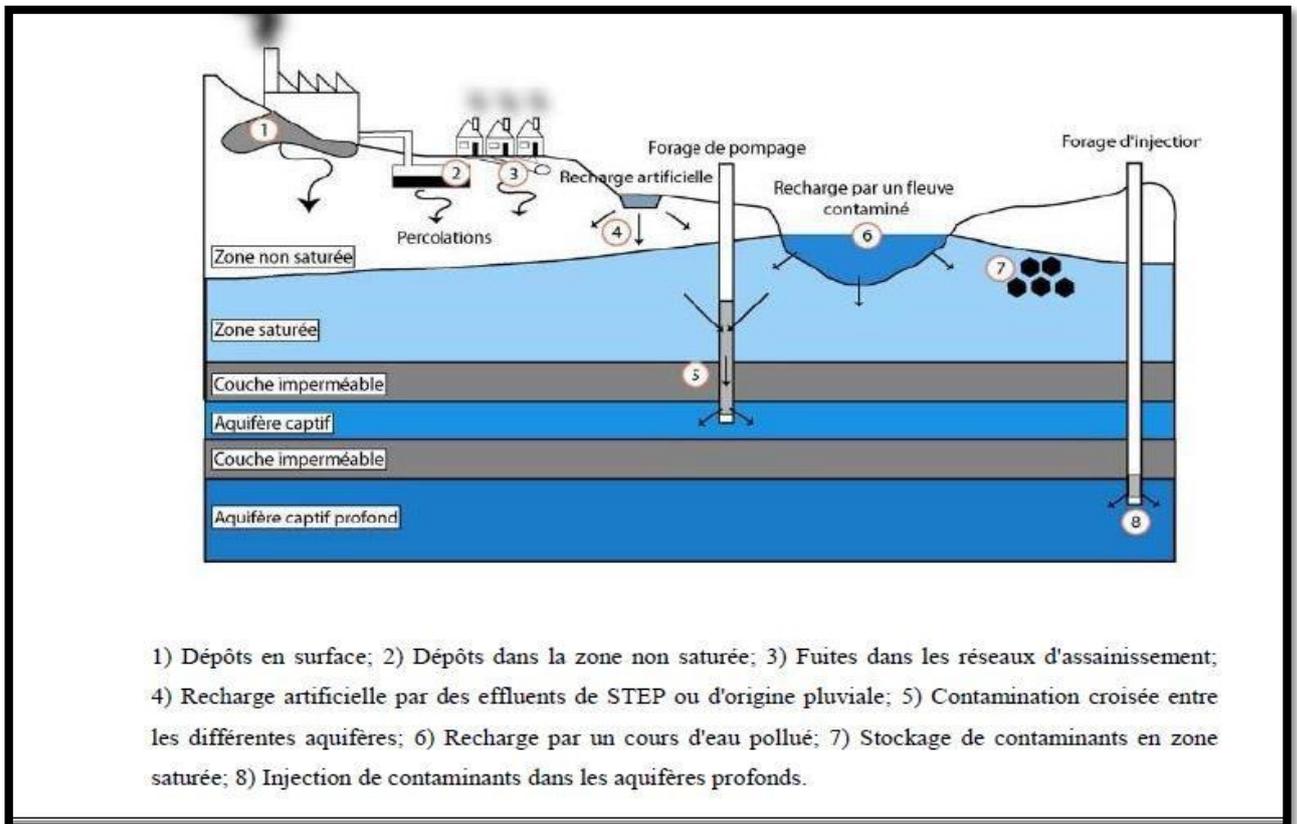


Figure I.8 : Les différentes sources de contamination des eaux souterraines en milieu urbain (Datry, 2003).

I.6.5 Les mécanismes de transfert des polluants :

Le transport des polluants et leur évolution dans le sol et le sous-sol sont déterminés par les trois comportements de l'aquifère : l'hydrodynamique, l'hydrochimique et l'hydrobiologique (Castany, 1982). Donc La prise en compte de la nature des polluants est primordiale pour appréhender l'impact d'un rejet vers la nappe, car le transfert de la pollution dépendra du comportement du polluant dans le milieu, comportement lié à la nature et aux propriétés physico-chimiques du produit, et aux interactions physico-chimiques et biochimiques (polluant-milieu) (Chéry et Mouvet, 2000).

Selon Castany, 1982, la propagation et l'évolution des polluants de la surface vers la nappe s'effectue en quatre étapes :

1^{ère} étape : introduction du polluant dans le sol : impacts et création de foyers de pollution :

L'introduction de polluants à partir de la surface du sol va créer des foyers de pollution par épandages à la surface du sol ou en enfouissement à des profondeurs plus ou moins grandes. Les polluants sont mis en solution et constituent un soluté fluide d'échange et de transport.

2^{ème} étape : Migration et évolution du polluant en zone non saturée : mécanismes d'autoépuration :

Le soluté, après avoir traversé la surface du sol, se déplace dans une direction subverticale jusqu'à la surface piézométrique. Il traverse la zone non saturée qui joue un rôle primordial par son pouvoir d'autoépuration naturel dont l'effet de ce phénomène est la réduction de la concentration et la masse de soluté.

3^{ème} étape : Propagation et évolution du polluant dans l'aquifère : mécanisme de la dilution :

Les mécanismes de transport du soluté dans l'aquifère sont complexes en conséquence de l'hétérogénéité du réservoir. Ainsi leur direction a une composante latérale prédominante.

Dans l'aquifère, le rôle épuratoire est très réduit en raison de l'absence d'oxygène, des matières organiques et de micro-organisme. Pratiquement seule la dilution agit.

La dilution du soluté avec l'eau souterraine diminue la concentration du polluant et donc sa nocivité. L'importance de ce phénomène est prédominante dans l'aquifère.

4^{ème} étape : Persistance de la pollution : rémanence et technique de décontamination :

Par suite du phénomène de désorption, les cations sont libérés progressivement et la pollution persiste dans l'eau souterraine, après interruption de son introduction. Cette rémanence peut se manifester pendant des mois, voire des années. Ces faits expliquent les difficultés des opérations de décontamination.

I.7 Conclusion :

Malgré les défenses naturelles et les conditions hydrogéologique qui semblent protéger les aquifères contre la pollution, les eaux souterraines ne sont pas à l'abri à la contamination par les différents types de polluants.

En outre, lorsque l'eau souterraine devient polluée, leur décontamination étant très difficile.

Donc, il faut agir en priorité sur la prévention contre la pollution par la mise en place des stratégies et des législations pour assurer une meilleure protection pour cette source qui est indispensable à la vie humaine.

Chapitre II :

Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

II.1 Introduction :

La protection des eaux souterraines est devenue une nécessité urgente afin de préserver cette source d'une part, et pour la mise en disponibilité d'une eau propre et potable pour les citoyens d'autre part.

Cette protection doit débiter par la réduction de différentes sources de pollution et la mise en place des périmètres de protection qui jouent un rôle très importants pour la protection des ouvrages de captages. Ces périmètres de protection sont dimensionnés à partir de l'utilisation de la cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines.

II.2 La cartographie de la vulnérabilité et leurs objectifs :

La carte de la vulnérabilité des nappes à la pollution est un outil qui permet d'identifier les zones à haut risque de contamination, quel que soit le type de polluant. Elle devrait en principe conditionner les plans d'occupation des sols ou, du moins, permettre de cibler les zones où des mesures de protection rigoureuses devraient être adoptées ([Menani, 2001](#)).

Selon Castany, 1982, les cartes de la vulnérabilité sont dressées à différents échelles, adaptées aux utilisations, parfois plus grandes pour des problèmes spécifiques. Ainsi, ces cartes doivent répondre à deux préoccupations principales :

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

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

II.3 Les différentes méthodes existantes de cartographie de la vulnérabilité :

De nombreuses méthodes de détermination de la vulnérabilité des eaux souterraines ont été développées dans le monde, allant des plus complexes avec des modèles prenant en compte les processus physiques, chimiques et biologiques dans la zone noyée, à des méthodes de pondération entre différents critères affectant la vulnérabilité. Ces méthodes peuvent être classées en trois grandes catégories ([Mardhel, 2010](#)) :

Chapitre II : Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

II.3.1 : Les méthodes de cartographies à index :

Elles sont basées sur la combinaison de cartes de divers paramètres d'une région (critères de vulnérabilité), en donnant un index numérique ou une valeur à chaque paramètre. La combinaison des cartes se fait au moyen de logiciels de traitement multicritères (SIG, par exemple) (Mardhel, 2010).

II.3.2 : Les modèles de simulation :

Ils consistent à trouver une solution numérique à l'aide des équations mathématiques représentant le processus de transfert de contaminants (Schnebelen 2002). Ces méthodes sont plus ou moins complexes selon le nombre de transport ou le nombre de dimensions que l'on prend en compte (Cazaux, 2007).

II.3.3 : Les méthodes statistiques :

Elles sont basées sur une variable qui dépend de la concentration en contaminant ou d'une probabilité de contamination. Ces méthodes intègrent des données sur la distribution des contaminants sur la zone d'étude et fournissent des caractéristiques sur les probabilités de contamination sur la zone d'étude. Elles donnent une image de la vulnérabilité spécifique de la nappe (Mardhel, 2010).

II.4 Les périmètres de protection :

II.4.1. Définition :

Le périmètre de protection correspondent à un espace délimité géographiquement, il est établi autour des points de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine afin d'assurer la préservation de sa qualité et permettant de lutter contre toute pollution locale, ponctuelle et accidentelle qui peuvent altérer ou dégrader la qualité des eaux souterraines prélevées.

Les périmètres de protection sont définis en fonction de la vulnérabilité de la nappe et du captage en tenant compte de l'environnement existant et de la qualité des eaux (Winschen, 2011).

II.4.2. Les différents types de périmètres de protection :

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 ([Vassolo et al., 2014](#))

- **Le périmètre de protection immédiat (PPI) :**

Premier niveau de protection, obligatoire, il comprend le terrain directement adjacent au point de captage et vise à éviter les injections directes de polluants à l'intérieur ou à proximité de captage ([Fellah, 2012](#)). Ce terrain doit être entièrement clôturé. Aucune activité n'est tolérée à l'intérieur, à l'exception de celles qui sont liées à l'exploitation de l'eau et la maintenance des ouvrages ([Gilli et al, 2008](#)).

D'autre part, la zone de protection immédiate englobe le point de prélèvement où les contraintes de pollution sont fortes ([Nassah et Omdi, 2011](#)).

- **Le périmètre de protection rapproché (PPR) :**

Deuxième niveau de protection, Il est obligatoire et correspond généralement à une zone plus vaste (quelques hectares) autour de l'ouvrage de captage. Ce périmètre délimite le secteur dans lequel toute pollution ponctuelle ou accidentelle est susceptible d'atteindre rapidement le captage soit par ruissellement superficiel, soit par la migration souterraine des substances polluantes [10].

À l'intérieur de ce périmètre, les activités interdites sont généralement comme suit :

- L'exploitation des carrières à ciel ouvert.
- Le dépôt d'ordures ménagères, détritiques et produits radioactifs et de tous produits et matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux.
- L'épandage de fumier, d'engrais et de pesticides.
- L'installation d'équipements servant le stockage et le transport des hydrocarbures.
- L'installation des canalisations d'eaux usées ([Bensaoula et al, 2003](#)).

▪ Le périmètre de protection éloigné (PPE) :

Ce périmètre est facultatif (non obligatoire), Il correspond le plus souvent à toute la zone ou l'aire d'alimentation de l'ouvrage, il est essentiellement destinée à attirer l'attention sur la présence d'une ressource captée pour l'alimentation en eau potable et donc sur l'obligation de vigilance afin que les activités existantes et de futures ne nuisent pas à la qualité des eaux souterraines captées (Marchal, 2007).

D'autre part, l'objectif de ce périmètre est la protection contre toute pollution ponctuelle ou diffuse qui pourrait affecter la qualité des eaux souterraines sur des longues distances comme les substances chimiques ou peu dégradables ainsi que les substances radioactives (Vassolo et al. , 2014).

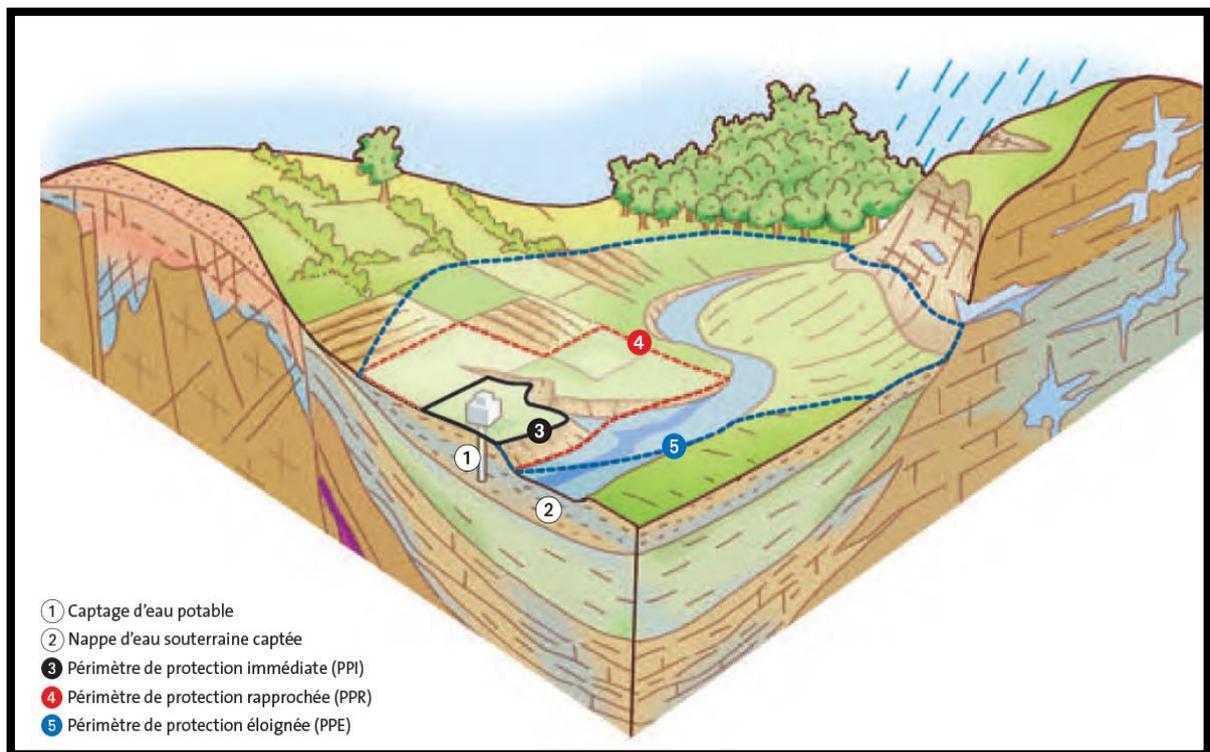


Figure II.1 : les différents périmètres de protection [11].

II.4. Les critères de délimitation des zones de protection :

Selon Lallemand Barres et Roux (1999), l'analyse des réglementations existantes, notamment en Europe, met en évidence certains critères qui sont utilisés pour délimiter les zones de protection. Les valeurs attribuées aux critères représentent des limites au-dessus et au-dessous desquelles le critère considéré cesse de fournir le degré de protection souhaité.

Ces critères sont : le pouvoir épurateur du sol, le rabattement, le temps de transfert, la distance et les limites d'écoulement.

II.4.1 Le pouvoir épurateur du sol :

Le pouvoir épurateur du sol, puis de la zone non saturée joue un rôle très important pour éviter la propagation d'une pollution en direction des nappes. Donc, La concentration du polluant peut avoir considérablement diminué à son entrée dans la nappe, si le pouvoir épurateur du sol et de zone non saturée est efficace (Lallemand Barres et Roux, 1999).

II.4.2 Le rabattement :

Un rabattement de nappe est une baisse du niveau piézométrique vers le zéro (plafond) d'une nappe phréatique induit par un pompage ou une vidange naturelle ou accidentelle de la nappe. (Bouzara et Ensaad, 2018). Ce critère est lié aux concepts de la zone d'influence où le niveau de la nappe est rabattu par le pompage et la zone d'appel où l'ensemble des lignes de courant se dirigent vers le captage (Lallemand Barres et Roux, 1999).

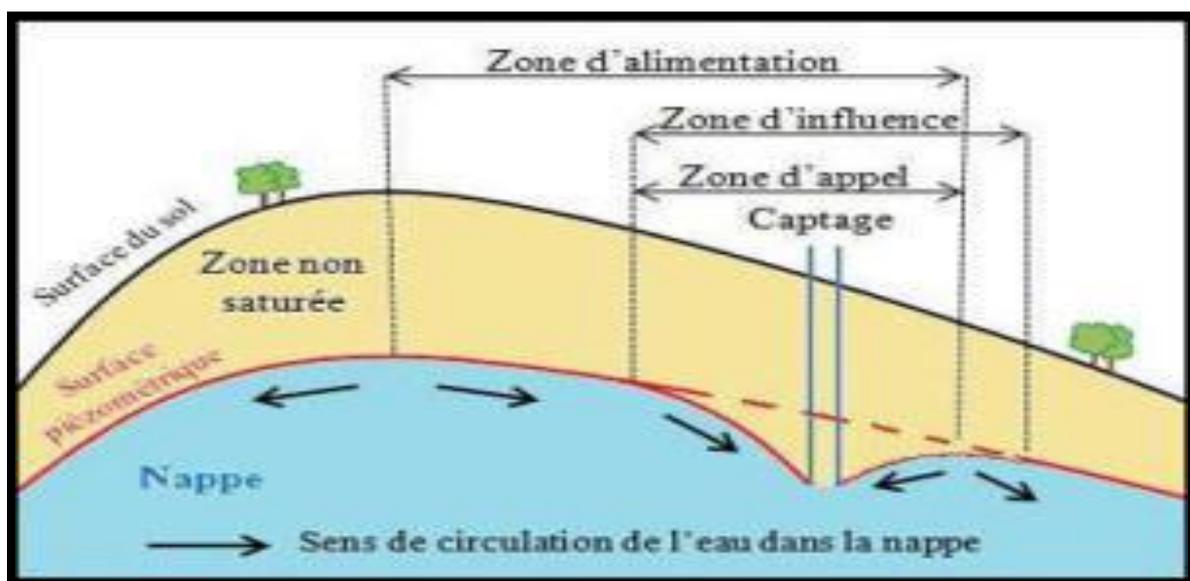


Figure II.2 : Zone d'appel, zone d'influence et zone d'alimentation d'un captage [9].

II.4.3 Le temps de transfert :

Le temps de transfert est un critère basé sur le temps qu'il faut à un polluant pour se déplacer du point d'entrée dans la nappe jusqu'à l'arrivée au captage. Il faut également tenir compte du transfert en zone non saturée. À l'intérieur de la zone ou l'aire d'alimentation du captage, on définit alors des courbes d'égale temps de transfert (les isochrones). Ce critère inclut plus de processus physiques que les autres critères, il comprend en effet la convection, la dispersion et l'interaction solide-soluté (Lallemand Barres A. et Roux J.C, 1999).

II.4.4 La distance :

La délimitation des périmètres de protection repose dans ce cas sur la détermination d'un rayon ou d'une distance mesurée entre le puits de pompage et un point concerné. La délimitation d'une distance est possible si l'on connaît l'épaisseur de l'aquifère, la porosité, l'infiltration efficace et la vitesse effective. En effet, ce critère a l'inconvénient de ne pas tenir compte des processus d'écoulement et de transfert du polluant. Donc ce critère ne doit être pris en compte que lorsqu'il s'avère impossible de calculer les temps de transfert (Lallemand Barres A. et Roux J.C, 1999).

II.4.5 Les limite d'écoulements :

Une délimitation des périmètres de protection basée sur critère consiste à utiliser les caractéristiques physiques, topographiques ou hydrogéologiques qui contrôlent l'écoulement. Les limites d'écoulement peuvent être par exemple : un canal, une ligne de partage des eaux souterraines, les limites d'alimentation ou encore une limite étanche (Lallemand Barres et Roux, 1999).

Finalement, le choix de l'un de ces critères cités précédemment dépendra à la fois de considérations techniques, socio-économiques et réglementaires. En plus le choix dépend aussi de l'objectif souhaité par la zone de protection (Mohammed Ali et Khaboub, 2017) :

- Soit la délimitation d'une zone à travers laquelle la concentration du polluant sera atténuée avant d'atteindre le captage, dans ce cas, on choisit le pouvoir épurateur du sol et de la zone non saturée.
- Soit la délimitation d'une zone permettant un temps d'intervention suffisant en cas de pollution, pour que le captage ne soit pas contaminé, dans ce cas, le critère choisi sera le temps de transfert.

Chapitre II : Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

- Dans le cas d'une pollution qui se produit à la surface du sol, le temps de transfert inclut le temps de migration verticale dans la zone non saturée puis le temps de migration horizontale dans la nappe vers le captage.
- On choisit le rabattement, dans le cas l'aménagement d'une zone de protection autour d'un champ captant sur une grande partie de la zone d'appel.
- Soit la détermination d'un rayon ou d'une distance mesurée entre le point de pompage et un point concerné, dans ce cas le critère choisi sera la distance.
- Soit la protection de toute l'aire d'alimentation du captage, on utilise dans ce cas les limites d'écoulement.

II.5. Les méthodes utilisées pour la délimitation des périmètres de protection :

Il existe plusieurs méthodes pour faire la délimitation des périmètres de protection. Celles-ci sont principalement développées en fonction de la disponibilité ou non des données hydrogéologiques.

Dans ce qui suit nous allons en présenter deux méthodes les plus connues, la première est basée sur le temps de transfert (méthode de Wyssling), par contre la deuxième est basée sur l'estimation de pouvoir épurateur du sol). Ces méthodes sont bien développées dans l'ouvrage de Lallemand Barres et Roux (1999).

II.5.1 La méthode de Wyssling :

Cette méthode est largement utilisée dans le monde, elle est généralement appliquée pour la délimitation des périmètres de protection des captages d'eau souterraine en supposant que l'aquifère est homogène et illimité.

Selon Lallemand barres 1999, la méthode consiste à calculer dans un premier temps la zone d'appel du captage, puis à chercher la distance correspondant au temps de transfert souhaité (les isochrones), dans la direction d'écoulement. Ainsi, la méthode demande un pompage d'essai et les données hydrogéologiques suivantes :

b = épaisseur de l'aquifère en [m]

K= perméabilité en [m /s]

Chapitre II : Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

I = gradient hydraulique.

ω : porosité efficace.

Q : débit du puits [m³/s].

L'application de cette méthode se fait en deux étapes :

Premièrement, on détermine la zone d'appel par l'utilisation de formules mathématiques :

Pour une nappe libre, la largeur du front d'appel (**B**) est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{K.b.i}} \text{ [m]}. \quad \dots(\text{II.1})$$

La largeur du front d'appel à hauteur du captage (**B'**) correspond à la valeur de :

$$\mathbf{B}' = \frac{\mathbf{Q}}{2.\mathbf{K.b.i}} \text{ [m]}. \quad \dots(\text{II.2})$$

Le rayon d'appel (**X₀**) est calculé comme suit :

$$\mathbf{X}_0 = \frac{\mathbf{Q}}{2.\pi.\mathbf{K.b.i}} \text{ [m]}. \quad \dots(\text{II.3})$$

D'autre part, la vitesse effective **U** est calculée par l'équation suivante :

$$\mathbf{U} = \frac{\mathbf{K.i}}{\omega} \text{ [m/s]}. \quad \dots(\text{II.4})$$

Une fois déterminée la zone d'appel, on cherche sur la direction d'écoulement la distance correspondant à un temps de transfert souhaité, par exemple 10 jours (c'est-à-dire l'isochrone 10 jours) ...etc. Cette distance est calculée par les formules suivantes :

$$\mathbf{S}_0 = \frac{+\mathbf{L} + \sqrt{\mathbf{L}.\mathbf{(L+8X0)}}}{2} \quad \dots(\text{II.5})$$

$$S_u = \frac{-L + \sqrt{L(L + 8X_0)}}{2} \quad \dots(\text{II.6})$$

Avec :

S_0 : La distance en amont du captage depuis le puits jusqu'à la distance correspondant au temps de transfert t souhaité en m.

S_u : La distance en aval du captage, sur l'axe d'écoulement depuis le puits jusqu'à la distance correspondant au temps t souhaité.

$L = U * t$ Avec L : Correspond au produit de la vitesse effective U par le temps de transfert t .

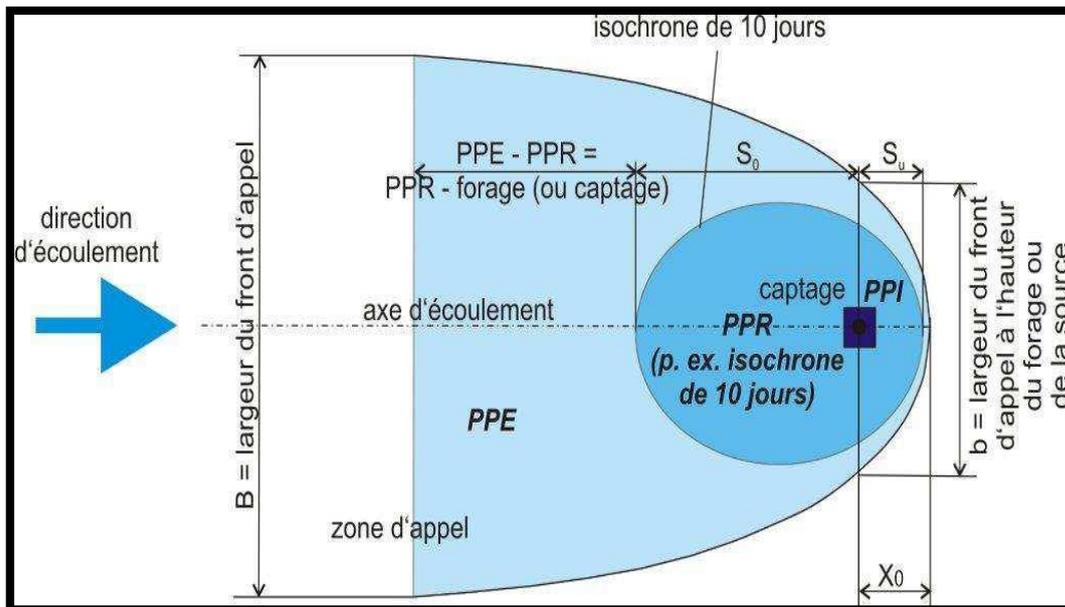


Figure II.3 : Dimensionnement des périmètres de protection selon la méthode de Wyssling (Selon Bouzara et Ensaad, 2018).

II.5.2 L'estimation du pouvoir épurateur des terrains traversés :

Il s'agit d'une méthode empirique, développée par Rehse en 1977, elle consiste à estimer dans quelle mesure un polluant déversé en surface du sol verra sa teneur diminuer après un déplacement verticale jusqu'à la nappe, puis après un parcours horizontal dans la nappe jusqu'au point de prélèvement (Lallemand Barres et Roux, 1999).

Cette méthode permet de calculer le pouvoir épurateur des sols à partir des données granulométriques (les paramètres physiques et hydrodynamiques des différents matériaux) qui

Chapitre II : Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

servi à calculer les épaisseurs H et les distances L qu'ils sont représentées dans la figure 3.2 à partir de équations suivantes :

$$I = 1/H$$

Avec : H : épaisseur (en mètre).

$$I = 1/L$$

Avec : L : longueur du trajet horizontal dans la nappe (en mètre).

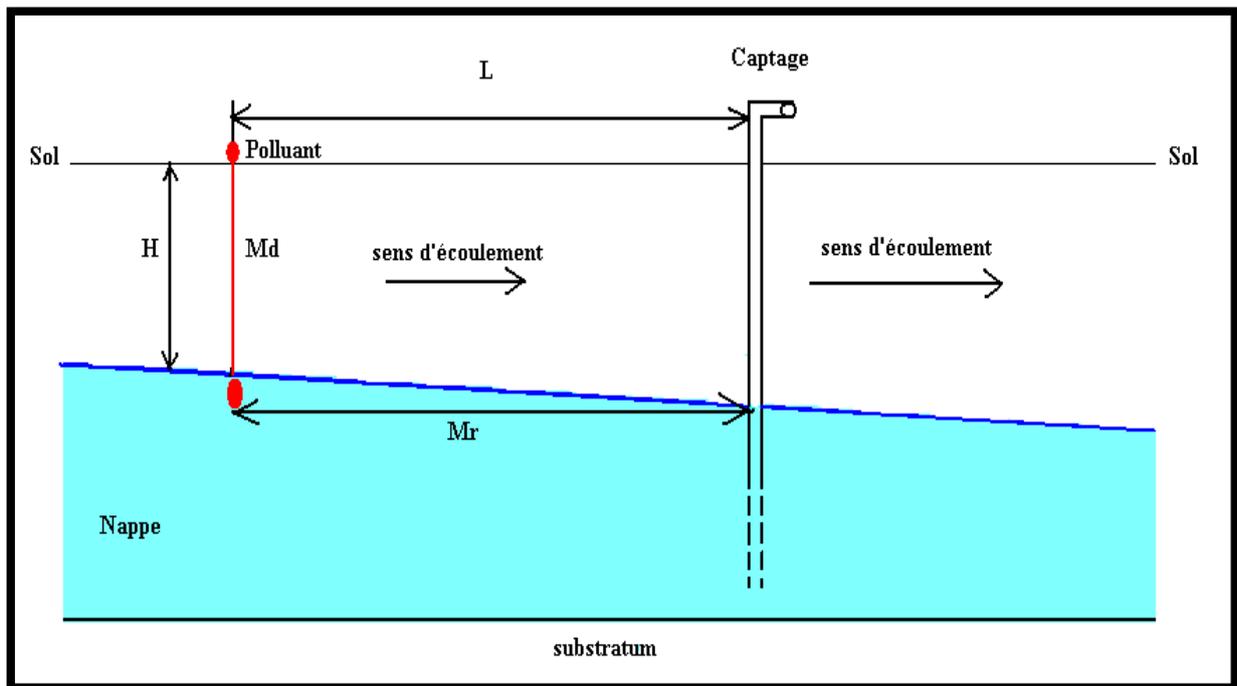


Figure II.4 : Le cheminement d'un polluant depuis la surface du sol jusqu'à le captage (Selon Moulaye, 2009).

D'autre part, le pouvoir épurateur des terrains, est calculé par l'équation suivante :

$$M_x = M_d + M_r \quad \dots(\text{II.7})$$

Avec :

M_x : pouvoir épurateur sur la totalité du transfert.

M_d : pouvoir épurateur sur le trajet vertical.

M_r : pouvoir épurateur sur la distance horizontale.

Si $M_x = 1$; donc l'épuration est complète.

- Sur le trajet vertical, le pouvoir épurateur (M_d) est égale à :

Chapitre II : Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

$$\mathbf{Md} = h1.I1 + h2.I2 + h3.I3 + h4.I4 + \dots + hn.In \quad \dots(\text{II.8})$$

Avec : $h1, h2, h3, h4$: hauteur des différentes catégories de terrains rencontrées.

$I1, I2, I3, I4$: des index.

Si $Md \geq 1$: signifie que l'épuration est totale dans les couches de couverture, et que la délimitation d'un périmètre de protection rapprochée n'est pas nécessaire selon Rehse.

Si $Md \leq 1$: signifie que la dépollution n'est pas totale. Elle doit se poursuivre dans la roche aquifère lors du transfert horizontal.

- Soit $Mr = 1 - Md$: le pouvoir épurateur dans l'aquifère :

La distance L à parcourir horizontalement pour une épuration totale sera donc :

$$L = \frac{Mr}{Ia} \quad \dots(\text{II.9})$$

Avec :

Ia : représente l'index correspondant au matériau aquifère.

L : correspond à la limite de la zone de protection rapprochée (PPR).

D'autre part, s'il n'y a pas de couverture, toute l'épuration doit se faire horizontalement, donc Mr doit être égal à 1, et on aura alors :

$$L = \frac{1}{Ia} \quad \dots(\text{II.10})$$

II.6 La protection des eaux souterraines selon la législation algérienne :

La protection de l'eau se fait premièrement par l'établissement des textes législatifs qui réglementent et organisent le secteur de l'eau dans sa globalité. Ainsi des lois et des décrets sont mis en place pour protéger les ressources en eau mobilisées et destinées vers la consommation humaine (Sferdjli, 2016).

Dans ce qui suit nous passons en revue les principaux textes législatifs qui visent à protéger les eaux souterraines :

Chapitre II : Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

II.6.1 Loi n° 83-17 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux :

Cette loi est composée de 10 titres et 158 articles, elle prévoit la protection des eaux souterraines de l'article 109 jusqu' à l'article 124 par des périmètres de protection qualitative et quantitative. Ce dernier est défini d'après l'article 110 comme un contour délimitant un domaine géographique où toutes les activités à l'intérieur des périmètres de protection qui peuvent contaminer les ressources en eaux souterraines sont interdites ou réglementées (J.O.R.A, 1983)

II.6.2 : Loi n° 05-12 relative à l'eau du 04 Aout 2005 :

La loi est composée de 10 titres et 183 articles, elle vient compléter celle de 1983. L'objectif de cette loi est d'établir les principes et règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien de la collectivité nationale. (J.O.R.A, 2005). Cette loi prévoit la protection des eaux souterraines de l'article 38 à l'article 52. Cette protection est assurée par des périmètres de protection qualitative et quantitative.

Le périmètre de protection quantitative est destiné pour les nappes aquifères surexploitées ou menacées, il est institué des périmètres de protection quantitative en vue d'assurer la préservation de leurs ressources en eau (J.O.R.A, 2005).

Le périmètre de protection qualitative 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 comprenant, selon les nécessités de prévention des risques de pollution (J.O.R.A, 2005).

II.6.3 : Décret exécutif n° 07-399 du 23 décembre 2007 (Annexe 1) :

Ce décret est relatif aux périmètres de protection qualitative des eaux souterraines, son objectif est la fixation des conditions et des modalités de création et de délimitation des périmètres de protection qualitative des ressources en eau, la nomenclature des périmètres de protection, ainsi que les mesures de réglementation d'activités dans chaque périmètre de protection qualitative. (J.O.R.A, 2007)

Selon l'article 2, La protection qualitative des eaux souterraines est assurée par trois types de périmètres de protection :

- Le périmètre de protection immédiat.
- Le périmètre de protection rapprochée.
- Le périmètre de protection éloigné.

Chapitre II : Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

II.6.4 : Décret exécutif n°10-73 du 06 février 2010 :

Ce décret est relatif à la protection quantitative des nappes aquifères. L'objectif de ce décret est de fixer les modalités de délimitation des périmètres de protection quantitative des nappes aquifères ainsi que les conditions spécifiques d'utilisation de leurs ressources en eau ([J.O.R.A, 2010](#)).

Finalement, après avoir revu et évalué ces textes législatifs adoptés pour la protection des eaux souterraines, nous avons conclu que ces lois sont incomplètes, limitées et ne donnent pas des précisions sur les distances d'instauration des différents périmètres de protection autour de l'ouvrage de captage.

En effet, ces distances sont bien définies et bien déterminées dans les textes législatifs dans les pays développées.

Le tableau suivant représente les distances d'instauration des différents périmètres de protection (immédiate, rapprochée et éloignée) dans quelques pays européens et de l'Amérique du nord.

Chapitre II : Outils et méthodes de protection des eaux souterraines

Tableau II.1 : Synthèse des procédures de protection des eaux souterraines (Bussard, 2005).

Region		Protection immédiate	Protection rapprochée	Protection éloignée		
Amérique du Nord	Québec	30 m	60 jours, > 100 m	Bassin d'alimentation		
	Colombie Brit.		1 année	5 ans	10 ans	Bassin d'alim.
	U.S.A.	> 30 m (Z I)	> 50 jours, > 150 m (Z II)	> 15 ans (Z III)		
Europe	Angleterre		50 jours, > 50 m (Z I)	400 jours, 25 % du bassin d'alim.	Bassin d'alim. (Z III)	
	Allemagne	10 m (Z I)	50 jours (Z II)	2000 m (Z IIIA)	Bassin d'alim. (Z IIIB)	
	Danemark	10 m	300 m	ZP spécifique au site basé sur une cartographie de vulnérabilité	Bassin d'alim.	
	France	Environ 15 m	Environ 50 jours	ZP non obligatoire, elle peut couvrir une surface très variable.		
	Belgique	10 m	1 jour ou 35 m autour d'un puits, 25 m de part et d'autre de l'axe de galerie	50 jours ou 1000 m pour un aquifère de fissure ou karstique, 500 m pour un aquifère graveleux, 100 m pour un aquifère sableux		
	Pays-Bas	30 m	60 jours	10 ans, > 800 m	25 ans, > 1200 m	Bassin d'alim.
	Suisse	10 m (S1)	10 jours, > 100 m (S2)	Extension double de la S2 (S3)	Aire Zu : zone qui contribue à environ 90 % du débit capté	

II.7. Conclusion :

La protection des eaux souterraines est basée principalement sur la cartographie de la vulnérabilité et du risque de pollution qui représente un document indispensable qui nous aide à la mise en place des différents périmètres de protection.

Ces périmètres de protection sont bien définis dans les différents textes législatifs concernant la protection des eaux souterraines, mais malheureusement ces périmètres sont inexistantes et parfois mal dimensionnés dans notre pays.

Donc, il faut bien installer les périmètres de protection pour assurer une meilleure protection des eaux souterraines qui est devenue essentielle au regard de la valeur intrinsèque de cette ressource pour diverse utilisation et sa valeur environnementale.

Chapitre III : Cadre d'étude

III.1 Présentation de la source d'Ain Fouara supérieur :

La source d'Ain Fouara supérieure située sur le versant nord des Monts de Tlemcen à 1020 m d'altitude sur le plateau de Lalla Setti qui s'éloigne de 7.5 km du centre-ville de Tlemcen. Elle est utilisée pour l'alimentation de la ville de Tlemcen en eau potable.

Le débit de la source est relativement stable autour de 30 L/s. Ce débit est dirigé vers la station de traitement de l'eau du barrage Mefrouche qui se situe à proximité. Par mesure de sécurité l'eau de la source est injectée en amont des filtres de la station.

Cette source est issue du niveau de calcaréo-dolomitique karstique du Jurassique supérieur des monts de Tlemcen (Smail, 2017).

Tableau III.1 : Coordonnées Lambert nord de la source Ain Fouara Sup

Longitude X (m)	Latitude Y (m)	Cote Z (m)
133.550	181.800	1020



Figure III. 1: Localisation de la source étudiée (Source : Google Earth Pro 2020).

Cette source est destinée à alimenter les quartiers voisins de centre-ville de Tlemcen, elle est captée dans une propriété agricole privée et les eaux sont acheminées par une conduite de 200

Chapitre III : Cadre d'étude

mm de diamètre et environ 400 m de longueur vers des bassins de filtration et de désinfection de la station de Lalla Setti 2.



Figure III. 1: Chambre de captage de la source



Figure III.3 : Bassin de filtration de la station de Lalla Setti 2.

Par la suite les eaux traitées vont être stockées dans un réservoir à proximité mélangées avec un faible volume d'eau en provenance de la station de dessalement de l'eau de mer de Honaine pour remplir finalement le réservoir de Sidi Chaker (30000 m³) ([ADE, 2020](#)).

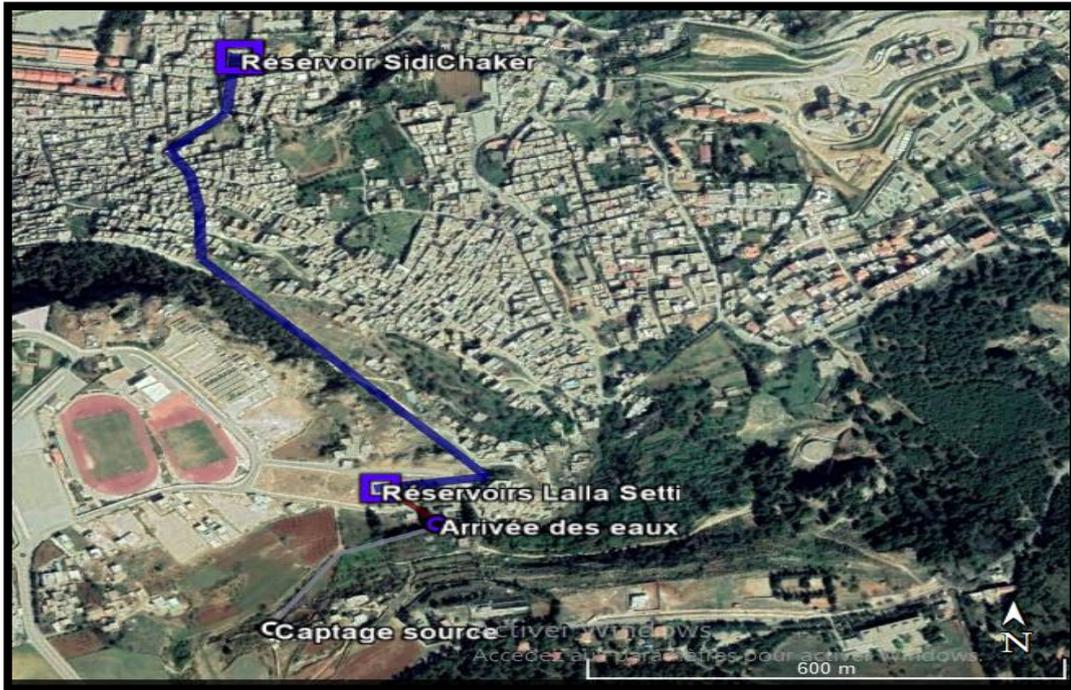


Figure III.4: Schéma du captage et l'adduction associé à la source Ain Fouara Sup.

III.2 Aspect climatique :

III.2.1 Température :

Dans cette partie, nous allons présenter brièvement les caractéristiques du régime thermique et pluviométrique de la zone d'étude.

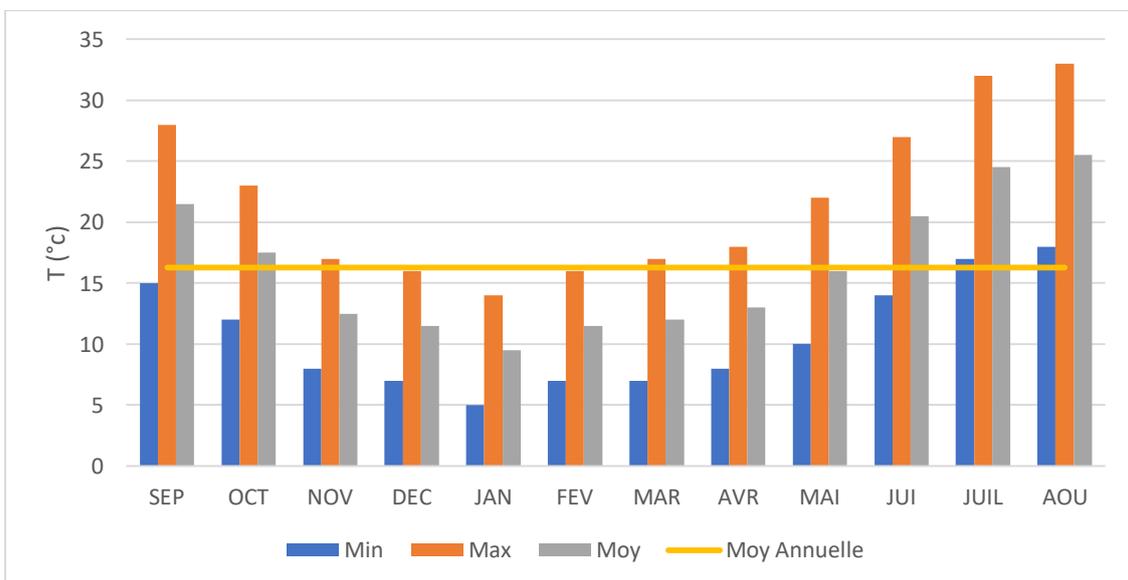


Figure III.5 : Températures enregistrées par la station de Tlemcen (1982-2002) (Messatfa, 2015)

D'après la figure, nous remarquons ce qui suit :

Chapitre III : Cadre d'étude

- ✓ La période chaude s'étale de Juin à Septembre avec comme pic le mois d'Août avec une moyenne de 25,5° ;
- ✓ La période la plus froide s'étale de Décembre à Février, avec comme mois le plus froid celui de janvier avec une moyenne de 9,5°.

III.2.2 Précipitations :

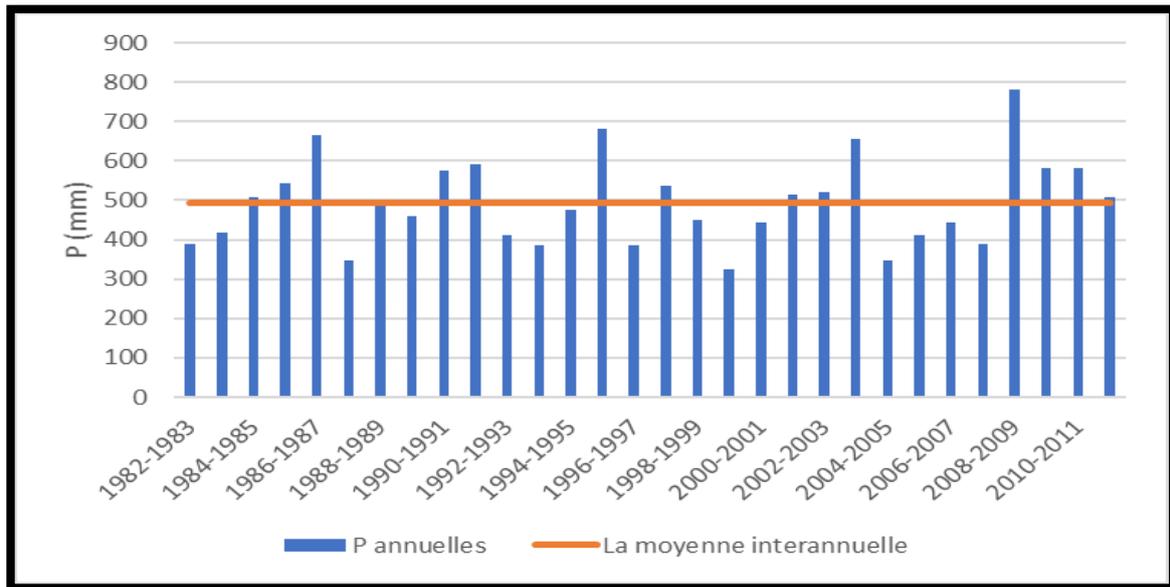


Figure III.6 : Précipitations enregistrées par la station de Lalla Setti (1982/1983-2011/2012) (Messatfa, 2015)

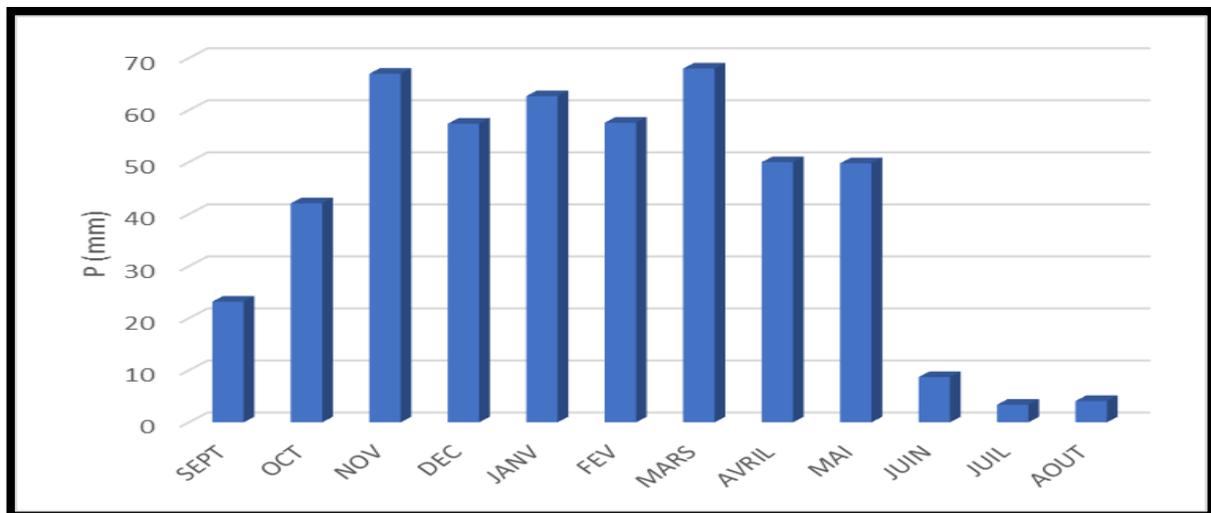


Figure III.7 : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées par la station de Lalla Setti (1982/1983-2011/2012) (Messatfa, 2015).

Les précipitations moyennes annuelles reflètent un régime pluviométrique, plus ou moins régulier avec un maximum en hiver et un minimum en été. Les précipitations de la période

Chapitre III : Cadre d'étude

étudiée ont une moyenne interannuelle de 494,06 mm.

Les précipitations mensuelles permettent de dégager deux périodes distinctes :

- ✓ Une période humide allant de Novembre à Avril, le pic étant enregistré dans le mois de Mars ;
- ✓ Une période sèche, source du déficit hydrique allant de Juin à Septembre.

D'après les données recueillies, le mois le plus pluvieux est celui de Mars avec 68 mm, alors que le mois le plus sec est celui d'Août avec moins de 3,4 mm.

III.2.3 Type de climat :

On peut dégager par la combinaison des précipitations moyennes interannuelles et la température moyenne de notre zone d'étude le type de climat par la relation de Martonne (1925) qui va nous donner l'indice d'aridité :

$$I_a = \frac{P(mm)}{T(^{\circ}C)+10} \dots (III.1)$$

Et donc pour notre zone d'étude, avec une précipitation interannuelle de 494,06 mm et température moyenne de 16,3 °C, l'indice d'aridité est de 18,8 ce qui signifie à un climat semi-aride par la classification proposée par Martonne.

III.3 Relief et topographie :

Géomorphologiquement, la zone étudiée se trouve sur le plateau de Lalla Setti d'une altitude comprise entre 990 m 1150 m, borné au sud, sud-ouest et le sud-est par une série montagneuse (Djbel Chouka) qui s'étend de RN22 vers RN7, par le nord on trouve le groupement urbain de Tlemcen (GUT).

III.4 : Aspect géologique :

Les monts de Tlemcen sont constitués par des terrains Mésozoïques et Cénozoïques. Les assises sédimentaires attribuées au Jurassique supérieur et au Crétacé inférieur sont principalement formées de carbonates. Cet ensemble constitue la bordure méridionale des monts de Tlemcen (Benest, 1985).

La région immédiate de Tlemcen où la source étudiée se trouve, fait partie du Jurassique supérieur. Les grès de Boumediène, se trouvent immédiatement sous les dolomies de Tlemcen. Celles-ci sont largement karstifiées à Lalla Setti jusqu'à EI-Mafrouch, Sud de Tlemcen, englobant Ain Fezza et surtout EI-Ourit (Cascades) à l'ouest de Tlemcen (Gaouar, 1980).

Chapitre III : Cadre d'étude

Les sources de la région de Tlemcen émergent à la faveur de la multitude de failles qui peuvent jouer le rôle d'écran imperméable par les niveaux marneux des marno calcaires de Raourai ou des grès de Boumediene ou par la cimentation des brèches de failles. Parfois ces failles elles-mêmes constituent des drains actifs, c'est une zone de contact entre des formations géologiques assez tendres au Nord et des formations beaucoup plus résistantes au Sud ce qui explique notamment la complexité de la géologie du site (Smail, 2017).

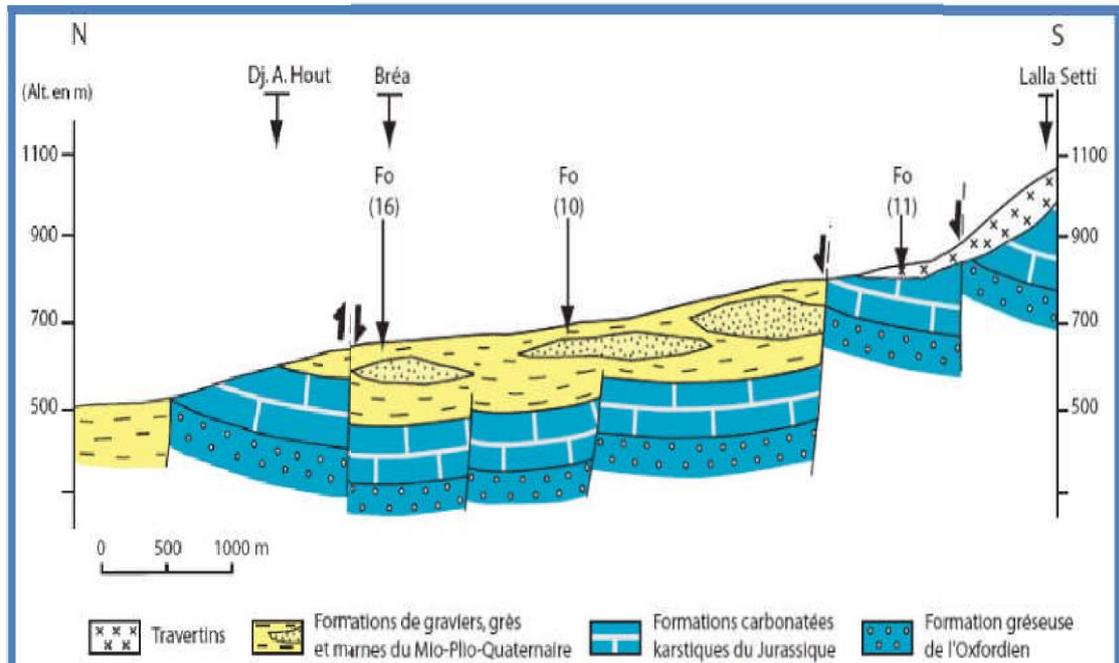


Figure III.8: Coupe géologique simplifiée de la région de Tlemcen (Bensaoula, 2007).

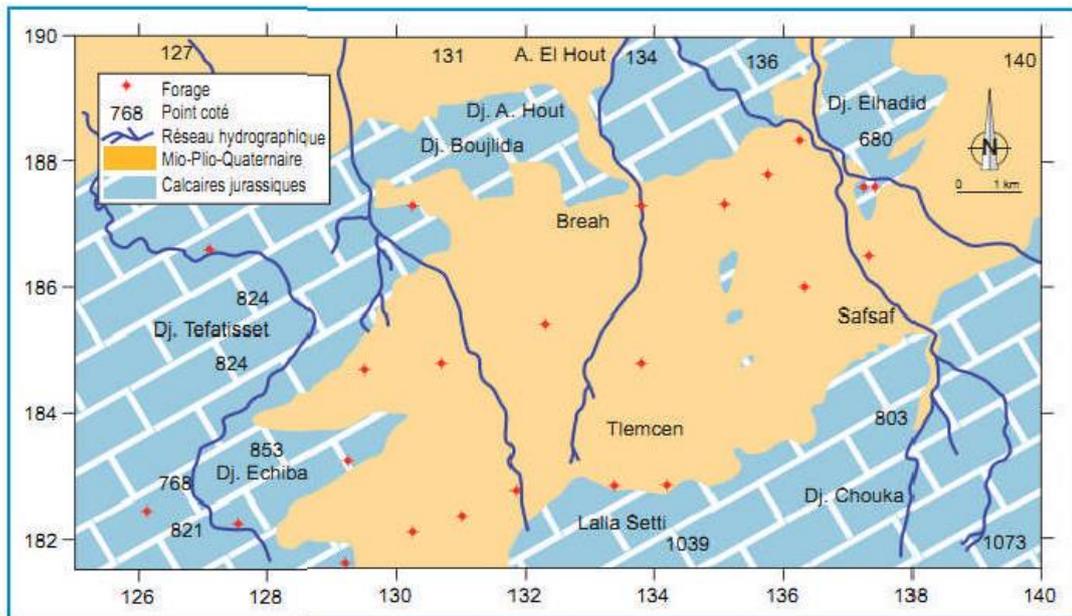


Figure III.9: Carte géologique simplifiée de la région de Tlemcen (Bensaoula, 2007).

Chapitre III : Cadre d'étude

Parmi toutes les formations géologiques caractérisant la zone d'étude, seules les formations suivantes sont considérées comme perméables :

Les Grès de Boumediene : Ils ne drainent que peu d'eau, cependant ils présentent des bancs de grès qui sont assez puissants s'intercalant dans les marnes et sont jugés intéressants parce que ces roches présentent des diaclases qui augmentent leur perméabilité, grâce aussi à des jeux de failles, ils peuvent apparemment donner naissance à de grandes sources qui sont en réalité alimentées par des impluviums calcaréro-dolomitique, les Grès ne jouant que le rôle d'écran filtre. En fait, le rôle de ces Grès est de maintenir grâce aux niveaux marneux, le niveau aquifère du jurassique supérieur (BouchikhiTani & Hassaine, 2005).

Les Dolomies de Tlemcen : Ces roches sont diaclassées et intensément Karstifiées les nombreuses sources qui émergent de ce niveau témoignent de son intérêt hydrogéologique.

Les Grès Tortoniens : Admettent une perméabilité de fissure et d'interstices. De ces roches émergent quelques sources de faibles importances (BouchikhiTani & Hassaine, 2005).

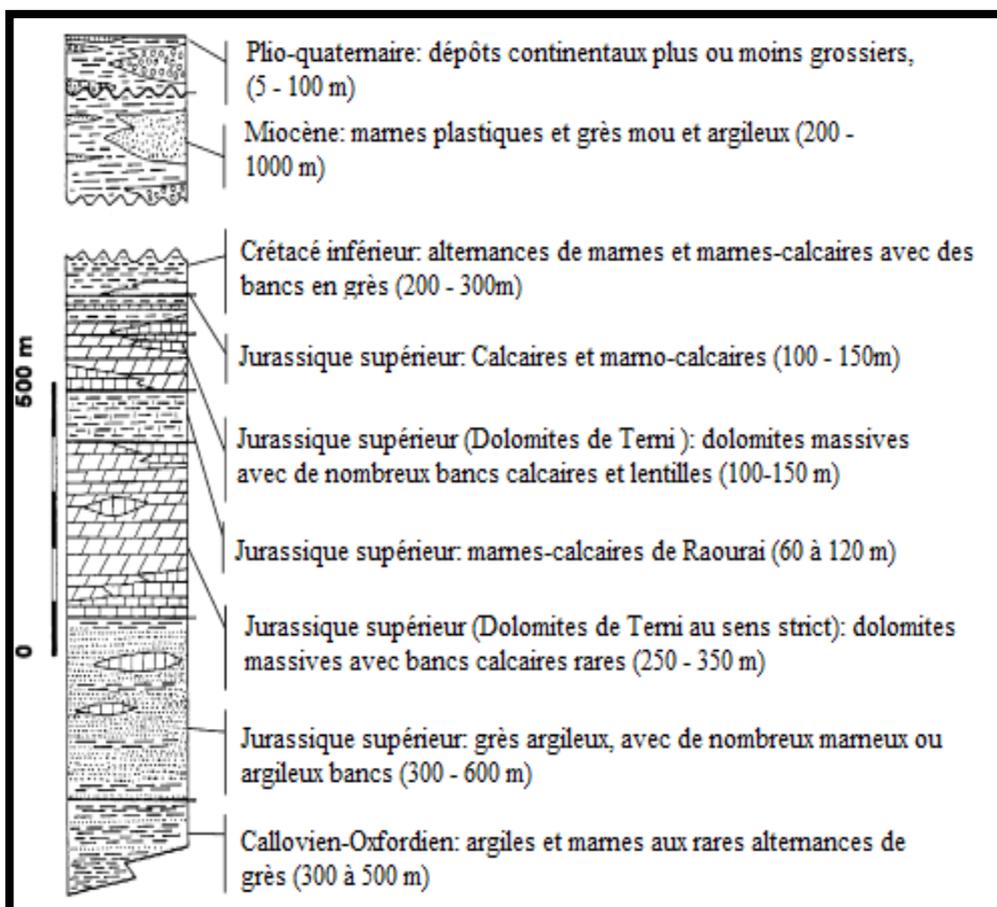


Figure III.10 : Colonne géologique synthétique montrant les principales formations affleurantes les monts Tlemcen (Collignon, 1986).

III.5 Aspect Hydrogéologique :

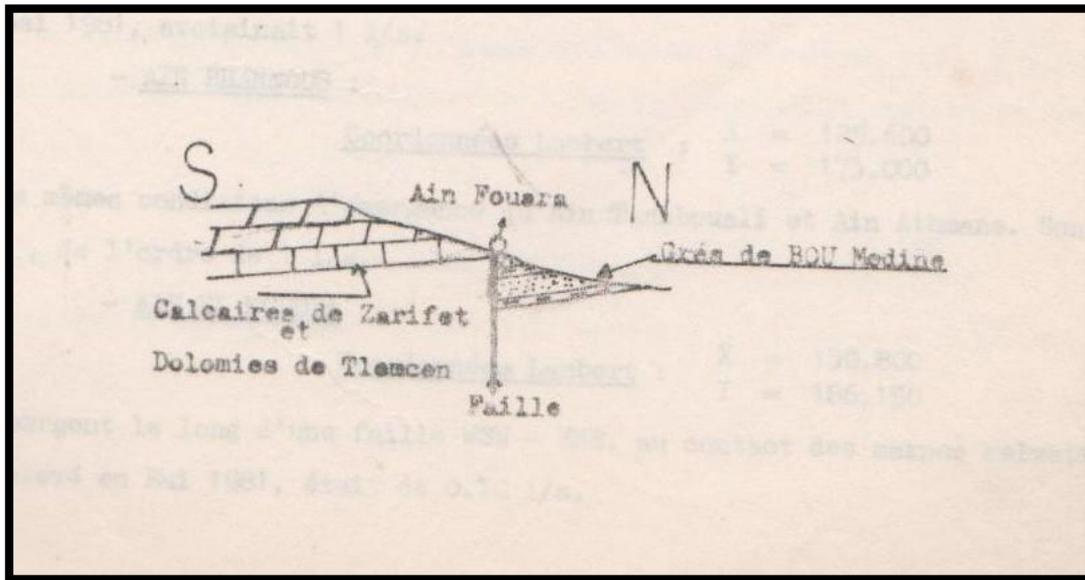


Figure III.11 : Coupe schématique d'Aïn Fouara supérieure (Hayane, 1983).

La nature des formations géologiques qui constituent les monts de Tlemcen permet une infiltration appréciable des eaux de pluies et favorise leur écoulement souterrain.

Les monts de Tlemcen et leurs piémonts, principal relief montagneux dans l'Ouest Algérien, présentent des surfaces constituées en grande partie par des affleurements calcaires et surtout dolomitiques. Ils sont Karstifiées et bien arrosés (500 à 800 mm/an) et il s'y infiltre 200 à 400 Mm³ d'eau par an. Les eaux souterraines constituent ainsi le principal réservoir de l'ouest algérien (Collignon, 1986).

Les nombreux épisodes tectoniques qui se sont succédés depuis la fin de Crétacé ont provoqué le morcellement de l'ensemble rigide des roches jurassique déterminant un ensemble de horsts et de grabens d'orientation Nord 50° à 70° Est (Khemies, 2013).

Le rejet de grandes failles qui les délimitent suffit souvent à isoler les uns des autres des compartiments aquifères, le jeu décrochement (Nord 20°, Est et Nord 100° Est) et celui de l'érosion a encore accentué le morcellement des unités hydrogéologiques et on se trouve ainsi en présence d'une multitude d'aquifères indépendants drainés vers de très nombreuses sources qui sont donc le plus souvent difficilement identifiées et cartographiées (Khemies, 2013).

La coupe schématique représentée dans la figure III.11 montre que la source apparait à la faveur d'une faille qui met en contact, d'un côté, les dolomies de Tlemcen et les calcaires de Zarifet et, de l'autre côté les grès de Boumediene (Ablaoui, 2007).

III.6 Hydrologie :

La région renferme une hydrographie assez importante constituée par des oueds avec un régime temporaire, alimentés par les eaux provenant des points culminants des monts de Tlemcen. La majorité de ces oueds perdent leurs eaux dans les calcaires peu perméables du Jurassique supérieur, ce qui diminue leur débit. Par contre cette eau chemine à travers des fissures et des cavités et donne par la suite de nombreuses sources (Boudjema, 2017).

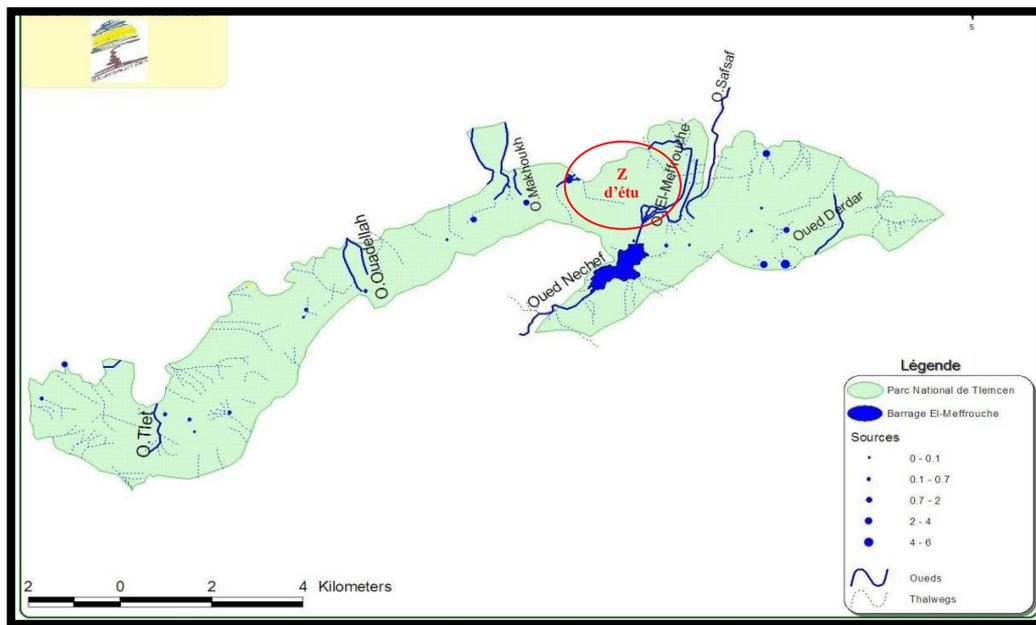


Figure III.12 : Réseau hydrographique de la région de Tlemcen (Boudjema, 2017).

III.7 Pédologie :

Le sol est défini comme étant la couche superficielle qui couvre la roche mère. Il se développe en fonction de la nature de cette dernière, de la topographie, et des caractéristiques du climat (Dib, 2017).

Les sols de la zone d'étude et les régions voisines sont caractérisées par une texture Limono-argileuse et argileuse (Khemies, 2013) avec des Sols fersiallitiques rouges et à caractère vertique, et mosaïque dolomite/sol.

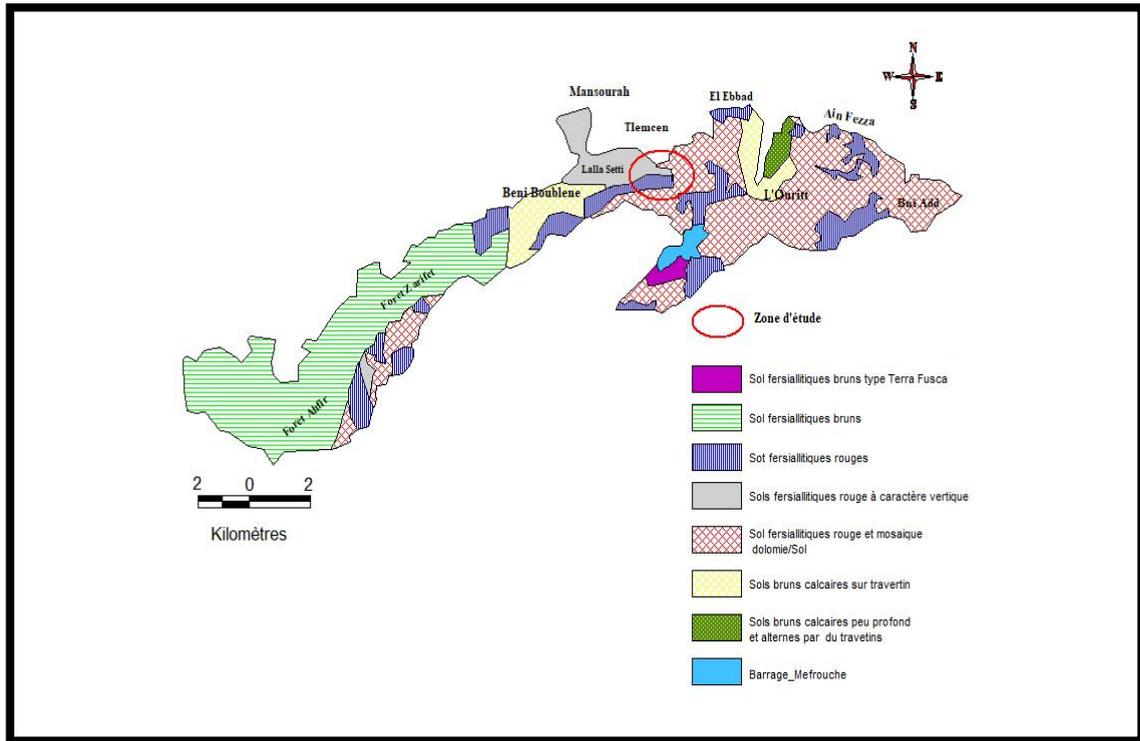


Figure III.13 : Carte pédologique de la wilaya de Tlemcen (Boudjema, 2017).

III.8 Occupation du sol :

L'occupation du sol est une description physique de l'espace, elle est définie comme la couverture (bio-) physique de la surface des terres émergées, c'est-à-dire ce qui recouvre le sol. On distingue ainsi plusieurs catégories biophysiques : la végétation (arbres, buissons, champs, pelouses), les sols nus (même s'il s'agit d'un manque de couverture), les surfaces dures (roches, bâtiments), les surfaces humides et les plans d'eaux intérieures. Par conséquent, l'occupation des sols est « observée », c'est-à-dire scrutée par différentes « sources d'observation » situées à plus ou moins grande distance de la surface terrestre : l'œil humain, les photographies aériennes, les sondes satellites (OSS, 2012).

La source d'Ain Fouara Sup située sur le plateau de Lalla Setti où se trouve notamment le tout nouveau musée Moudjahid, un parc d'attraction, l'hôtel 5 étoiles Renaissance, un lac artificiel composé de deux bassins séparés par un gué est équipé de pédalos qui font la joie des enfants.

Le site présente une continuité de l'esplanade du plateau de Lalla Setti dans la partie Ouest et une grande façade qui donne sur la ville de Tlemcen (Mesli & Fardeheb, 2016).

Le sud, sud-est et l'ouest du site présente principalement de tissus forestiers aménagés partiellement, à l'ouest on trouve le parc de loisirs de Lalla Setti et le complexe de Renaissance (hôtel) et le sud-ouest contient des aires d'agriculture et d'arboriculture, et au nord de la source, la ville de Tlemcen s'étale en aval de la source.

Chapitre III : Cadre d'étude

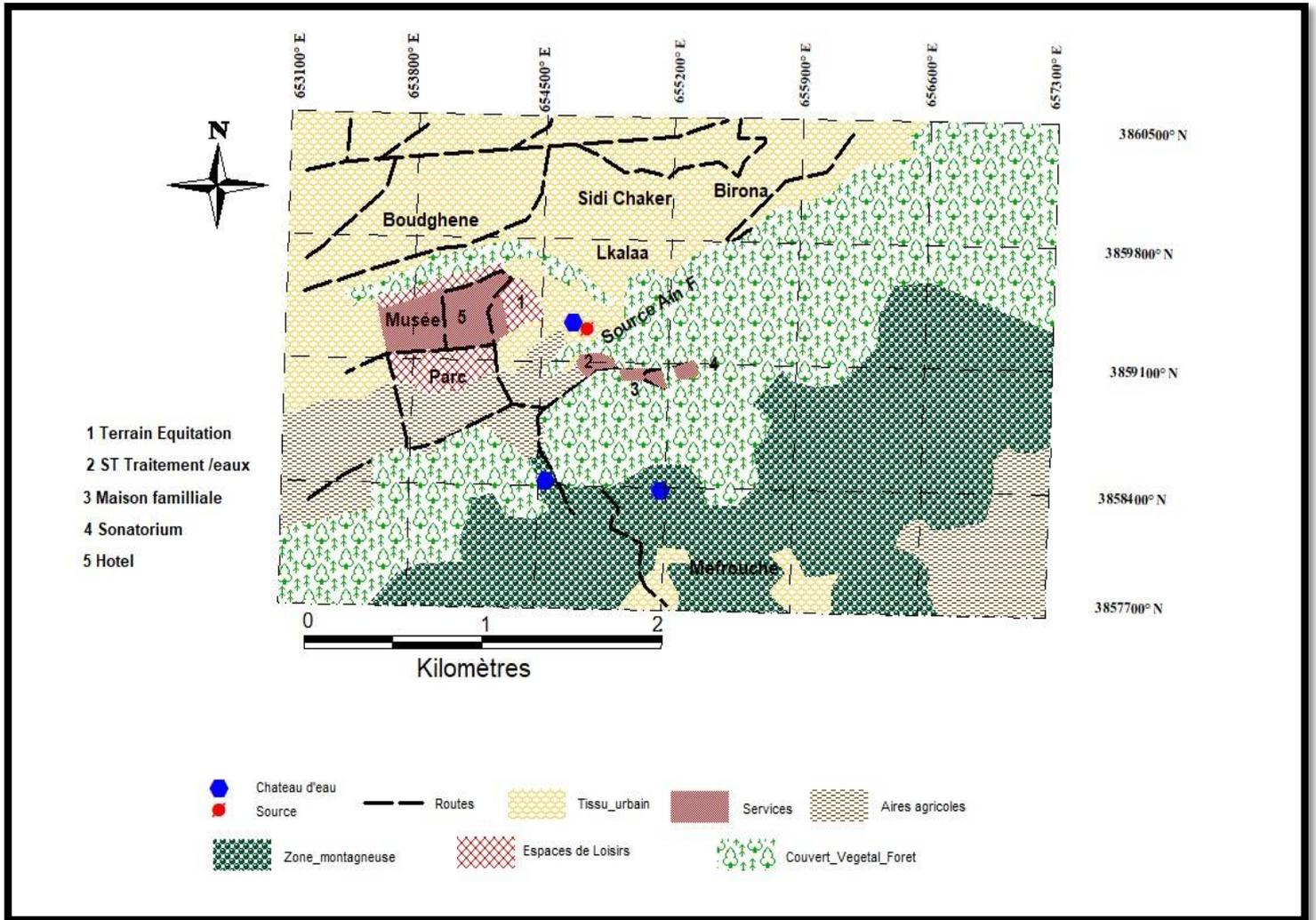


Figure III.14 : Carte d'occupation des sols associée à la source (réalisée par MapInfo).

III.9 Qualité des eaux souterraines :

III.9.1 Analyse physico-chimique :

La qualité des eaux de la source d'Ain Fouara sup a fait l'objet de plusieurs études (Hayane, 1983, Ablaoui, 2007, Azzaz et al, 2008...etc.). Le tableau suivant exprime résultats des analyses physico-chimiques des eaux souterraines de la source pour différents périodes.

Tableau III.2 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux souterraines de la source Ain Fouara Sup pour différents périodes.

Nom et laboratoire d'analyse	T °C	pH	Cond	Mineralisation	Ca	Mg	Na	K	HCO3	CO ₃	SO4	Cl	TH	TAC
Hayane 1983 (ANRH)	17	7.7	480	344	55	25	3	0	290	0	15	18	238	179
Ablaoui 2007 (ANRH)	17.1	7.3	489.2	352.4	63.8	34.1	9.4	1.6	306.2	-	34.7	18.6	-	-
Azzaz et al, 2008 (ANRH)	19.3	8.0	504.8	-	54.5	38.2	11.6	1.7	252.9	0	47.0	35.0	-	-
ADE 2020	17	8.28	541	-	60	31.2	11.6	1.7	329	0	6	24.6	280	270

Ces résultats montrent qu'il n'y a pas une grande variation dans les concentrations des éléments physico-chimiques (une légère différence entre les différentes analyses), il existe une différence remarquable pour les Sulfates mais reste toujours sous la norme admissible par l'OMS. L'eau de la source est de faciès bicarbonaté calcique et magnésien.

La dernière analyse physico-chimique effectuée par le laboratoire de l'unité de l'ADE date le 01/03/2020 et les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Chapitre III : Cadre d'étude

Tableau III.3 : Résultats de l'analyse physico-chimique des eaux souterraines de la source Ain Fouara Sup (Source : [ADE, 2020](#)).

T NTU	pH à 25°C	C µs/cm à 18°C	Ca²⁺ mg/L	Mg²⁺ mg/L	Na⁺ mg/L	K⁺ mg/L	Cl⁻ mg/L	SO⁻²₄ mg/L
3.41	8.28	541	60	31.2	11.6	1.7	24.6	6
CO₃⁻² mg/L	HCO₃⁻ mg/L	NO₃⁻ mg/L	NH₄⁺ mg/L	P mg/L	Fe²⁺ mg/L	TDS mg/L	TH mg/L de CaCO ₃	TAC mg/L de CaCO ₃
0.0	329	6	<0.01	<0.01	0.07	454.6	280	270

TDS : total des solides dissous, TAC : Titre Alcalimétrique complet, TH : Titre Hydrotimétrique.

L'eau de la source est légèrement alcaline avec un pH moyen de 8,28 correspondants aux eaux du système carbonaté. Les analyses montrent la présence du nitrate probablement en raison de leur emplacement au voisinage d'une zone de culture où le nitrate d'ammonium est utilisé comme engrais chimique ou bien en raison de l'évaporation qui est relativement intense et peut entraîner une augmentation de la teneur en nitrates des eaux infiltrées ([Azzaz et al, 2008](#)), mais ces concentrations sont toujours en dessous des normes de potabilité.

Pour les éléments qui ont une relation avec la structure naturelle des eaux comme le potassium, calcium...etc., les concentrations sont conformes aux normes de l'OMS et les normes algériennes résumées dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : les normes de potabilité selon l'OMS

T NTU	pH à 25°C	C µs/cm à 18°C	Ca²⁺ mg/L	Mg²⁺ mg/L	Na⁺ mg/L	K⁺ mg/L	Cl⁻ mg/L	SO⁻²₄ mg/L
<5	8 - 8.5	<2500	<200	<50	<150	<12	<200	<250
CO₃⁻ ² mg/L	HCO₃⁻ mg/L	NO₃⁻ mg/L	NH₄⁺ mg/L	P mg/L	Fe²⁺ mg/L	TDS mg/L	TH mg/L de CaCO ₃	
<0.1	<500	<50	<0.2	<1	<0.07	<500	<200	

Chapitre III : Cadre d'étude

III.9.2 Analyse bactériologique :

La même analyse effectuée par l'ADE, 2020 a montré une absence absolue des éléments bactériens, les tests touchent les bactéries de type : coliformes, Escherichia coli, Entérocoque et ASR (anaérobie sulfite réductrice).

III.9.3 Classification des eaux de la source :

Nous allons par la suite définir le faciès hydrochimique de ces eaux en se basant sur les quatre analyses et en utilisant le logiciel *d'Hydrochimie d'Avignon (L.H.A.)*.

III.9.3.1 Diagramme semi logarithmique de Schoeller-Berkaloff

Le report de ces résultats sur le diagramme de Schoeller –Berkaloff permet de caractériser le faciès des eaux de notre source par les pôles *bicarbonaté calcique* à *bicarbonaté magnésien*.

Selon l'OMS La dureté doit impérativement être supérieure à 15 °f. En 2016, la dureté de l'eau distribuée a été comprise entre 20,2 et 40,8 °f.

Pour la source d'Ain Fouara Sup, la dureté calculée par la formule suivante :

$$Dureté = \frac{[Ca^{2+}]}{4} + \frac{[Mg^{2+}]}{2.4} \quad (III.2)$$

Vaut :

Tableau III.5 : Valeurs de la dureté pour les quatre analyses.

Hayanne	Ablaoui	Azzaz et al	ADE
24	30	30	28

Donc dans la moyenne des trois analyses, la dureté de l'eau de la source conforme à la norme de l'OMS ce qui fait finalement que cette eau est nettement *potable*.

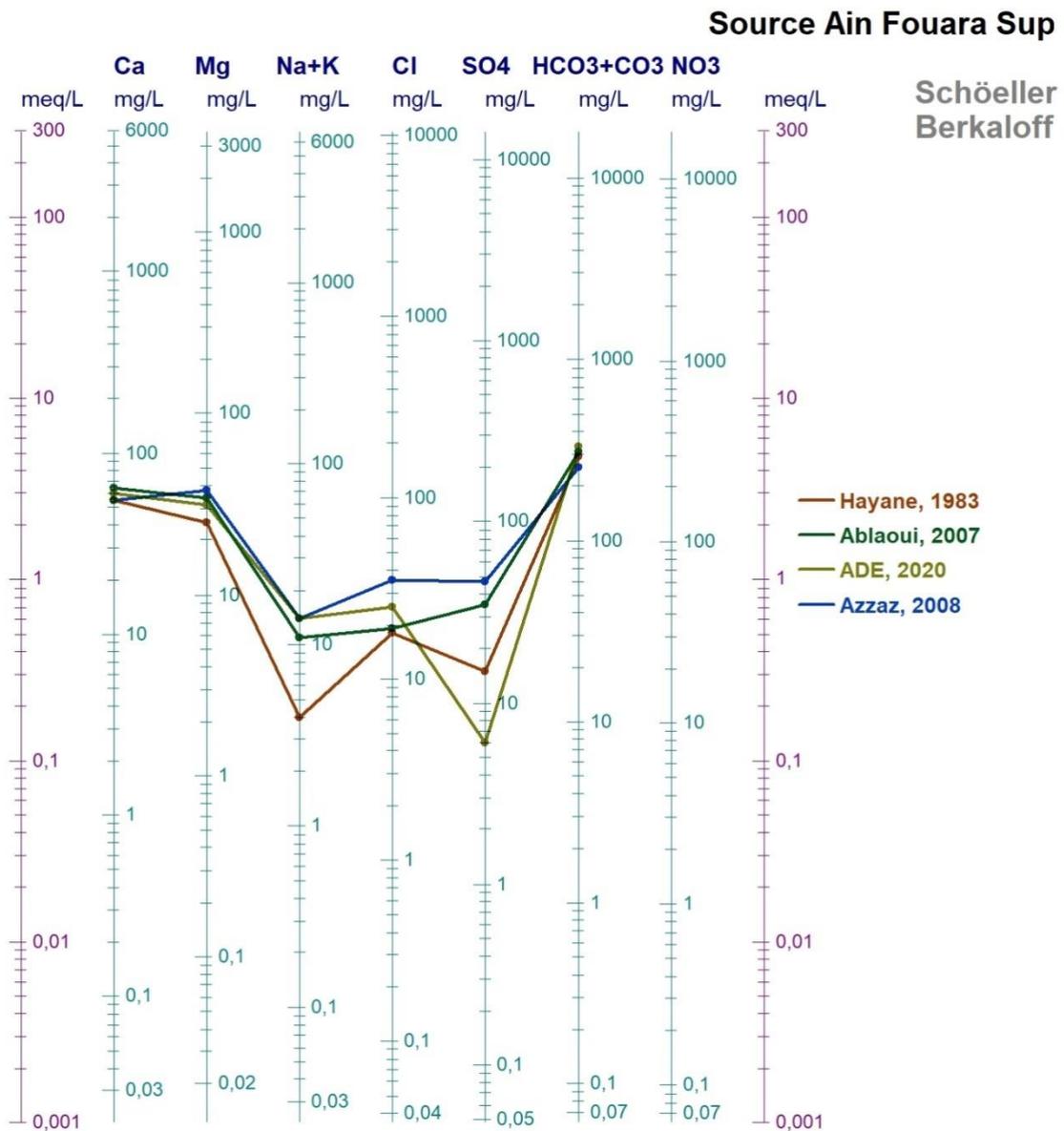


Figure III.15 : Classification des eaux de la source Ain Fouara Supérieure selon le diagramme de Schoeller – Berkaloff.

III.9.2.2 Diagramme de Piper

Ce diagramme décrit la géochimie des eaux. Le report des résultats des analyses chimiques de la source sur le diagramme de Piper confirme les résultats déjà obtenus.

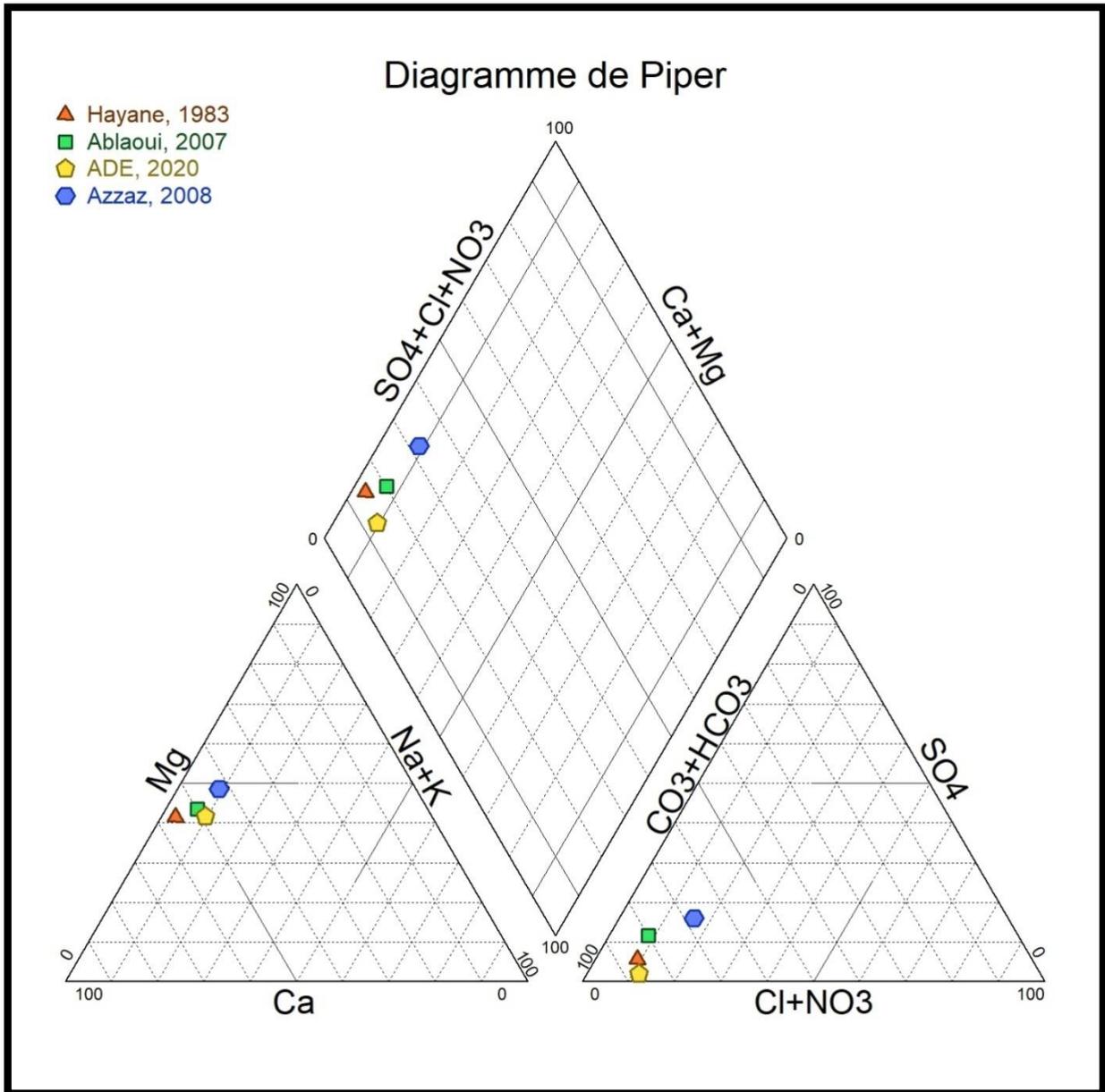


Figure III.16 : Classification des eaux de la source Ain Fouara (Diagramme de Piper).

III.10 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'avoir un aperçu global sur la zone où se situe la source étudiée, sous tous les aspects (géographique, climatique, qualité physico-chimiques des eaux...). L'eau de la source Ain.Fouara est d'une bonne qualité physico-chimique et bactériologique. Etant donné qu'elle contribue dans l'alimentation en eau potable de la population de Tlemcen, il est indispensable de mettre en œuvre la procédure pour sa protection qualitative.

Chapitre IV :
Application de la méthode
des distances pour la
protection de la source d'Ain
Fouara Sup

Chapitre IV : Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre on essaye d'appliquer la méthode des distances pour délimiter les trois périmètres de protection à cette source afin de préserver sa qualité au fil des années parce que la délimitation des périmètres de protection est impérative pour des sources avec un débit moyen annuel supérieur à 0,5 l/s.

Notre travail s'appuie sur le guide National de Détermination des Périmètres de Protection des Captages d'Eau destinée à la Consommation Humaine (Vassolo et al. , 2014), pour le Burundi (centre d'Afrique), où nous allons essayer de projeter les concepts de dimensionnement des périmètres de protection sur notre source selon les données disponibles et surtout l'enquête menée sur le site.

IV.2 Aspect juridique :

Tout apport de substances indésirables dans l'eau souterraine causé par les activités humaines est considéré comme une pollution. Ces substances sont susceptibles de s'infiltrer à travers le sol et la zone non saturée, puis d'atteindre la nappe. L'eau souterraine va alors disperser la pollution bien au-delà du lieu de contamination initiale. La contamination de l'eau souterraine sera alors difficile et parfois impossible à traiter (BRGM, 2016).

De ce fait, la lutte contre la pollution des ressources en eau souterraines constitue un des moyens les plus faciles et les moins coûteux. Cette protection devra se faire à travers l'élaboration des cartes de vulnérabilité à la pollution de ces ressources et par la protection des captages d'eau par des périmètres de protection.

La notion des périmètres de protection est largement traitée dans la littérature internationale (Martel et al, Lallemand-Barres & Roux et Paradis et al). Au niveau national, le décret exécutif n° 07-399 du 14 Dhou El Hidja 1428 correspondant au 23 décembre 2007 relatif aux périmètres de protection qualitative des ressources en eau (Journal officiel de la république Algérienne N°80, Chapitre 1-2, Article 01-23) impose la mise en œuvre de trois périmètres de protection (immédiat, rapproché et éloigné) autour des captages d'eau potable (Bourbia, 2018).

*Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain
Fouara Sup*

IV.3 Application de la méthode des distances :

La méthodologie à suivre pour la définition des paramètres de protection des sources est représentée de façon schématique à la Figure IV.1.

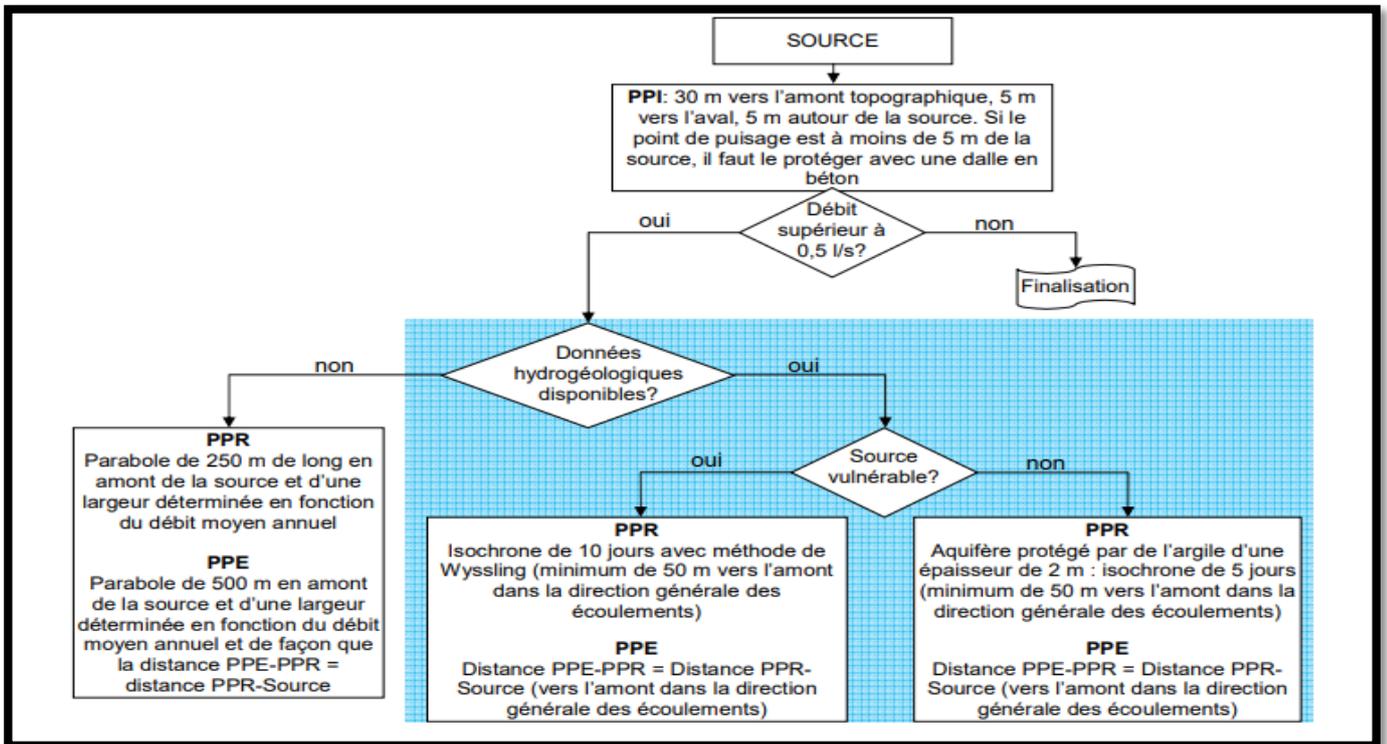


Figure IV.1 : Diagramme explicatif pour la délimitation des périmètres de protection des sources. La partie indiquée en bleu résume la méthodologie à suivre quand les données hydrogéologiques sont disponibles (Vassolo et al., 2014).

IV.3.1 Méthodologie de travail :

Pour procéder à délimiter les PDP, nous avons fait appel aux différents outils de cartographie et utilisé parallèlement les guides disponibles.

Google Earth Pro : pour extraire les coordonnées nécessaires et explorer les reliefs.

Les cartes topographiques pour identifier la topographie du site d'étude.

On a utilisé le logiciel de cartographie MapInfo pour délimiter les PDP en utilisant un software pour coordonner entre Google Earth Pro et Mapinfo (Mygeodata : un convertisseur en ligne pour passer de Google Earth vers MapInfo et inversement).

Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

IV.3.2 détermination de PPI :

Ce périmètre a pour but d'éviter les intrusions à proximité du captage. La zone de protection immédiate doit garantir qu'aucune substance polluante ne parvienne au captage sans que les phénomènes d'épuration aient pu s'exercer. Les dimensions de cette zone varient de 10 à 30m autour des captages d'eau souterraine (Bourbia, 2018, Gall et Lamrhary, 1995), et doit être délimité par un grillage haut de deux mètres autour du point de captage comportant un portillon pouvant être fermé à clef. Le terrain du périmètre de protection immédiate doit appartenir à une collectivité publique ou faire l'objet d'une convention entre le propriétaire et l'établissement public de coopération intercommunale (Bourbia, 2018).

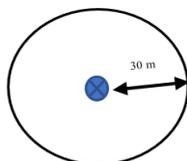


Figure IV.2 : Schéma du périmètre de protection immédiat (PPI) pour une source.

Après une visite de la source étudiée (Ain Fouara sup), on remarque que les différents types de périmètres de protection n'existent pas, mis à part un périmètre de protection immédiat mal conçu et qui se trouve dans un terrain agricole privé. Nous avons relevé les observations suivantes :

- Grillage mal dimensionné et formé principalement par les branches d'arbres, d'où ce grillage s'étend sur une longueur de 8 à 10 mètres ce qui n'est pas réglementaire.
- Dalle en béton ancienne et non étanche.
- Ce PPI se trouve dans un terrain privé qui porte le caractère de l'agriculture mais ce n'est exploité ou bien cultivée occupé par des arbres intrusifs qui se reproduisent par l'auto-greffage.

Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup



Figure IV.3 : l'état du grillage associé au PPI existant.

Pour procéder à proposer notre dimensionnement de PPI, et vue la multitude de dimensions proposer par les guides et les normes utilisées, nous avons choisi d'établir un PPI circulaire de rayon de 30 m autour de la source sachant qu'il va englober la chambre de captage de la source et la chambre de puisage qui se trouve à 5 m de captage et permet de récupérer les eaux vers l'installation de traitement finale par une galerie sous-sol couvert par une dalle en béton.

Ce rayon va conduire à une surface de PPI d'environ 2800 m², cette surface est relativement immense car le terrain en question favorise une perméabilité importante.

Donc le PPI proposé est composé d'un grillage souple pour la raison de sa disponibilité et son cout abordable, de longueur de 190 m et d'une hauteur de 2m avec une porte de même grillage.

Chapitre IV : Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

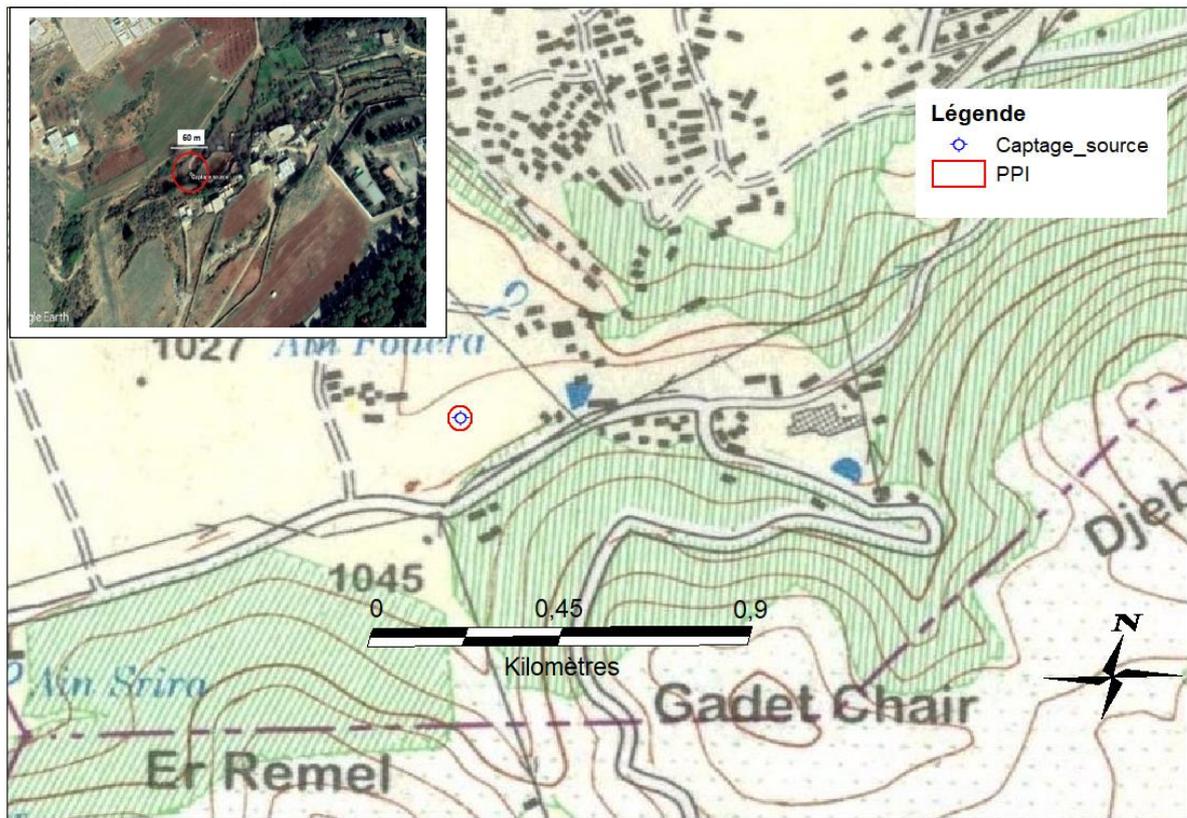


Figure IV.4 : Périmètre de protection immédiat (PPI) proposé pour la source étudiée.

La galerie de captage doit être protégée par une nouvelle dalle en béton bien dosée de largeur de 1 m au minimum le long de la galerie (5 m).

Le PPI doit être aménagé par l'élimination des arbres intrusifs qui peut endommager le captage et ces équipements par les racines.

À l'intérieur du périmètre de protection immédiate, toutes les activités sont interdites à l'exception de celles ayant pour objet l'entretien des ouvrages et installations hydrauliques (JORA, 2007), cette instruction doit être respectée par le propriétaire du terrain ce qui complique un peu la situation.

IV.3.3 détermination de PPR :

Le PPR s'étend au-delà du périmètre immédiat, sur des terrains privés généralement soumis à des servitudes de protection. D'une superficie très variable (quelques hectares à plusieurs centaines d'hectares), selon le contexte hydrogéologique et topographique, ce périmètre vise à

Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

interdire ou à réglementer les activités proches qui peuvent contaminer le captage et le rendre impropre à la production d'eau potable (Marjolet et al., 2002).

Il peut cependant apparaître préférable de définir des PPR de taille relativement importante, si la nature des servitudes envisageables répond bien à la problématique environnementale rencontrée, et si le financement des indemnités pour servitudes apparaît plus aisé que celui d'autres actions visant les mêmes objectifs et appliquées sur la même surface (Marjolet et al., 2002).

Les servitudes imposées par le PPR et les actions agricoles appliquées sur la zone de protection de l'aire d'alimentation du captage ne doivent pas, lorsqu'elles coexistent sur le même espace, viser le même objet et elles doivent être cohérentes entre elles (Degen & Mignaux, 2013).

La délimitation des PPR donc ne peut pas suivre des règles bien définies pour le dimensionnement, selon Vassolo et al. (2014), le PPR s'étendra jusqu'à 280 mètres vers l'amont géographique en fonction du débit moyen annuel, 5 m vers l'aval et aura la forme d'une parabole autour de la source en fonction du débit annuel moyen. Cette forme parabolique va disparaître tout en mettant en considération l'aspect topographique.

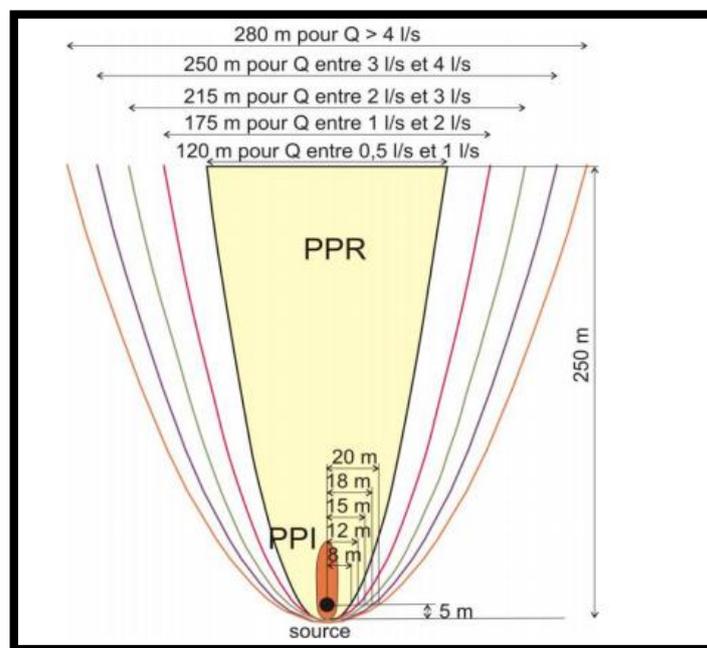


Figure IV.5 : Schéma du périmètre de protection rapproché (PPR) pour une source (Vassolo et al., 2014).

Chapitre IV : Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

Pour une première vision, le PPR va englober des terrains agricoles et quelques maisons, ces groupements vont nous conduire à examiner l'état de l'assainissement, d'où ces groupements sont branchés dans le réseau qui converge vers un dalot (Sidi Chaker) et par la suite dans le collecteur principal vers Sidi Yaakoub (ONA, 2020).

Les aires agricoles composées principalement par les sols ferrallitiques rouges où on trouve de l'arboriculture (cerisiers, oliviers) et la culture de blé.

Pour notre source de débit est de 30 l/s ($Q > 4$ l/s) donc le PPR s'étend sur 280 m vers l'amont géographique ce qui conduit à une surface de **6.51** hectares.

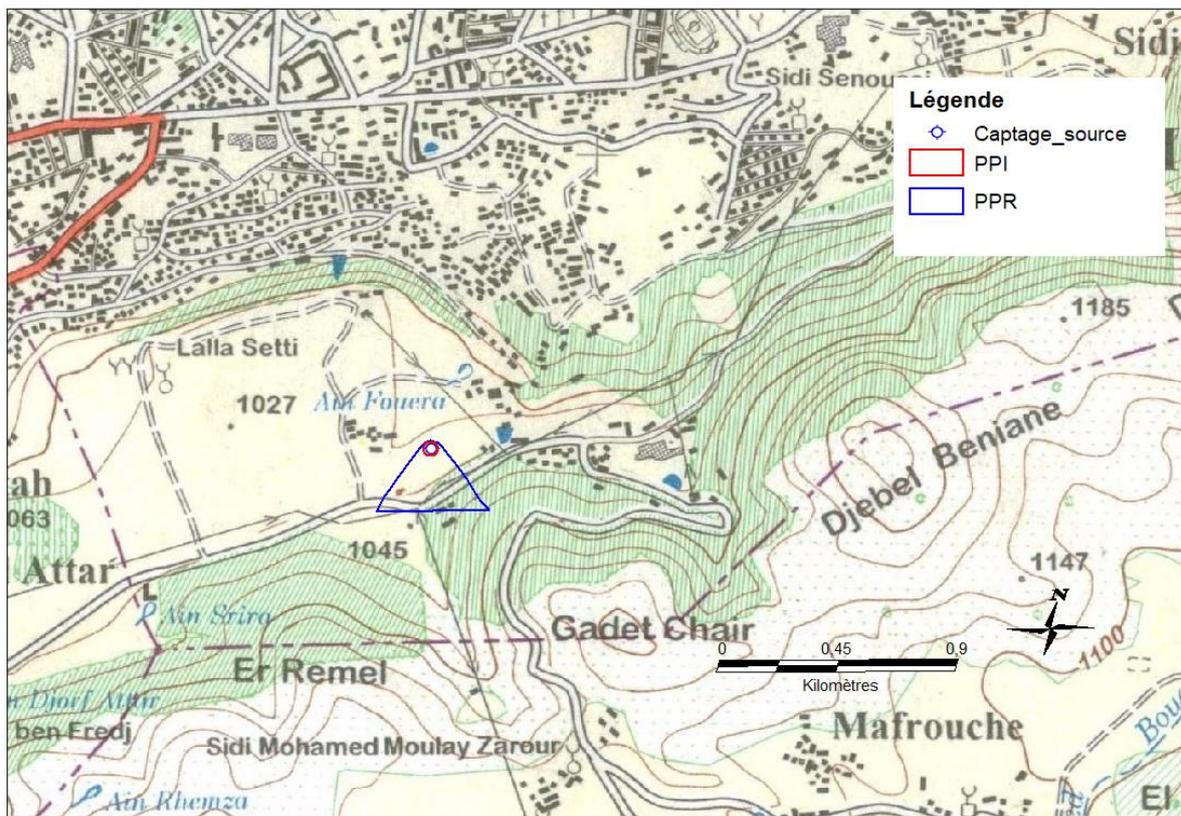


Figure IV.6 : Périmètre de protection rapproché (PPR) proposé pour la source étudiée.

En projetant ce périmètre dans Google Earth Pro, il est clair que ce PPR s'étend sur des terrains agricoles en majorité et une zone forestière au Sud-Est de la source.

Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup



Figure IV.7 : Quelques produits fertilisants utilisés par les agriculteurs de la région.

Les produits montrés dans la figure précédente sont les plus utilisés pour les différents types de cultures adoptés dans notre zone d'étude, il s'agit des produits d'insecticides, produits d'éliminations des adventices (mauvaises herbes) ou bien produits d'amélioration de rendement, ces produits utilisés suivant la culture exercée (utilisation par saison de culture).

L'ADE confirme que ces produits n'affectent pas la qualité des eaux souterraines par le fait des faibles concentrations et le pouvoir épuratoire du sol.

*Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain
Fouara Sup*



Figure IV.8 : Vue satellitaire de notre périmètre de protection rapproché (PPR).

Le périmètre de protection rapprochée est un périmètre plus vaste où toutes les activités sont soumises à des prescriptions particulières et accepte des activités sans risques pour la ressource et le captage, ou des activités diminuant le risque de pollution (Marjolet et al., 2002).

Le PPR a pour but d'empêcher la dégradation de la qualité de l'eau par migration souterraine ou superficielle de substances dangereuses, toxiques ou indésirables à partir des lieux d'émission des pollutions (JORA, 2007).

Les mesures de protection préconisées qui prendront, la forme de servitudes publiques, sont de deux types :

- des mesures " sévères " d'interdictions d'activités.
- des mesures "légères" de réglementation d'activités.

Elles s'appliquent sur l'ensemble du périmètre rapproché, souvent subdivisé en plusieurs zones correspondant aux différents niveaux de servitudes appliquées aux activités agricoles (Marjolet et al., 2002).

Chapitre IV : Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

Un plan d'action concernant les pollutions liées à l'utilisation d'intrants comporte des actions pouvant être réalisées par différents acteurs (Etat, agriculteurs, particuliers ...) se résume dans les points suivants (Degen & Mignaux, 2013) :

- Mettre en place une animation agricole pour diffuser les bonnes pratiques, et organiser une agriculture sous cahier des charges environnementales sur l'ensemble du périmètre de protection rapproché (PPR) de l'aire d'alimentation de la source.
- limiter l'utilisation de fertilisants dans les zones les plus vulnérables.
- interdire la création de stockages de produits phytosanitaires en dehors des sièges d'exploitation, l'épandage par voie aéroportée de produits phytosanitaires, le stockage au champ de matières fermentescibles et peut préconiser la mise en prairie permanente afin de s'opposer à tout épandage de produits organiques liquides, de fientes et de produits phytosanitaires dans les PPR.
- Mettre stratégies d'action pour lutter contre les pollutions diffuses peut être, sur les territoires où les opportunités apparaissent favorables, de favoriser le développement de l'agriculture biologique.
- acquérir les parcelles du périmètre de protection rapproché pour un contrôle aisé.
- mettre en place un comité de suivi pour valoriser les résultats obtenus auprès des agriculteurs et des usagers.

Le système cultural a une influence fondamentale sur les pertes d'azote provoquées par l'infiltration dans le sous-sol des eaux de pluie et de fonte des neiges. Ce lessivage, en l'absence d'une végétation suffisante, contribue à l'enrichissement des eaux souterraines en nitrates. Cet état de fait est préjudiciable (Person, 1983) :

- à la qualité des eaux de la nappe.

- à l'économie des exploitations agricoles puisque les plantes n'en profitent pas.

Quelques règles simples peuvent être édictées afin de limiter les effets de la fertilisation azotée sur la teneur en nitrates des eaux infiltrées.

*** Doses d'utilisation**

Il convient de limiter les doses d'azote épandu à l'hectare à la capacité normale de production. Les chiffres indiqués constituent une moyenne aux environs de laquelle il est conseillé de se situer (Tableau IV.1).

*Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain
Fouara Sup*

*** Pratiques épandage dans les périmètres de protection :**

- Eviter les apports d'azote minéral à l'automne.
- Attendre une bonne installation de la végétation avant de procéder à l'apport de la fumure minérale azotée.
- Eviter les cultures à cycle court (ex pommes de terre).
- Pratiquer l'utilisation de cultures dérobées chaque fois que cela est possible. - Utiliser un fractionnement judicieux de la fumure azotée.

La migration et l'évolution des nitrates dans les sols devraient être suivies.

De plus, il ne faut pas oublier que des mesures de protection courantes, l'interdiction de brûler les pailles par exemple, freinent les pertes d'azote par infiltration, de même que doivent être évités les sols dénudés pour réduire le lessivage (Person, 1983).

Tableau IV.1 : fertilisation azoté globale (normes françaises) (Person, 1983).

Nature de culture	Quantités moyenne en Kg d'azote à un Ha	Dates d'épandage	Nombre d'épandage
Céréales :	-	-	-
Blé d'hiver	80	Février-avril	2
Blé de printemps	65	Mars-mai	2
Escourgeon	80	Février-avril	2
Plantes sarclées :			
Pomme de terre	140-200	Février-avril	2
Légumes secs :			
Fèves	20	Mars	1
Haricots sec	80	Mai	1
Pois secs	60	Mars-avril	1

Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

Culture fruitières :			
Pomme	160	Octobre-avril	2
Cultures fourragères :			
Betteraves	200	Avril	1
Mais	150	Avril	1
Choux fourragères	120	Avril-juin	2

Il faut veiller aussi sur l'utilisation des fertilisants organiques soit industrialisés ou bien naturels(Fumiers).

Tableau IV.1 : Recommandations de fertilisation en Algérie (FAO, 2005).

Culture	Fumure de fond/entretien	Fumier	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rendement (Fumier + engrais)
		Kg/ha				
Pomme de terre-saison	Fond	30 000	800			22 000
Carotte	Fond Couverture	20 000		500		20 000
Olivier	Entretien (sec)		200	400	400	
	Entretien (irrigué)		300		200 300	
Fourrages (Pluviométrie <600 mm)			67	92		
Blé (Pluviométrie <600 mm)			100	92		

Le développement urbain doit être contrôlé lorsqu'il s'agit de branchement dans le réseau d'assainissement, d'autre part toute nouvelle activité (industrielle ou de service) doit être inscrite sous les activités autorisées.

Il est souhaitable d'en signaler les limites en utilisant des panneaux placés sur les voies d'accès principales, et rappelant les prescriptions essentielles qui y sont rattachées (Person, 1983).

Il est important de noter que l'implantation de PPR se fait souvent par des panneaux de signalisation pour définir les limites de PPR, même chose s'applique pour le PPE.

Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

IV.3.4 détermination de PPE :

Un périmètre éloigné peut être instauré, au-delà du périmètre rapproché lorsqu'il est nécessaire de compléter le dispositif de protection du captage par des réglementations particulières. Ainsi des mesures spécifiques peuvent être imposées pour le stockage de produits pouvant détériorer la qualité des eaux (Marjolet et al., 2002). Le PPE peut être proche du contour de l'aire d'alimentation de captage (Degen & Mignaux, 2013).

L'établissement du périmètre de protection éloignée n'est pas obligatoire. Les études diront s'il s'impose et comment.

Le PPE s'étendra jusqu'à une limite située à 500 mètres vers l'amont géographique (c'est le cas de la source Ain Fouara Sup) et d'au moins 5 m vers l'aval et aura la forme d'une parabole autour de la source en fonction du débit annuel moyen (Vassolo et al., 2014).

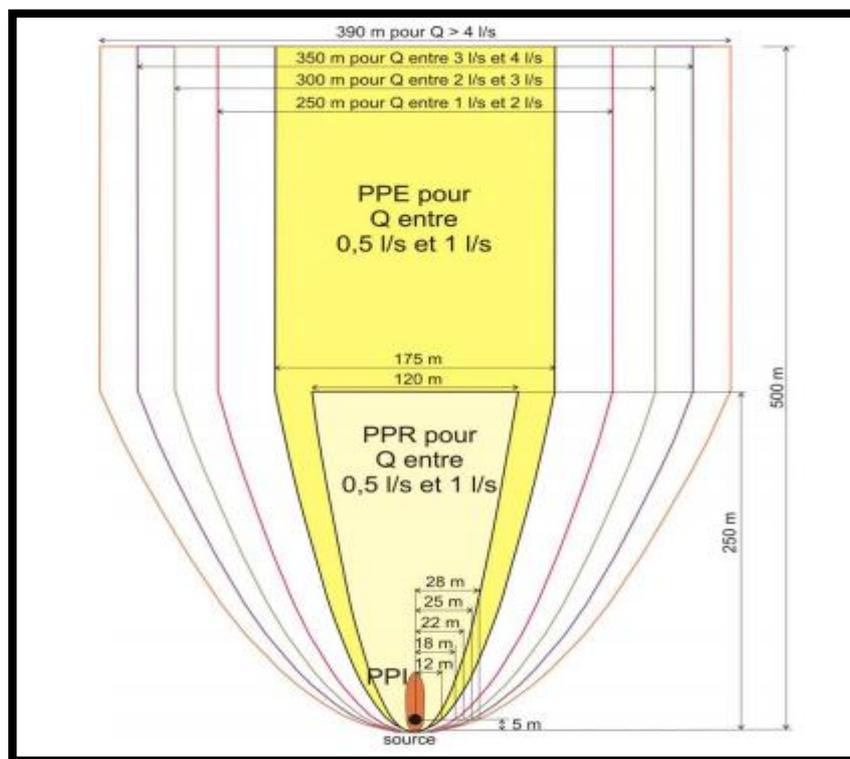


Figure IV.9 : Schéma du périmètre de protection éloigné (PPE) pour une source (Vassolo et al., 2014).

Les interdictions de transports de produits polluants à proximité des périmètres de protection devraient être précisées aux bifurcations d'accès les plus proches avec l'indication des déviations à suivre (Person, 1983).

Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

Donc la proposition qu'on a donnée rassemble des aspects géométriques de dimensionnement et les propriétés physiques du site, cette proposition est attachée avec l'engagement des acteurs par les actions et les activités inscrites d'être autorisées dans les différents types de PDP.

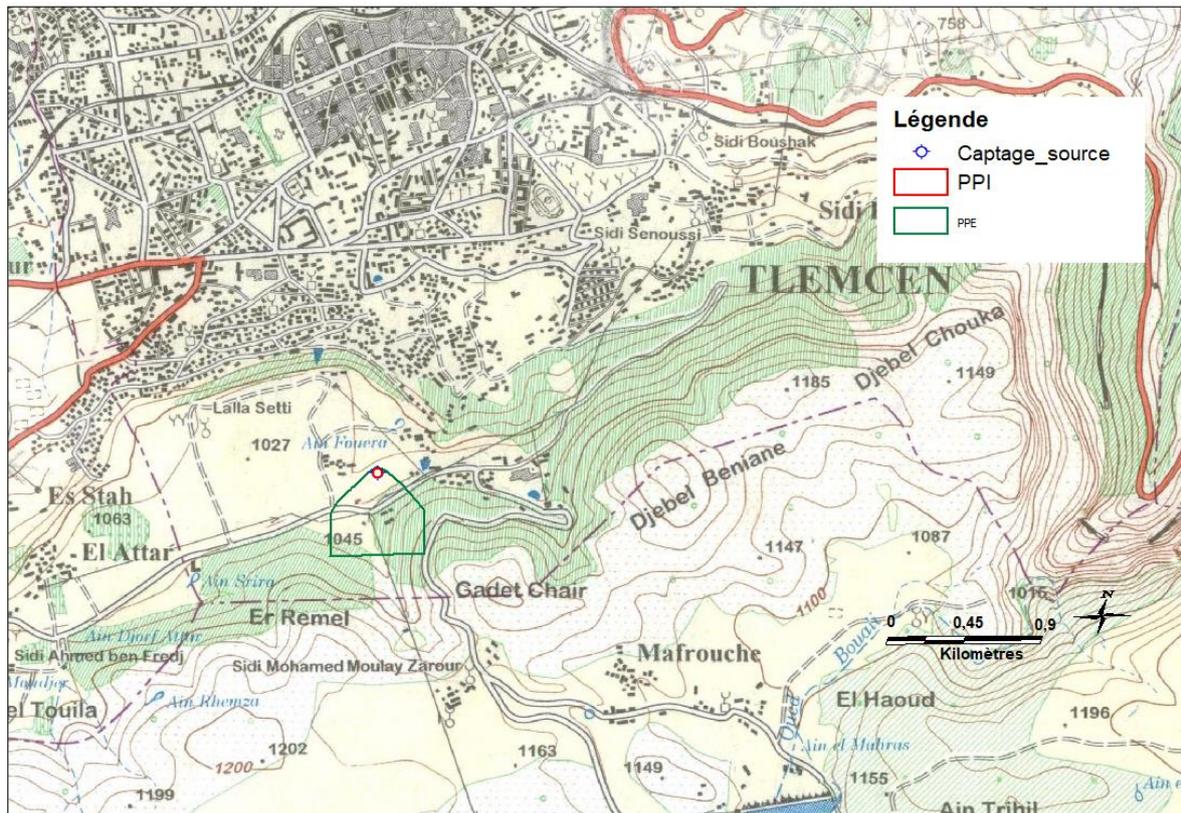


Figure IV.10 : Périmètre de protection éloigné (PPE) proposé pour la source étudiée.

Les limites du PPE sur l'interface Google Earth Pro montré qu'il s'étend sur **22.5** hectares répartis principalement sur des aires agricoles et une zone forestière sur la partie Est du périmètre.

*Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain
Fouara Sup*



Figure IV.11 : Vue satellitaire de notre périmètre de protection éloigné (PPE).

Le périmètre de protection Eloigné qui a pour but de prolonger le périmètre de protection rapproché pour renforcer la protection contre les risques de pollutions chroniques, diffuses ou accidentelles.

Aucune autorisation de travaux, permis de construire, ou tout acte permettant une occupation non conforme à ces mesures ne peuvent être établis ou octroyés sans l'avis du directeur de wilaya chargé des ressources en eau qui s'assure que toutes les mesures d'interdiction, de limitation ou de protection des ressources en eau sont respectées (JORA, 2007).

*Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup*

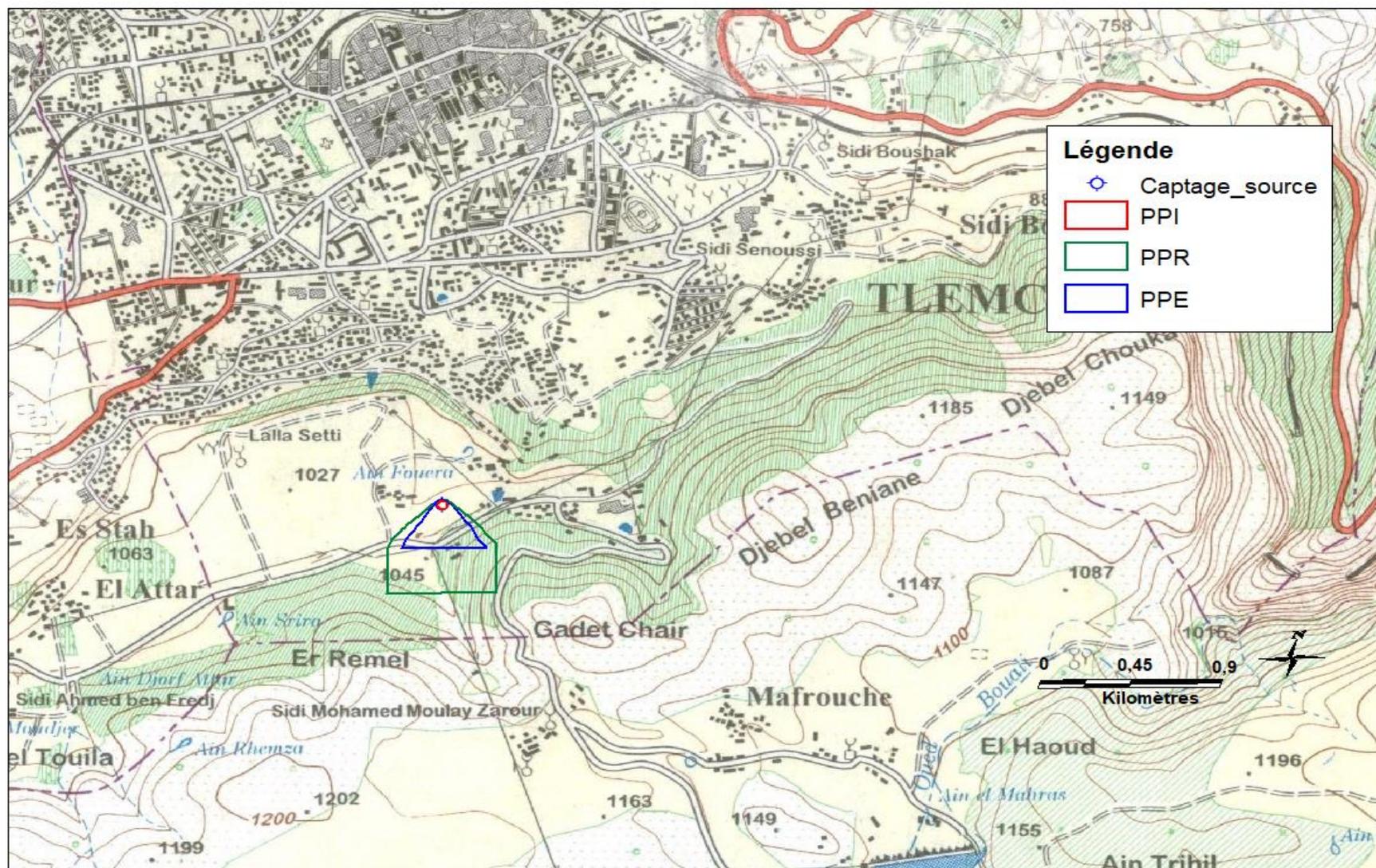


Figure IV.12 : carte récapitulative de nos périmètres de protections.

Chapitre IV :
Application de la méthode des distances pour la protection de la source d'Ain Fouara Sup

IV.4 Conclusion :

Les périmètres de protection sont des ouvrages indispensables pour la protection des ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable et en particulier les PPI et les PPR, et pour compléter leur objectif, il doit y avoir un « règlement » qui s'y appliquera impérativement. Ce règlement doit encadrer les activités existantes et éviter d'avoir à s'interroger sur toute nouvelle demande de création d'activités.

Notre travail nous a permis de délimiter les trois périmètres de protection :

- Un PPI circulaire de **60** m de diamètre.
- Un PPR de **6.51** hectares de surface, s'étend principalement sur des terres agricoles de différentes cultures, on trouve aussi quelques maisons individuelles branchés sur le réseau d'assainissement du groupement de Tlemcen avec l'absence absolue des activités de pollution potentielle comme le lavage et vidange de huiles de voitures ou bien des station d'essence...etc.
- Un PPE de **22.5** hectares de surface, en plus des aires associées aus PPR on trouve d'autres terres agricoles et des zones montagneuses forestières.

Conclusion générale

Conclusion générale

La source captée d'Ain Fouara supérieure est l'une des plus importantes sources drainant les dolomies de Tlemcen. Elle sert à l'alimentation en eau potable de la population de la ville de Tlemcen. D'un débit moyen de 30 L/s, elle est située sur le plateau de Lalla Setti.

Le présent travail montre qu'il y a l'absence d'une protection bien définie pour les eaux de cette source bien que la qualité de ces eaux reste loin d'être contaminée par les différentes activités existantes autour de la source. Ceci a été confirmé par les analyses bactériologiques effectuées récemment par l'exploitant.

L'eau de cette source est de faciès bicarbonaté calcique et magnésien dû à la prédominance des formations carbonatées dans la constitution de son réservoir. Plusieurs analyses physico-chimique ont été effectuées au cours de toute la période de son exploitation ont permis de vérifier cela.

Les textes législatifs algériens en particulier le Décret exécutif n° 07-399 du 14 Dhou El Hidja 1428 correspondant au 23 décembre 2007 relatif aux périmètres de protection qualitative des ressources en eau, prévoient impérativement trois types de périmètres de protection à savoir un, périmètre de protection immédiat (PPI), un périmètre de protection rapproché (PPR) et périmètre de protection éloigné (PPE), ces textes prennent en charge la protection de la ressource en eau souterraine sous deux formes :

- Une protection qualitative qui empêche toute pollution et dégradation de la qualité de la ressource en eau.
- Une protection quantitative qui protège la ressource en eau de toute surexploitation (exploitation abusive).

L'enquête menée sur le site nous a permis d'identifier l'occupation du sol ainsi que les différentes activités exercées dans les terrains en questions. Les données recueillies sur terrain ou bien de différents organismes de l'eau (ADE, ONA...) et les témoignages, nous ont permis de proposer une description géométrique de nos PDP basée sur un guide pratique de dimensionnement et par la suite de mettre en place un protocole pour une meilleure préservation de la source.

Ce travail a abouti finalement à proposer un PPI autour du captage de la source sur un rayon de 30 m, un PPR de 5,51 Ha et un PPE de 22,5 Ha.

Pour une meilleure exploitation de cette source nous recommandons alors :

Conclusion générale

- Un périmètre de protection rapproché bien signalé par les panneaux.
- Réaménager le PPI par une nouvelle dalle et un grillage bien conçu.
- Un programme de sensibilisation pour les agriculteurs afin qu'ils sachent la bonne utilisation des engrais et produits fertilisants
- Les habitations incluses dans les PDP doivent respecter les règlements associés au PDP.
- Contrôler l'extension urbaine et veiller sur une bonne gestion du réseau d'assainissement de cette zone.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- Ablaoui H., 2007 : « Structure et fonctionnement de trois émergences karstiques des monts de Tlemcen à partir des réponses hydrologiques et hydrochimiques », Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie d'Oran.
- Amharref. M & Bernoussi A., 2015 : « Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines », Laboratoire Modélisation des Phénomènes Physiques et Risques Naturels (MPPRN), Faculté des Sciences et Techniques, Tanger Maroc.
- ANRH : Agence nationale des ressources hydriques.
- Atteia O., 2005 : « Chimie et pollutions des eaux souterraines ». Edition Lavoisier.
- Azzaz H. & M. Cherchali & M. Meddi & B. Houha & J. M. Puig & A. Achachi, 2008: «The use of environmental isotopic and hydrochemical tracers to characterize the functioning of karst systems in the Tlemcen Mountains, northwest Algeria», *Hydrogeology Journal* 16: 531–546.
- Banton O. & Bangoy L.M., 1997 : « hydrogéologie- multi science environnementale des eaux souterraines ».
- Benest M., 1985 : « Evolution de la plate- forme de l'ouest algérien et du nord -est marocain au cours du jurassique supérieur et au début du crétacé. Stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire », Documents des laboratoires de géologie de Lyon.
- Bensaoula F., 2006 : « karstification, hydrogéologie et vulnérabilité des eaux karstiques mis aux points d'outils pour leur protection (application aux monts de Tlemcen-Ouest oranais) », Thèse de doctorat d'état en géologie appliquée, Université de Tlemcen.
- Bensaoula F., Adjim M. et Adjim H., 2003 : « Les périmètres de protection des eaux souterraines et les difficultés d'application du codes des eaux. Cas de la wilaya de Tlemcen (Nord-ouest Algérienne) », Université de Tlemcen.
- BouchikhiTani Z. & Hassaine K., 2005 : « Risques liés à la contamination des eaux souterraines et de surface par l'installation d'une décharge contrôlée », Guide technique en environnement, écologie et développement durable. *Recy.net* est la ressource indispensable pour la gestion de l'environnement, la valorisation, le recyclage et la

Références bibliographiques

réglementatiodesdéchets.<https://www.recy.net/frame.php?url=https://www.recy.net/dossiers/20050822-contamination-eaux-souterraines.php>, consulté le 19/08/2020.

- Boudjema, M. A., 2017 : « Parc national de Tlemcen. Dynamique de la couverture végétale et perspectives », mémoire de Master, département d'écologie, université de Tlemcen
- Bourbia H., 2018 : « Les périmètres de protection des captages d'eau souterraine dans un milieu vulnérable : la nappe des graviers de la région de Boumaiza (Skikda, Nord-Est Algérie) », Thèse de Doctorat en Sciences, Université Badji Mokhtar-Annaba.
- Bouzara C. & Ensaad R., 2018 : « Contribution à la protection des eaux souterraines soumises aux pressions agricoles - cas de la plaine du Haut Cheliff », Mémoire de fin d'études, Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Khemis-Miliana.
- BRGM, 2016 : « Améliorer la protection des d'eau souterraine destinée à la consommation humaine » par Jean François, Vernoux Rémi Buchet, Ariane Blum, Arnaud Wuillemier & Olivier James.
- Bussard T., 2005 : « Méthodologie de dimensionnement des zones de protection des captages d'eaux souterraines contre les polluants chimiques persistants ». Thèse de doctorat, école polytechnique fédérale de Lausanne en Suisse.
- Castany G., 1982 : « principe et méthode de l'hydrogéologie », tome1, édition Dunod.
- Cazaux M., 2007 : « Les eaux souterraines en Gironde, cartographie de la vulnérabilité aux pollutions des nappes éocènes dans le secteur du Blayais ». Rapport de stage Master II. Département des sciences de la terre et de l'Environnement de Montpellier.
- Charikh M., 2015 : « Estimation et cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines en milieu aride : application à la cuvette de Ouargla », Mémoire de Magister, Université de Ouargla.
- Chekroud H., 2007 : « Étude de la pollution des eaux de la plaine de Telezza due aux activités agricoles et commerciales ». Mémoire de Magister. Université du 20 Août 1955 – Skikda.

Références bibliographiques

- Cherifi M.S & Bensmain Y., 2017 : « Contribution à l'étude de la protection des eaux souterraines dans le groupement urbaine de Tlemcen », Mémoire de master, Université de Tlemcen.
- Chéry L. & Mouvet C., 2000 : « Principaux processus physico-chimiques et biologiques intervenant dans l'infiltration des produits polluants et leur transfert vers les eaux souterraines», Revue La Houille Blanche, N°7-8 (Décembre 2000), pp. 82-88, <http://dx.doi.org/10.1051/lhb/2000079>.
- Collignon B., 1986 : « Hydrologie appliquée des aquifères Karstiques des monts de Tlemcen », Thèse de Doctorat, Université D'Avignon.
- Detry T., 2003 : « Urbanisation et qualité des nappes phréatiques - Réponses des écosystèmes aquatiques souterrains aux pratiques d'infiltration d'eau pluviale », Thèse de Doctorat. Université de Claude Bernard-Lyon 1.
- Degen T. & Mignaux L., Avril 2013:– Guide : « Protection d'aire d'alimentation de captage en eau potable contre les pollutions liées à l'utilisation de fertilisants et de pesticides ».
- FAO, 2005 : « Utilisation des engrais par culture en Algérie », Première édition, publiée par la FAO, Rome, 2005, <http://www.fao.org/3/a-y5953f.pdf>
- Fellah H.S., 2012 : « La cartographie de la vulnérabilité et du risque de pollution des eaux souterraines dans le groupement urbain de Tlemcen », Mémoire de master, Université de Tlemcen.
- Gall K. & Lamrhary A., 1995 :« Manuel relatif à la délimitation des zones de protection des captages d'eaux souterraines », Rapport. Rabat : Office national de l'eau potable, 120 p.
- Gaouar A., 1980 : « Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen (Algérie) », forêt méditerranéenne, T. II, n°2, 1980, pp. 131-146.
- Gilli E., Mangan C. et Murdy J., 2008 : « Hydrogéologie : objets, méthodes et applications », édition Dunod, 2ème édition.

Références bibliographiques

- Hayane S.M., 1983 : « Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant de l'oued Sikkak (région de Tlemcen) », Thèse de Doctorat 3ème cycle, Université d'Oran. Consultez en ligne.
- Irish EPA., 1999: « Grounds water Protection Schemes », Published by Department of the Environment and Local Government, Environmental Protection Agency and Geological Survey of Ireland.
- J.O.R.A., 1983 : « Journal Officiel de la République Algérienne N°30 du 19/07/1983, Lois n°83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux ».
- J.O.R.A., 2005 : « Journal Officiel de la République Algérienne N°60 du 04/09/2005, Loi n°05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 aout 2005 relative à l'eau ».
- J.O.R.A., 2007 : «Journal Officiel de la République Algérienne N°80 du 26/12/2007, Décret exécutif n°07- 399 du 14 DhouElhidja 1428 correspondant au 23 décembre 2007 relatif au périmètre de protection qualitative des ressources en eau ».
- J.O.R.A., 2010 : « Journal Officiel de la République Algérienne N°11 du 10/02/2010, Décret exécutif n°10-73 du 21 Safer 1431 correspondant au 06 février 2010 relatif à la protection quantitative des nappes aquifères ».
- Kankou M., 2004 : « Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie- étude en laboratoire du comportement de deux pesticides ». Thèse de doctorat, Université de Limoges, faculté des sciences et techniques en France.
- Khemies, F., 2013 : « Inventaire des variétés locales d'arboriculture fruitière et leurs biotopes respectifs dans la wilaya de Tlemcen ». Mémoire de Magister Département des Sciences Agronomiques et Forestières, Université Abou Bekr Belkaid de TLEMEN.
- Lallemand Barres A & Roux J.C., 1999 : « Périmètre de protection des captages d'eaux souterraines destinée à la consommation humaine », édition BRGM.
- Lallemand-Barres A, Roux J.C., 1989 : « Guide méthodologique d'établissement des périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine. Collection Manuels et Méthodes », N° 19. Orléans : Bureau de ressources géologiques et minières (BRGM), 1989 ; 224 p.

Références bibliographiques

- Landreau A., 1996 : « Contribution à une normalisation des critères d'établissement des cartes de vulnérabilité aux pollutions des eaux souterraines », Rapport BRGMR 38846.
- Luzolo Lutete K., 2012 : « Les eaux souterraines : captage, exploitation et gestion, mémoire », Université de Kinshasa. Graduat. Consulté en ligne : 17/02/2020

<https://www.memoireonline.com/10/13/7528/Les-eaux-souterraines-captage-exploitation-et-gestion.html>

- Marchal J.P., 2007 : « Eaux destinées à la consommation humaine. Guide pour la protection des Captages publics », Départements du Gard et de l'Hérault. Rapport final BRGM/RP-55699-FR.
- Mardhel V., 2001 : « Evaluation et cartographie de la vulnérabilité des grands aquifères de l'île de la Réunion – Etude de l'aquifère de la plaine des Galets (rive droite de la rivière des Galets) », Rapport BRGM/RP-50590-FR.
- Mardhel V., 2010 : « Les outils SIG pour une meilleure compréhension des eaux souterraines », Rapport B.R.G.M.
- Marjolet, G., Artur A., & Freslon M., 2002 : « Périmètres de protection des captages d'eau souterraine dans le massif armoricain. Effet sur la qualité des eaux ». p. 223–232. In Hydrology and management of water resources. 3rd Inter-Celtic Coll., Galway, Ireland. 8–10 July 2002. Dep. of Hydrol. Natl. Univ. of Ireland, Galway.
- Martel R, Paradis D, Murat V., 1999 : « Protection des aquifères : vulnérabilité et périmètres de protection autour des puits ». 3e conférence biennale, Americana, Montréal, 24-26 mars 1999 : 375-6.
- Menani M. R., 2001 : « Evaluation et cartographie de la vulnérabilité à la pollution de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher, Nord-Est algérien, selon la méthode Drastic », Journal de Science et changements planétaires / Sécheresse, Volume 12, numéro 2, Juin 2001.
- Mesli, G. M. & Fardeheb E.-h. M., 2016 : « Club d'attraction communautaire à Tlemcen: loisir et nature », Master en Architecture, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen.

Références bibliographiques

- Messatfa K., 2015 : « Etude de la vulnérabilité des ressources en eaux aux changements climatiques : cas du bassin de la Tafna », Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie d'Oran, Département d'hydraulique.
- Mohammed Ali B. & Khaboub B., 2017 : « Le suivi hydrogéologique des travaux de forages d'eau pour l'alimentation en eau potable de la nouvelle ville de Blida », Mémoire de fin d'études, Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Khemis-Miliana.
- Moulaye O.G., 2009 : « Etude de mise en place de périmètre de protection autour des champs de captage d'AEP de la ville d'Idini », Mémoire pour l'obtention du diplôme Master en environnement, Institut international de d'ingénierie de l'eau et de l'environnement.
- Moulin M., Frissant N. et Chevalier P., 2003 : « Cartographie de la vulnérabilité des grandes aquifères de la Réunion : Etude des aquifères de Saint-Denis », Rapport BGRM No 52204-FR.
- Nassah & Omdi., 2011 : « Les périmètres de protection des champs de captage des eaux souterraines. Cas du champ captant du N'Fis (Maroc) », Mémoire de fin d'études, Université de Marrakech.
- OMS : Organisation mondiale de la santé.
- OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel), 2012 : « Cartographie de l'occupation du sol Spécifications techniques »
- Palmer, R.C., Holman, I.P., Robins, N.S., Lewis et M.A., 1995: « Guide to groundwater vulnerability mapping in England and Wales. National Rivers authority, Bristol »
- Paradis D., Martel R., Lefebvre R., Michaud Y., 1998 : « Comparaison des méthodes de détermination des périmètres de protection autour d'ouvrages de captage d'eau souterraine dans le piémont Laurentien ». Abstract Volume, Joint meeting GAC, MAC, APGGQ, IAH, CGU, May 18-20, Quebec, 1998: A-1410.
- Person J., 1983 : « Protection des captages d'eaux destinées à l'alimentation humaine », Rapport de BRGM.

Références bibliographiques

- Quevauvillier P., 2010 « protection des eaux souterraines, législation européenne et avancées scientifiques ».
- Roux J.C., 2006 : « Aquifères et eaux souterraines en France », édition BRGM.
- Schneblen N., Platel J.P, Le Nindre Y. et Baudry D., 2002 : « Gestion des eaux souterraines en aquitaine, Année 5 », Rapport BRGM/RP-51178-FR.
- Sferdjli F., 2016 : « les périmètres de protection des ouvrages de captages des eaux souterraines », Mémoire de master, Faculté de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers. Université de Tlemcen.
- Smail, F., 2017 : « Ressources en eau et urbanisation cas du groupement urbain Tlemcen», Mémoire de Magister Département d'hydraulique, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen.
- Vassolo S., Bonja P., Ryumeko M., Tiberghien C. et Valley S., 2014 : « Guide National de Détermination des Périmètres de Protection des Captages d'Eau destinée à la Consommation Humaine », Coopération Allemande / Institut Fédéral des Géosciences et Ressources Naturelles (BGR) / GPES Gestion et Protection des Ressources en Eau Souterraine au Burundi.
- Vernaux J.F., Buchet R., Blum A. et Wuillimier A., 2010 : « Améliorer la protection des captages d'eau souterraines destinée à la consommation humaine », Rapport BGRM N°ISBN978-2-7159-2484-0.
- Winschen M., 2011 : « Périmètres de Protection des Captages d'eau destinée à la consommation humaine Etude préalable à l'avis de l'Hydrogéologue » Agréé N° BSS : 01947X0041. Rapport de stage, Université Henri Poincaré en France.
- Zeghid K., 2013 : « Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines karstiques cas du bassin de Mefrouche », Mémoire de Magister, Faculté de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, Université de Tlemcen.

Références bibliographiques

Webographie :

- [1] : <https://slideplayer.fr/slide/8843901/> consulté le 23/02/2020.
- [2] : <https://rqs.ca/definition-de-leau-souterraine/> consulté le 19/02/2020.
- [3] : <https://www.actu-environnement.com/ae/> consulté le 22/02/2020.
- [4] : <http://sigessn.brgm.fr/spip.php?article24> consulté le 23/02/2020.
- [5] : <https://www.soironvillage.be/bola.html> consulté le 24/02/2020.
- [6] : http://www.unit.eu/cours/engees/GEMeue2module4HUpartie1/co/Captage_source.html consulté le 23/02/2020.
- [7] : <http://sigesbre.brgm.fr/Captages-d-eau-souterraine.html> consulté le 24/02/2020.
- [8] : <https://www.aquaforage.fr/le-forage/creation/> consulté le 25/02/2020.
- [9] : <http://www.caue60.com/amenagement-paysager/eau-et-amenagements/limpact-des-captages-sur-les-nappes/> consulté le 25/02/2020.
- [10] : http://www.occitanie.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/Perimetre_protection/ consulté le 01/04/2020.
- [11] : <http://sigescen.brgm.fr/Qu-est-ce-qu-un-PPC.html> consulté le 01/04/2020.

Annexe 01 : Journal Officiel de la République Algérienne N°80 du 26/12/2007, Décret exécutif n°07- 399 du 14 DhouElhidja 1428 correspondant au 23 décembre 2007 relatif au périmètre de protection qualitative des ressources en eau

17 Dhou El Hidja 1428
26 décembre 2007

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 80

3

DECRETS

Décret présidentiel n° 07-398 du 9 Dhou El Hidja 1428 correspondant au 18 décembre 2007 portant création d'un chapitre et transfert de crédits au budget de fonctionnement du ministère de l'intérieur et des collectivités locales.

Le Président de la République,

Sur le rapport du ministre des finances,

Vu la Constitution, notamment ses articles 77-6° et 125 (alinéa 1er) ;

Vu la loi n° 84-17 du 7 juillet 1984, modifiée et complétée, relative aux lois de finances ;

Vu l'ordonnance n° 07-03 du 9 Rajab 1428 correspondant au 24 juillet 2007 portant loi de finances complémentaire pour 2007 ;

Vu le décret présidentiel du 21 Rajab 1428 correspondant au 5 août 2007 portant répartition des crédits ouverts, au titre du budget de fonctionnement, par la loi de finances complémentaire pour 2007, au budget des charges communes ;

Vu le décret exécutif n° 07-236 du 21 Rajab 1428 correspondant au 5 août 2007 portant répartition des crédits ouverts, au titre du budget de fonctionnement, par la loi de finances complémentaire pour 2007, au ministre d'Etat, ministre de l'intérieur et des collectivités locales ;

Décète :

Article 1er. — Il est créé, au sein de la nomenclature du budget de fonctionnement du ministère de l'intérieur et des collectivités locales : Section II – Direction générale de la sûreté nationale, un chapitre n° 37-04 intitulé "Sûreté nationale – Dépenses relatives à l'organisation du championnat arabe de police de karaté".

Art. 2. — Il est annulé, sur 2007, un crédit de dix millions sept cent quarante mille dinars (10.740.000 DA) applicable au budget des charges communes et au chapitre n° 37-91 "Dépenses éventuelles – Provision groupée".

Art. 3. — Il est ouvert, sur 2007, un crédit de dix millions sept cent quarante mille dinars (10.740.000 DA) applicable au budget de fonctionnement du ministère de l'intérieur et des collectivités locales : Section II – Direction générale de la sûreté nationale et au chapitre n° 37-04 "Sûreté nationale – Dépenses relatives à l'organisation du championnat arabe de police de karaté".

Art. 4. — Le ministre des finances et le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur et des collectivités locales sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret qui sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 9 Dhou El Hidja 1428 correspondant au 18 décembre 2007.

Abdelaziz BOUTEFLIKA.

Décret exécutif n° 07-399 du 14 Dhou El Hidja 1428 correspondant au 23 décembre 2007 relatif aux périmètres de protection qualitative des ressources en eau.

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre des ressources en eau,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ;

Vu la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990, modifiée et complétée, relative à l'aménagement et l'urbanisme ;

Vu la loi n° 90-30 du 1er décembre 1990 portant loi domaniale ;

Vu la loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets ;

Vu la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau ;

Vu le décret n° 68-652 du 26 décembre 1968, modifié et complété, fixant les conditions dans lesquelles les personnes privées peuvent conclure des contrats ou marchés d'études avec les services du ministère des travaux publics et de la construction ;

Vu le décret n° 81-167 du 25 juillet 1981, modifié, portant création de l'institut national des ressources hydrauliques ;

Vu le décret présidentiel n° 07-172 du 18 Joumada El Oula 1428 correspondant au 4 juin 2007 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 07-173 du 18 Joumada El Oula 1428 correspondant au 4 juin 2007 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 91-178 du 28 mai 1991, modifié et complété, fixant les procédures d'élaboration et d'approbation des plans d'occupation des sols ainsi que le contenu des documents y afférents ;

Vu le décret exécutif n° 02-187 du 13 Rabie El Aouel 1423 correspondant au 26 mai 2002 fixant les règles d'organisation et de fonctionnement des directions de l'hydraulique de wilayas ;

Vu le décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source ;

Vu le décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels ;

Vu le décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement ;

Décrète :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 40 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les conditions et les modalités de création et de délimitation des périmètres de protection qualitative des ressources en eau, la nomenclature des périmètres de protection requis pour chaque type d'ouvrage ou d'installation de mobilisation, de traitement et de stockage d'eau, ainsi que les mesures de réglementation d'activités dans chaque périmètre de protection qualitative.

CHAPITRE I

DE LA NOMENCLATURE DES PERIMETRES DE PROTECTION QUALITATIVE

Art. 2. — Conformément aux dispositions de l'article 38 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, susvisée, et selon les nécessités de prévention des risques de pollution, la protection qualitative des ressources en eau est assurée par trois types de périmètres de protection :

— le périmètre de protection immédiate qui a pour but d'empêcher l'introduction directe de substances polluantes dans l'eau. Son étendue est constituée par les terrains d'emprise des ouvrages et installations de mobilisation, de traitement et de stockage d'eau ;

— le périmètre de protection rapprochée qui a pour but d'empêcher la dégradation de la qualité de l'eau par migration souterraine ou superficielle de substances dangereuses, toxiques ou indésirables à partir des lieux d'émission des pollutions. Son étendue est déterminée notamment sur la base du temps de migration entre le lieu d'émission de la pollution et le point de prélèvement de la ressource en eau ; celle-ci correspond, pour les eaux souterraines, à la zone d'appel du captage ;

— le périmètre de protection éloignée qui a pour but de prolonger le périmètre de protection rapprochée pour renforcer la protection contre les risques de pollutions chroniques, diffuses ou accidentelles. Son étendue correspond à la surface comprise entre la limite du périmètre de protection rapprochée et la limite du bassin versant pour les eaux superficielles ou du bassin d'alimentation pour les nappes d'eau souterraine.

Section 1

Champ d'application

Art. 3. — Conformément aux dispositions législatives en la matière, font l'objet, d'une protection qualitative par l'établissement de périmètres de protection immédiate, rapprochée et éloignée :

- les captages de sources, les forages et les puits de mobilisation des eaux souterraines ;
- les barrages, les retenues collinaires et les prises d'eau de mobilisation des eaux superficielles.

Art. 4. — La protection qualificative autour des parties vulnérables des nappes d'eau souterraine ou des oueds est assurée exclusivement par l'établissement d'un périmètre de protection rapprochée et d'un périmètre de protection éloignée.

Art. 5. — Dès lors que des ouvrages ou installations hydrauliques, tels que les stations de traitement d'eau, les installations de dessalement d'eau de mer, les stations de déminéralisation d'eau saumâtre et les réservoirs de stockage d'eau, ne sont pas exposés à un risque de dégradation de la qualité de l'eau par migration souterraine ou superficielle de substances polluantes, la protection qualitative autour de ces ouvrages et installations est assurée exclusivement par l'établissement d'un périmètre de protection immédiate.

Art. 6. — La protection qualitative autour des captages d'eaux minérales naturelles et d'eau de source est régie conformément à la réglementation en vigueur.

Section 2

De la procédure d'instauration des périmètres de protection qualitative

Art. 7. — La procédure d'instauration des périmètres de protection qualitative des ressources en eau est menée selon les modalités suivantes :

- réalisation d'une étude technique à l'initiative de l'organisme chargé de la création et de la délimitation des périmètres de protection qualitative ;
- communication de l'étude technique, pour avis et observations, aux institutions concernées par la création et la délimitation des périmètres de protection qualitative ;
- approbation de l'étude par l'administration chargée des ressources en eau ;
- instauration des périmètres de protection qualitative.

Art. 8. — L'initiative de la création des périmètres de protection qualitative des ressources en eau relève :

1. Pour les parties vulnérables des nappes aquifères et des oueds.

- l'agence nationale des ressources hydrauliques.

2. Pour les ouvrages et installations déjà existants :

- les établissements publics, les personnes morales de droit public ou privé ou toutes personnes physiques qui exploitent des forages, des puits et des captages de sources autres que celles évoquées à l'article 6 ci-dessus, en matière de mobilisation d'eaux souterraines ;

Art. 14. — Après examen de l'étude technique et différents avis émis au titre des dispositions de l'article 13 ci-dessus, celle-ci est approuvée par :

— l'administration de wilaya chargée des ressources en eau lorsque les périmètres de protection concernent une seule wilaya ;

— le ministre chargé des ressources en eau lorsque les périmètres de protection concernent plusieurs wilayas.

Art. 15. — Sur la base des résultats de l'étude technique approuvée, la création et la délimitation des périmètres de protection qualitative sont prononcées :

— par arrêté du wali territorialement compétent lorsque les périmètres de protection concernent une seule wilaya ;

— par arrêté du ministre chargé des ressources en eau lorsque les périmètres de protection concernent plusieurs wilayas.

Art. 16. — Les arrêtés doivent déterminer notamment :

— la délimitation des périmètres de protection qualitative ;

— les mesures d'interdiction ou de limitation des activités et de protection des ressources en eau concernées ;

— les mesures de surveillance et/ou d'alerte pour chaque catégorie de périmètre.

Art. 17. — Lorsque les périmètres de protection de deux ou plusieurs points de prélèvement des ressources en eau sont mitoyens ou rapprochés et que ceci risque d'influer sur leur délimitation ou sur la détermination des mesures qui leur sont applicables, et lors de l'approbation de l'étude prévue par les dispositions de l'article 13 ci-dessus, l'autorité chargée de cette approbation est tenue :

— de veiller à la cohérence de la délimitation des périmètres ;

— de veiller à la cohérence générale des mesures d'interdiction ou de limitation des activités ou de protection des ressources en eau.

CHAPITRE II

MESURES DE REGLEMENTATION DES ACTIVITES

Art. 18. — La réglementation des activités à l'intérieur des périmètres de protection qualitative est constituée de mesures d'interdiction, de limitation des activités ou de protection des ressources en eau. Ces mesures doivent expressément être énoncées par les dispositions de l'arrêté portant création des périmètres de protection.

Art. 19. — Dans tous les cas, les interdictions ou limitations des activités ou mesures de protection des ressources en eau émises par les dispositions de l'arrêté sont intégrées dans les plans d'occupation des sols et dans tous les instruments d'aménagement du territoire relevant de la commune ou de la wilaya concernée.

Art. 20. — Sous réserve des dispositions de l'article 77 (alinéa 7) de la loi n° 05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, susvisée, à l'intérieur du périmètre de protection immédiate, toutes les activités sont interdites à l'exception de celles ayant pour objet l'entretien des ouvrages et installations hydrauliques.

Art. 21. — A l'intérieur des périmètres de protection rapprochée et éloignée :

1. Pour les activités relevant des établissements classés selon les dispositions du décret exécutif n° 06-198 du 4 Jomada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006, susvisé, l'autorisation préalable de création de l'établissement classé doit prendre en charge les interdictions et limitations d'activités ou mesures émises par les dispositions de l'arrêté.

2. Pour les activités ne relevant pas des établissements classés, mais concernés par des mesures d'interdiction et de limitation des activités ou de protection des ressources en eau instituées par les dispositions de l'arrêté portant création des périmètres de protection concernés, aucune autorisation de travaux, permis de construire, ou tout acte permettant une occupation non conforme à ces mesures ne peuvent être établis ou octroyés sans l'avis du directeur de wilaya chargé des ressources en eau qui s'assure que toutes les mesures d'interdiction, de limitation ou de protection des ressources en eau sont respectées et sans l'autorisation expresse du wali concerné.

Art. 22. — Dans un délai de deux (2) ans à compter de la date de promulgation de l'arrêté instaurant les périmètres de protection qualitative, l'ensemble des activités existant à l'intérieur de ces périmètres doivent être mis en conformité avec les mesures d'interdiction, de limitation ou de protection fixées par l'arrêté concerné.

Art. 23. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 14 Dhou El Hidja 1428 correspondant au 23 décembre 2007 .

Abdelaziz BELKHADEM.

— — — — ★ — — — —

Décret exécutif n° 07-400 du 14 Dhou El Hidja 1428 correspondant au 23 décembre 2007 modifiant et complétant le décret exécutif n° 95-143 du 20 Dhou El Hidja 1415 correspondant au 20 mai 1995 portant transformation du centre national d'alphabétisation en office national d'alphabétisation et d'enseignement pour adultes.

— — — —

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre de l'éducation nationale,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu le décret présidentiel n° 07-172 du 18 Jomada El Oula 1428 correspondant au 4 juin 2007 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

