

UNIVERSITE SAAD DAHLAB –BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et Environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Ressources Hydrauliques**

Thème

Impact des lâchers du barrage de Kef Eddir sur la recharge de la nappe d'oued Damous (wilaya de Tipaza)

Présenté par

KADIR Samra

Devant le jury composé de :

M. M. BESSENASSE	Professeur, U. de Blida	Président
M. DJ. BENSAFIA	M.C.B, U. de Blida	Examineur
M. B. REMINI	Professeur, U. de Blida	promoteur
Mme. W. HALLOUCHE	M.C.B, U. de Blida	Co-Promotrice

Promotion 2019/2020

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Je remercie fortement Mme Hallouche W et M Remini B de m'avoir orienté par leurs conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail

Je suis très reconnaissante à messieurs les membres de jury qui m'ont fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Un énorme merci à M Bensafia DJ et tous les enseignants du département d'Hydraulique qui ont contribué à mon formation jusqu'à la fin du cycle universitaire.

J'exprime mes profonds respects et chaleureux remerciement à tous les personnels de barrage Kef Eddir pour l'aide qu'ils ne sont pas hésités à m'apporter tout au long de mes expérimentations.

Je tiens à remercier ici de tout mon cœur tous ceux qui, de près ou de loin ont prié pour moi, et ont voulu contribuer à m'aider pour la réalisation avec succès de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ *Ma très chère mère à la lumière de ma vie Pour tout le soutien moral et matériel dont elle a fait preuve pour que je réussisse et à qui je serai éternellement reconnaissant. Qu'ALLAH puisse accorder à ma mère longue vie afin qu'elle puisse trouver en moi toute gratitude et l'attention voulue.*

- ❖ *Mes sœurs : Nora et Wahiba qui m'aider toujours surtout son grand soutien moral.*

- ❖ *Mes frères : Rafik, Mohamed, Nor Eddin et Rida pour leur soutien et prière.*

- ❖ *Mes chers amis : Radia, Sabrina, Nihade, Warda et toutes les filles de la cité 05 Soumaa et les collègues de la promotion 2020.*

- ❖ *Toute personne a participé à la réalisation de ce travail.*

ملخص

إن إنشاء سد على مجرى مائي بالإضافة إلى الاستغلال غير المنقطع للمكمن المائي يؤدي إلى انخفاض هام للمستوى البيزومتري للمياه الجوفية. من أجل موازنة هذه الحالة، تعتبر التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية عن طريق إطلاق مياه السد ضرورية. تسمح هذه التقنية بموازنة حوصلة الجريان و تحسين نوعية المياه الجوفية باستخلاف المياه المستخرجة بإضافات من المياه السطحية.

تمت هذه الدراسة بحالة سد كاف الدير . يمكن لمتابعة التغير البيزومتري أسفل السد إعطاء نتائج حول الصعود البيزومتري للمكمن المائي .

مفتاح الكلمات

تغذية اصطناعية - سد كاف الدير - مكمن مائي - نفاذية - غيض .

Résumé

La réalisation d'un barrage sur un cours d'eau conjuguée à l'exploitation sans cesse de la nappe a pour conséquence un abaissement inquiétant du niveau piézométrique de la nappe. Pour palier à ce déséquilibre, la recharge artificielle de la nappe grâce à des campagnes de lâchers des eaux du barrage sous forme d'ondes de crues s'avère nécessaire. Cette technique permet d'équilibrer le bilan des flux et de modifier la qualité de l'eau de l'aquifère en compensant les prélèvements par des apports complémentaires artificiels. Notre étude s'intéresse au cas de barrage Kef Eddir. Le suivi de la piézométrie dans le temps et dans l'espace à l'aval de ce barrage nous a permis de voir l'impact des lâchers sur le niveau de la nappe.

Mots-clés

Lâchers – Recharge artificielle – Barrage Kef Eddir – Nappe alluviale – Perméabilité.

Abstract

The dam construction on the flowing water valley besides the continuously exploitation of the aquifer leading to drawdown of the piezometric level of the aquifer. For balancing the status, it is necessary to apply the artificial recharge of groundwater through the necessary dam waters. This technique allowed to balance the budget of flow and improve the quality of groundwater by supplements of surface water in place of the exerted groundwater. This study interests for Kef Eddir dam by watching and following the piezometric changing downward the dam giving the results or idea about the piezometric rising for aquifer.

Keywords

Floods – Artificial recharge – Kef Eddir dam – Alluvial aquifer – Permeability.

Table des Matières

Introduction générale	01
------------------------------------	----

Chapitre I : Présentation de zone d'étude.

1- Présentation du barrage	03
1-1-Situation	03
1-2-Description du barrage.....	03
1-3- le bassin versant	05
2-Etude géologique	07
2-1-Géologie du bassin versant	07
2-2-Géologie de l'oued	08
2-3- Perméabilité du site	10
Conclusion	10

Chapitre II: la recharge des nappes.

1- La recharge des nappes	11
2-Les Principales techniques	11
3-Objectifs de la recharge	13
4-Inconvénients de la recharge artificielle des nappes	13
5-La recharge artificielle des nappes dans le monde	14
5-1-La recharge en Tunisie	15
5-2-La recharge Au Maroc.....	16
5- 3-La recharge en Algérie	16
5-3-1-Recharge artificielle de la nappe dans la Mitidja	16
5-3-2-Les résultats de ces expériences	17
5-3-2-Des exemples pour la recharge artificielle des nappes avec les eaux usées épurées	18
5-3-3-Exemples des lâchers des barrages en Algérie	19
Conclusion	19

Chapitre III : Les lâchers du barrage de Kef Eddir.

Introduction.....	21
1-Situation des puits	21
2- Résultats des lâchers du barrage de Kef Eddir	23

Conclusion générale

Les références bibliographiques	30
--	----

Liste des figures

Figure 01: Situation du barrage Kef Eddir	03
Figure 02 : Localisation du barrage Kef Eddir	04
Figure 03: Vue générale du barrage Kef Eddir.....	05
Figure 04 : Réseau hydrographique.....	06
Figure 05 : Bassin versant de l'oued Damous.....	07
Figure06 : Différentes méthodes de recharge artificielle des nappes	12
Figure 07 : Illustration du rôle de la recharge artificielle dans l'augmentation de la capacité d'extraction d'un aquifère	13
Figure 08:Emplacement des sites de la recharge artificielle des nappes en Australie en 2004	
Figure 09: Différents systèmes de recharge existants dans la plaine de la Mitidja	17
Figure 10: Localisation des puits étudiés	21
Figure11: Répartition des puits dans l'oued Damous	22
Figure 12 : Niveaux piézométriques avant le lâcher d'autres explications.....	23
Figure 13: Niveaux piézométriques pendant le lâcher	23
Figure 14 : Niveaux piézométriques après les lâchers.....	24
Figure 15 : Niveaux piézométriques de toutes les périodes de mesures.....	25
Figure 16 : Perméabilité des deux rives.....	25

Liste des tableaux

Tableau N 01: Caractéristiques principales des différentes formations lithostratigraphiques de l'oued	09
Tableau N 02 : Recharge artificielle des nappes de quelque pays dans le monde	14
Tableau N 03: Les Sites potentiels de recharge artificielle des nappes avec les eaux usées épurées	18
Tableau N 04 : Les rayons d'action des puits (km)	21
Tableau N 05: Résultats des lâchers	26

Liste des abréviations

AEP : Alimentation En eau Potable

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydraulique.

DRE : Direction des Ressources Eau.

EUE : Eaux Usées Epurées.

NP : Niveau Piézométrique.

P : Puits.

STEP : Station d'Épuration.

Introduction générale

Introduction générale

La consommation croissante d'eau dans tous les pays conduit parfois à une surexploitation des ressources naturelles, le manque d'eau dans certains pays en développement et la pollution de l'eau dans les pays industrialisés ont fait que les gestionnaires de l'eau ont étudié toutes les possibilités pour conserver l'eau quantitativement et qualitativement par la recharge artificielle des nappes [1].

Les objectifs d'une réalimentation de nappe peuvent être très différents d'un site à un autre. Un projet de recharge artificielle de nappe est donc avant tout multidisciplinaire. Il regroupe un grand nombre des disciplines des sciences, hydrogéologie, hydrologie et climatologie, hydraulique, chimie, biologie, géotechnique, génie-civil, mécanique, sociologie, économie, etc. Il doit être envisagé comme une solution alternative, tant technique qu'économique, aux solutions plus classiques telles que interconnexion, ressource de substitution, barrage, traitement... [1].

Les techniques de recharge artificielle par les lâchers dans les lits des oueds sont les plus utilisées en raison de leurs efficacités techniques et économiques et de la disponibilité saisonnière de l'eau, elle apparaît comme étant un moyen efficace d'établir une meilleure gestion des ressources en eau [2].

Ces techniques nécessitent un barrage réservoir en amont pour la régulation des écoulements de l'oued et éventuellement un aménagement du lit de l'oued. L'efficacité de la recharge par les lâchers des barrages dépend de la quantité d'eau mobilisable, sa qualité (matières en suspension et composition chimique), de la capacité de stockage et des caractéristiques de l'aquifère [2].

Dans cette optique, la wilaya de Tipaza a bénéficié du barrage de Kef Eddir dans la commune de Damous et qui a été mis en exploitation en décembre 2015 [3].

Avant la construction du barrage de Kef Eddir, la nappe phréatique de la plaine de Damous était alimentée par l'infiltration des eaux de l'oued Damous. Mais après la fin des travaux de réalisation de cet aménagement, cette réalimentation est assurée grâce aux lâchers [3].

Dans cette étude, notre but est de connaître l'impact des lâchers du barrage de Kef Eddir sur la nappe phréatique à l'aval de l'oued Damous. Grâce à 13 puits répartis le long du lit de l'oued Damous (trois sur la rive droite et les autres sur la rive gauche), les niveaux piézométriques ont été relevés avant pendant et après les lâchers. L'analyse des résultats a tenu compte de la perméabilité du sol du rayon d'action et de la pente du site. Une enquête sur le terrain auprès des agriculteurs a aussi été menée dans le but de récolter les appréciations de ces derniers sur l'effet des lâchers.

Chapitre I

Présentation de zone d'étude

1- Présentation du barrage

1-1- Situation

Le barrage de Kef Eddir est situé sur l'oued Damous dans la Wilaya de Tipaza, à environ 8 km au sud de la ville de Damous (Figure 01) .

La ville de Damous avec une superficie de 11204 Ha est limitée administrativement par trois wilayas (Tipaza, Chlef et Ain Defla) [3].

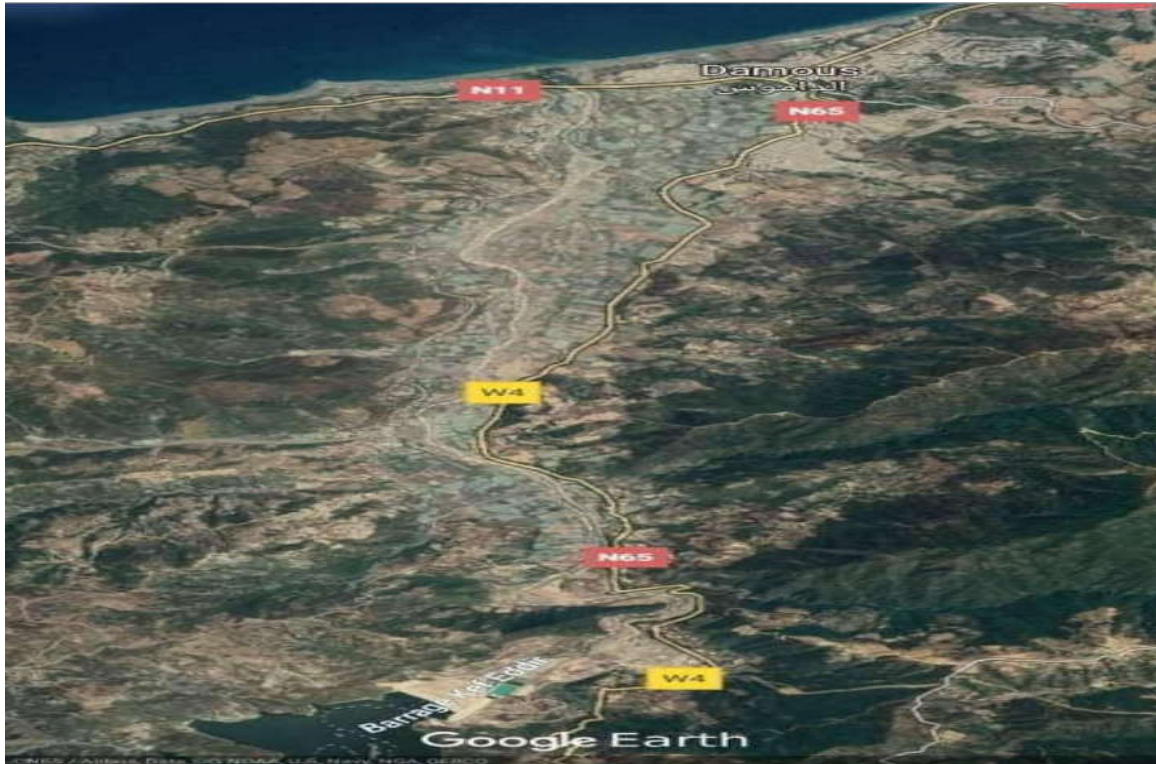


Figure 01: Situation du barrage Kef Eddir [Google Earth 03-08-2020].

1-2-Description du barrage

Le barrage de Kef Eddir a une longueur en crête de 478 m et une largeur en crête de 10 m. Sa hauteur maximale au-dessus de sa fondation est de 95,00 m avec cambrure (niveau maximum en crête 121,00 m) [4].

Ce barrage de capacité de 125 million m³ et il régularise annuellement 57,4 hm³ [4].

Il est destiné à satisfaire en eau potable et en irrigation les besoins de toute la région Ouest composée de trois wilayas Tipaza, Chlef et Ain Defla (figure02) [4].



Figure 02 : Localisation du barrage KEF EDDIR [4].

Le barrage est constitué de trois ouvrages principaux (Figure 03) [3]:

1- La digue

La digue du barrage est composée d'un noyau argileux protégé à l'amont et à l'aval par des filtres en sable. Elle a une hauteur de 93m et longueur en crête de 478 m et largeur en crête de 10m.

2- Evacuateur des crues

L'évacuateur de crues est un ouvrage dimensionné pour une crue décennale avec un volume de 2 620 m³/s. Il est situé sur la rive droite.

3- La galerie de dérivation provisoire et vidange de fond

La dérivation provisoire est composée d'une galerie en forme de fer à cheval, d'un bassin de dissipation et un canal de fuite. Elle est dimensionnée pour un débit de crue de 463m³/s pour 40 ans.



Figure 03: Vue générale du barrage Kef Eddir [3].

1-3- Le bassin versant

Le bassin versant d'Oued Damous se trouve dans une région montagneuse, le relief favorise la présence d'un réseau de drainage très développé dont la densité est supérieure à 2 km/km² [3].

La pente moyenne de l'oued principal est de 2%. La région délimitant l'oued Damous a un climat méditerranéen : saison chaude entre mai – septembre et une saison pluvieuse et humide entre Octobre –Avril [5].

Le bassin versant de l'oued Damous occupe une superficie totale de 482 km², en grande partie montagneuse (figure 04). Le cours principal de l'oued Damous draine la majeure partie du bassin [4].

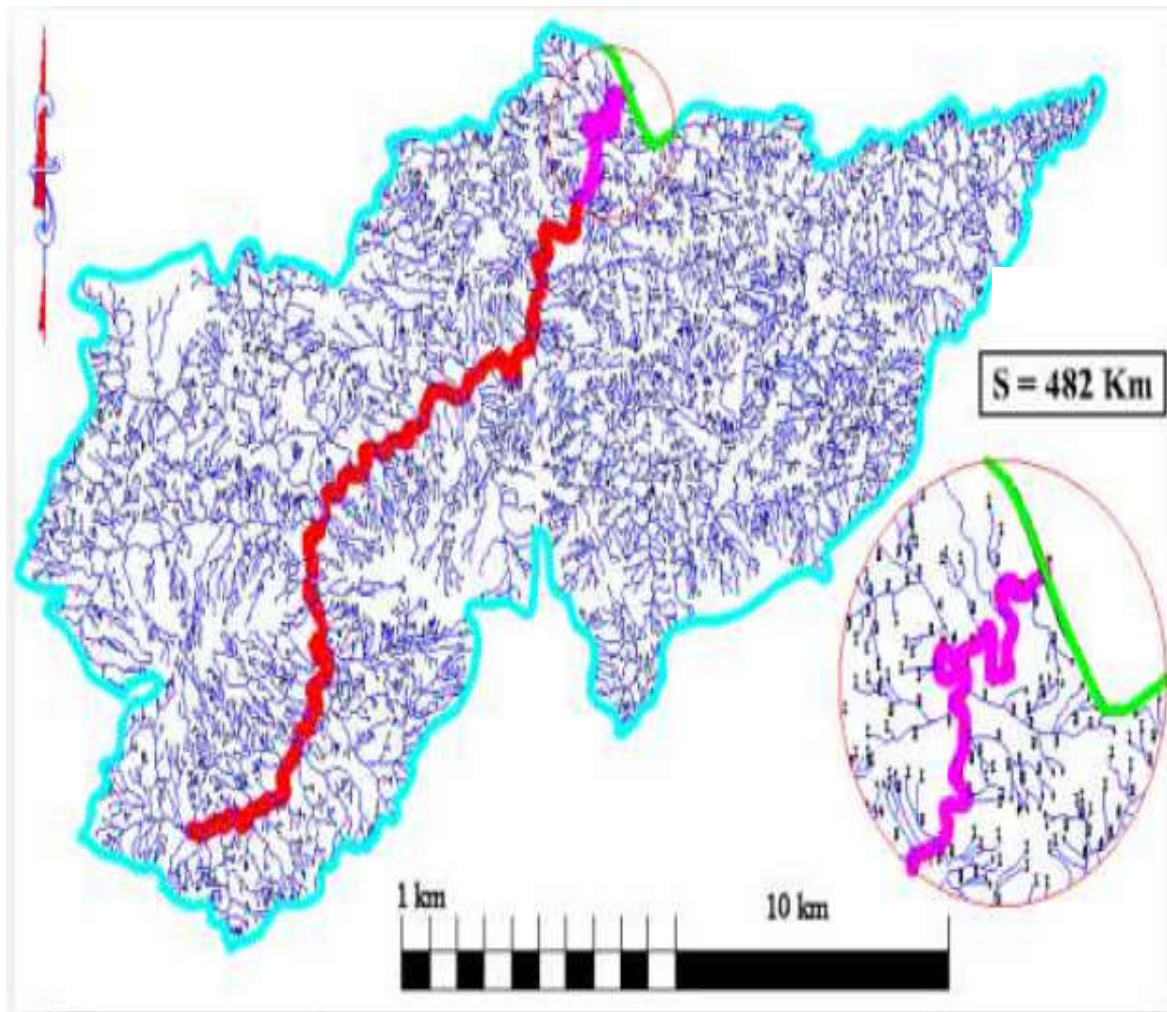


Figure 04 : Réseau hydrographique [5].

Les caractéristiques du bassin versant (Figure 05) se présentent comme suit [3]:

- Superficie du bassin versant : 482km².
- Longueur du Thalweg principal : 43km.
- Le périmètre P du bassin versant : P = 122km.
- Pente globale du bassin : (I) = 2%.

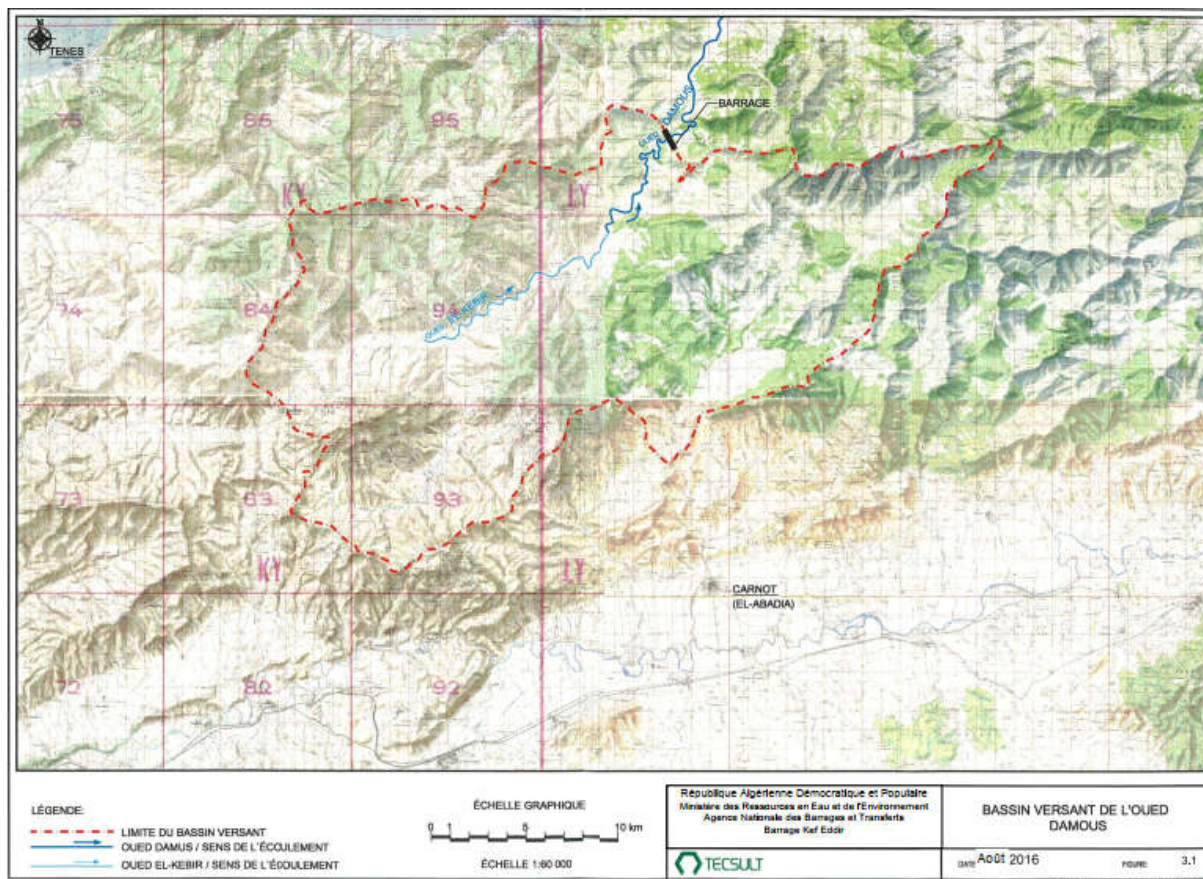


Figure 05 : Bassin versant de l'oued Damous [4].

2-Etude géologique

2-1-Géologie du bassin versant

La formation géologique correspondante dans le bassin versant de l'oued Damous est constituée essentiellement d'un ensemble marno-calcaire [3].

Les marnes sont des argiles consolidées qui contiennent une certaine proportion de calcaire et quand elles ne sont que peu calcaires, elles évoluent comme des argilites. Il est à noter que ces formations marneuses sont très fracturées.

Dans la zone côtière, les flysch sont présents sur les deux rives de l'oued Damous. Ils sont représentés par des dépôts hétérogènes comprenant notamment des argilites, des marnes, des grès et des conglomérats [3].

Dans le réservoir à la partie amont, les marnes affleurent le long des berges, et de minces lits gréseux apparaissent dans la masse rocheuse [3].

Les alluvions récentes se retrouvent essentiellement dans le lit actif de l'oued ils sont de texture grossière (cailloux, blocs, gravier et sable) mais on trouve aussi du silt et de l'argile en minces lits d'ordre centimétrique [3].

Par accentuation des méandres pendant le creusement de la vallée, des terrasses se sont formées tout le long de l'oued et sont constituées de matériaux granulaires grossiers avec des intercalations de matériaux fins comme le sable et le gravier stratifiés avec trace de silt et

argile et avec un pourcentage variable de cailloux et blocs arrondis [3].

Les alluvions anciennes sont essentiellement constituées de graviers, de cailloux et blocs arrondis dans une matrice silteuse et argileuse dû à l'altération de la fraction sableuse [3].

2-2-Géologie de l'oued

a- Rive droite

Dans la rive droite il existe une formation de dépôts colluvionnaires d'une épaisseur de 1,0 m à 6,5 m entre les niveaux 50 m et 74 m composé généralement d'une argile limoneuse à une argile sableuse avec un peu de gravier à graveleuse ainsi les dépôts éluvionnaires de 1,5 m à 11,5 m, constitué d'une argile limoneuse à un limon argileux avec un peu de sable à sableux et des traces de gravier à graveleux plus de ca on trouve une roche marneuse, dans l'axe du barrage, interceptée sous les dépôts éluvionnaire et colluvionnaire [3].

b- Lit de l'oued

Sous l'effet des crues , l'érosion et les ruissellements importants dans le lit l'oued , Il est occupe par les dépôts alluvionnaires récents d'une épaisseur maximale de 24 m constitué d'un limon sableux et graveleux avec un peu d'argile (de 1,5 à 3,5 m), et de sable graveleux à du gravier sableux de compacité moyenne à très dense en profondeur avec un socle rocheux, qui consiste dans une marne fissurée sur une profondeur de 16 à 18 m devenant par la suite plus saine . Le niveau de la nappe phréatique variant entre 0,88 m et 6,86 m de profondeur [3].

c- Rive gauche

Dans la rive gauche il existe une couche mince d'éluvions de faible épaisseur qui recouvre par endroit la surface et où la roche est souvent affleurante et la couche de colluvion avec 3,6 m d'épaisseur [3].

2-3- Perméabilité du site

L'étude lithostratigraphique de la région concernée, nous a permis d'approcher le comportement hydrogéologique des différentes formations dont les caractéristiques principales sont résumées dans le tableau 01 ci-dessous [3].

Lithologie	Type de porosité	hydrogéologique Comportement	Observation
Rive droite des sables, gravier des argiles des calcaires et des dépôts éluvionnaire	Interstice et Fissurations	Perméable à peu perméable	Constitue un aquifère
Lit de l'oued sable graveleux, gravier sableux limon sableux et graveleux avec un peu d'argile	Interstices	Perméable	Constitue un aquifère (Au niveau des terrasses)
Rive gauche la couche de colluvion	Fracturation et Interstice	Perméabilité faible	Faible ressources en eau.

Tableau 01: Caractéristiques principales des différentes formations lithostratigraphiques de l'oued.

Conclusion

Le barrage Kef Eddir est un ouvrage de retenue en terre de capacité de 125 million de mètre cube, est destiné à l'alimentation en eau potable et peut assurer la pérennité de l'irrigation, permettant ainsi le développement du secteur de l'agriculture de la région. Le bassin versant d'oued Damous se trouve dans une région montagneuse, avec une couverture végétale qui consiste des arbustes et buissons clairsemés, Avec une structure géologique constituée des différentes formations des sables, graviers, des calcaires, des argiles et les marnes ainsi des dépôts éluvionnaire, ce qui nous montre de voir des parties peu perméables à perméables dans tout le long de l'oued Damous.

Chapitre II

La recharge des nappes

1-La recharge des nappes

Nappe est la partie du sol saturée en eau où les interstices sont entièrement remplis d'eau [6].

Le devenir de l'eau de pluie est selon le volume et la durée des précipitations, la saison, la pente du terrain et sa nature, la perméabilité et les fissures de la roche, la surface de la zone de recharge et la végétation. Les eaux de pluie imprègnent davantage les nappes libres situées sous un sol perméable [7].

Les aquifères sont alimentées soit naturellement ou artificiellement.

Naturellement

Elles sont alimentées et reconstituent leurs réserves naturellement par : Les précipitations et fonte des neiges et à un moindre degré, les écoulements de surface (rivières et lacs) en automne et en hiver car les précipitations sont les plus importantes, l'évaporation faible, l'humidité des sols favorise l'infiltration, et les plantes consomment peu d'eau [7].

L'infiltration résulte naturellement d'un processus hydrologique par lequel les eaux de surface percolent à travers le sol et s'accumulent sur le premier horizon imperméable rencontré (banc d'argile ou de marne) [1].

Dans les zones arides, l'infiltration des crues dans oueds constitue le principal mécanisme d'alimentation des nappes phréatiques en régime naturel [2].

Artificiellement

La recharge artificielle des nappes est une pratique qui vise à augmenter les volumes d'eau souterraine disponibles en favorisant, par des moyens artificiels, l'infiltration d'eaux extérieures comme les rivières jusqu'à l'aquifère [1].

L'infiltration de l'eau est fonction de la porosité et de la perméabilité du sol, de la nature et l'épaisseur de la zone non saturée [8].

La réalimentation de la nappe est pratiquée dans :

- Les régions arides à pluviométrie saisonnière avec la mise en place d'un barrage qui permettra de reconstituer une réserve d'eau souterraine.

- Les villes où le débit d'exploitation de la nappe est supérieur à sa capacité donc pompage de l'eau et sa réinjection dans la nappe permet de la recharger et de produire une eau de bonne qualité par épuration naturelle [9].

3-Les Principales techniques

Les techniques de recharge artificielle sont (figure06) [7].

- Les bassins d'infiltration: Les méthodes d'infiltration consistent à faciliter l'infiltration de l'eau jusqu'à la nappe à partir de bassins spécialement aménagés.

Elles sont généralement utilisées pour réalimenter les nappes libres ou dans certains cas pour mettre en place des barrières hydrauliques.

- Les méthodes d'injection directe:

Les méthodes d'injection directe via des forages sont les méthodes les plus utilisées à travers le monde. Elles permettent de recharger des nappes captives afin d'en accroître le potentiel, ou encore de créer des barrières hydrauliques afin de contenir, maîtriser ou dévier des pollutions ou neutraliser un biseau salé.

- La recharge artificielle indirecte:

La recharge artificielle indirecte consiste à augmenter le transfert d'eau entre un cours d'eau et une nappe alluviale en mettant en place des sites de pompage souterrains à proximité des berges [7].

On distingue en général deux types d'eaux utilisées pour la recharge : les eaux de surface issues de cours d'eau et les eaux usées traitées [7].

Pour le traitement des eaux avant recharge, il n'est pas nécessaire dans le cas d'une injection artificielle d'eaux de surface de bonne qualité, il est en revanche indispensable quand on ré infiltre des eaux usées ou des eaux de surface de qualité insuffisante [9].

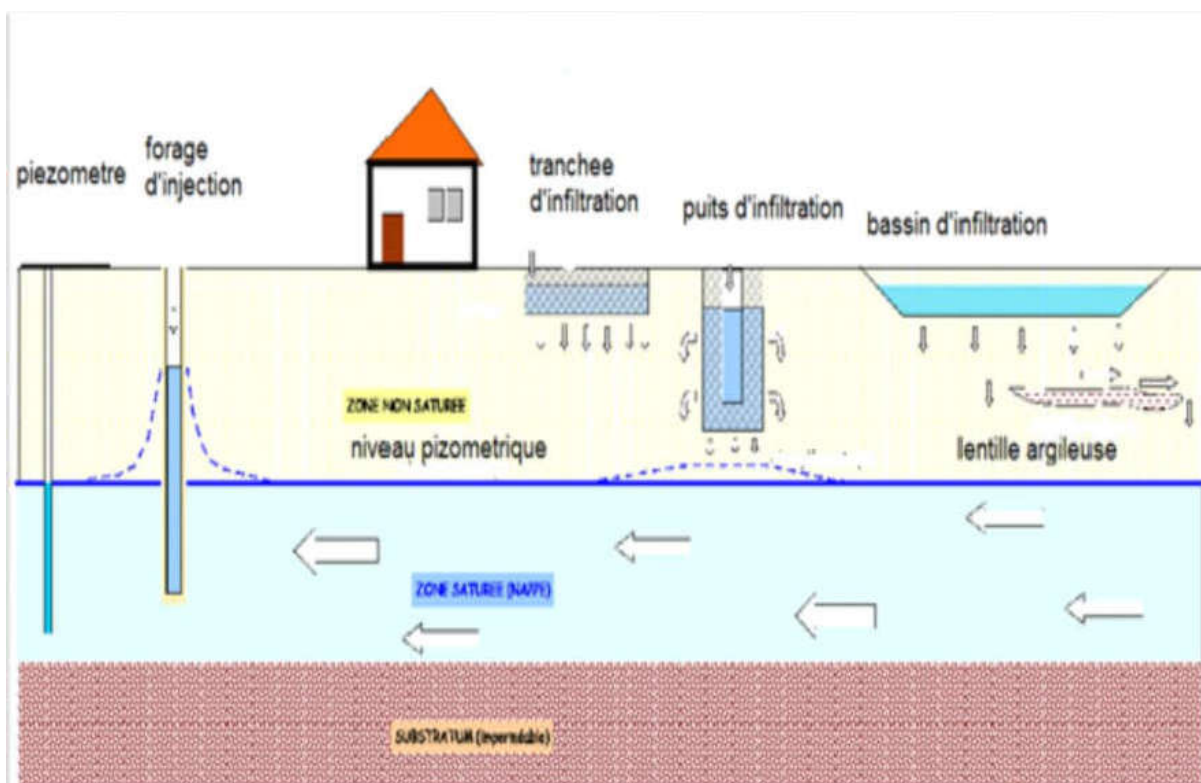


Figure 06 : Différentes méthodes de recharge artificielle des nappes [1].

3-Objectifs de la recharge

Les objectifs recherchés par la recharge artificielle sont multiples dont les plus importants sont l'amélioration de la ressource en eau tant sur les plans quantitatif que qualitatif (figure07) [1].

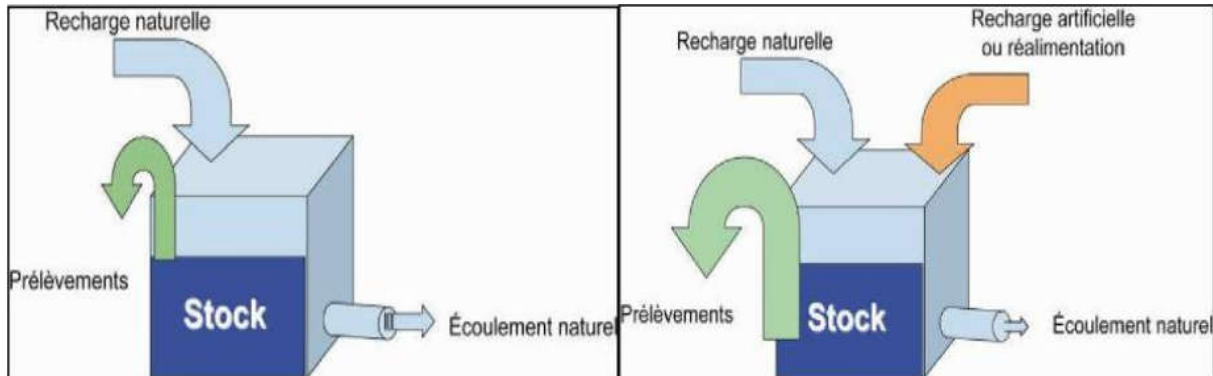


Figure 07: Illustration du rôle de la recharge artificielle dans l'augmentation de la capacité d'extraction d'un aquifère [1].

Les objectifs de la mise en place d'une recharge artificielle sont les suivants [7]:

- a. Le but premier de la recharge artificielle est la Restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable.
- b. Amélioration de la qualité des nappes : baisse des concentrations en certains éléments chimiques (par exemple nitrate, pesticides), soit par dilution, soit en utilisant le pouvoir d'autoépuration du sol. Ceci permet notamment la mise en œuvre de traitements de potabilisation finaux plus simples et plus économiques, mais également d'améliorer la protection de l'environnement.
- c. Protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée.
- d. Stockage des eaux pour une utilisation différée.

4- Inconvénients de la recharge artificielle des nappes

- a) Drainage d'une nappe phréatique par injection dans des couches profondes.
- b) Réduction du débit d'une rivière.
- c) Régulation thermique d'une ressource en eau.
- d) Le stockage souterrain des résidus liquides peut provoquer des risques sur le sous-sol en raison de la nature physico-chimiques de ces résidus liquides comme la détérioration de gisements minéraux et la dégradation d'eaux souterraines.
- e) Problème du colmatage: le colmatage est lié à l'apport, par l'eau infiltrée, de fines particules qui colmatent les pores du sol, mais aussi à des réactions physico-chimique biologique dans le sol entraînant, par exemple, le gonflement des argiles ou la prolifération des bactéries ou d'algues créant un film biologique, que l'on ne peut éliminer totalement car il participe à l'épuration des eaux infiltrées [1].

5-la recharge artificielle des nappes dans le monde

L'Europe a effectué des petits tests de recharge par puits durant l'industrialisation au 19^{ème} siècle, l'établissement de l'eau aux Pays-Bas, en Angleterre et en Allemagne utilisaient cette technique suite aux pollutions qui ont affecté les rivières [1].

En France, la production d'eau à partir des dérivations de rivière, une des techniques de recharge artificielle des nappes, atteint environ 50% de la production en eau potable. Aux Pays-Bas 13% de l'eau potable est assurée par la recharge artificielle des nappes. En Allemagne, 60% des besoins en eau potable de la ville de Berlin sont assurés à partir des techniques de recharge artificielle des nappes [1].

La plupart des pays industriels utilisent la recharge artificielle dans les aquifères alluviaux et poreux tels que les Etats-Unis (tableau02), le Canada, la Grande Bretagne, l'Australie (Figure08), la France, les Pays-Bas ainsi que l'Afrique du Sud, la Thaïlande, la Nouvelle-Zélande, le Koweït, les Emirats Arabes et d'autres [1].

Pays	Localisation du site	Type Réalimentation	Taille (Hab.)
ALLEMAGNE	Berlin	Percolation pour 15% Injection directe	3,4 millions
AUSTRALIE	Adelaide		1,1 millions
ESPAGNE	Barcelone	Injection directe	2,9 millions
ETATS-UNIS	Californie, Montebello Forebay	Percolation	
ETATS-UNIS	Orange County Water District, Californie	Injection directe	
ETATS-UNIS	West Basin, Californie		
ETATS-UNIS	Tucson, Arizona	Percolation	
ETATS-UNIS	Ville de Mesa, Arizona	Percolation	
FRANCE	Pecq-Cnissy	Percolation	
FRANCE	Moulle	Percolation	300 000
MEXIQUE	Mexico		18 millions
TUNISIE	Korba	Percolation	

Tableau 02 : Recharge artificielle des nappes de quelque pays dans le monde [10].

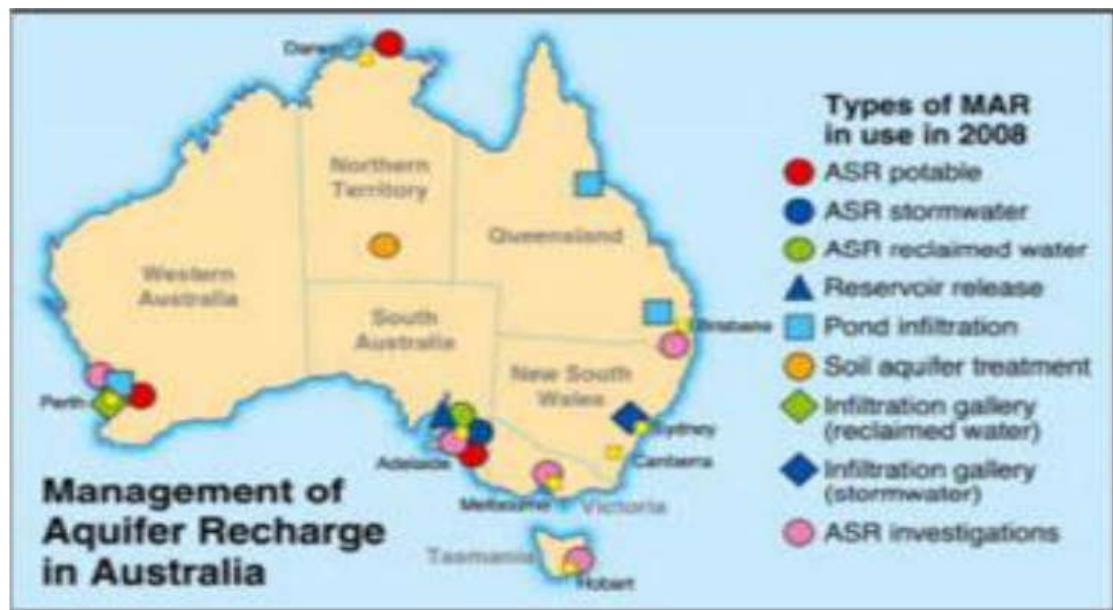


Figure 08: Emplacement des sites de la recharge artificielle des nappes
En Australie en 2004 [1].

5-1- La recharge en Tunisie

Des initiatives de recharge de nappes existent depuis 1992, représentant 64 million de m³ en 2006 sur 21 nappes souterraines selon le Rapport National sur l'Etat de l'Environnement de 2007 [11].

Des lâchers du barrage Nebhana sur des plaines d'inondation ont ainsi permis de réalimenter la nappe de Kairouan. Dans le Nord, l'eau de la vallée de la Medjerda est transférée jusqu'à la zone côtière de Ras El Jebel, puis infiltrée dans la nappe à travers une dizaine de sites, qui sont d'anciennes carrières ou des puits [11].

L'autre politique d'augmentation des ressources est la conception de périmètres irrigués qui utilisent des eaux superficielles provenant d'un bassin voisin. C'est le cas du périmètre de Ras El Jebel cité précédemment, ainsi que de plusieurs périmètres irrigués de la région du Cap Bon en Tunisie, où un réseau distribue de l'eau transférée depuis l'oued Medjerda [11].

Dans le cadre de la stratégie décennale de la Tunisie dans le domaine de la réutilisation des eaux usées traitées afin de lutter contre l'invasion marine de la nappe, un site de recharge par la réutilisation des eaux usées traitées a été mis en place depuis Décembre 2008. Le dispositif proposé comporte trois bassins d'infiltration de 1500 m² chacun, dont deux fonctionnent simultanément et un au repos. Les eaux de recharge sont issues de la station d'épuration de Korba après un traitement tertiaire, le volume moyen injecté est de 1500 m³/jour [11].

L'injection des eaux épurées en provenance des stations d'épuration dans les nappes. C'est l'exemple de la station de cap Bon en Tunisie, où environ un million de mètres cubes d'eau épurée en provenance de la station d'épuration de Nabeul ont été injectés dans les

nappes durant la période allant de 1986 à 1996 [11].

5-2-La recharge au Maroc

Cette technique est largement expérimentée depuis plus de 30 ans et les résultats sont excellents. Environ une dizaine de sites de recharge des nappes fonctionnent actuellement.

A titre d'exemple, pour éloigner l'intrusion marine d'eau salée et assurer un volume interannuel pour l'alimentation en eau potable de la ville de Tanger, un volume de 4,3 millions de mètres cubes d'eau a été injecté dans la nappe en 1984 [11].

Des seuils sur les oueds ont été construits pour favoriser l'infiltration des eaux de crue sur les oueds Ghmat (dans le Haouz) et Souss [11].

Au Maroc, le périmètre de Guerdane est alimenté à partir des lâchers du barrage en amont du bassin du Souss [11].

D'autres projets sont aussi à l'étude au Maroc:

Un périmètre irrigué dans la plaine du Saïss à partir du barrage Mdez en construction, un périmètre dans la Chaouia côtière à partir des eaux de l'Oum Rbia, et à plus long terme, le transfert des eaux stockées dans le Nord (principalement du barrage El Wahda) vers le centre du Maroc, ce qui permettrait à la fois d'apporter de l'eau potable et d'alimenter de nouveaux périmètres irrigués [11].

5-3- La recharge en Algérie

Plusieurs problèmes hydrauliques peuvent être solutionnés si on a recours à la recharge artificielle des nappes. La diminution dangereuse du niveau de la nappe de la Mitidja suite au pompage intensif de la nappe qui a engendré l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers de la plaine d'oued Nador.

Diverses techniques dans ce cas peuvent être utilisées : déviation des cours d'eau et réalisation des obstacles en gabionnage (afin de ralentir l'écoulement et accélérer l'infiltration), construction de retenues collinaires dans des endroits favorables à l'infiltration et la réalisation d'une série de bassins de décantation [11].

5-3-1- Recharge artificielle de la nappe dans la Mitidja

Il existe actuellement plusieurs systèmes de recharge dans la région centre dont la plaine de la Mitidja (figure09) [1]:

- 1) Par épandage d'eau de crues sur de grandes surfaces « Système Legros».
- 2) Par lâchers des barrages.
- 3) Système ANRH (2000): par bassins d'infiltration.
- 4) Système de retenues en « big-bag » (2002-2003).
- 5) Système des grands bassins (2003-2004) .
- 6) Injection d'eau dans les puits et forages .
- 7) Recharge artificielle des nappes avec les eaux usées épurées.

Au Nord de l'oued El Harrach amont, il existe :

- Un bassin de décantation des particules fines.
- Trois bassins destinés à l'infiltration des eaux, ces bassins sont alimentés par un canal d'amenée d'eau à partir de l'oued [1].

Au Nord-Ouest de site de l'ANRH à 3km il existe:

- 05 bassins ont été réalisés dans la région comprise entre Bouinan et Bougara qui rechargent la nappe avec un grand débit [1].

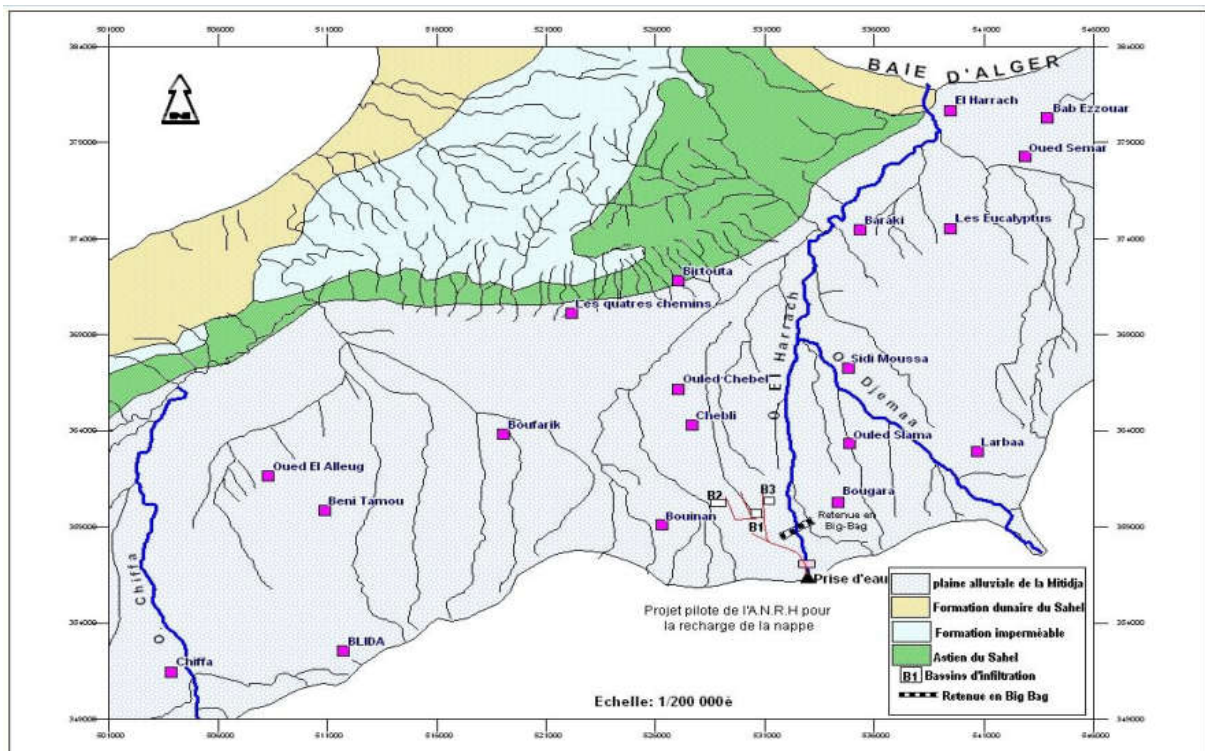


Figure 09: Différents systèmes de recharge existants dans la plaine de la Mitidja [1].

5-3-2- Les résultats de ces expériences

La stabilisation du niveau piézométrique après la fin de l'année 2000 est due à l'augmentation des précipitations et à l'installation d'un projet de recharge artificielle de la nappe par des assis d'infiltration à partir de l'oued El Harrach à partir de l'année 2005 par l'ANRH et la DRE de Blida [10].

Suite à la déviation du canal qui assurait l'alimentation des bassins d'infiltration réalisés par la DRE de Blida en 2004, une importante amélioration des niveaux de l'ordre de 38 m ont été enregistrés dans les environs de la région de Tabainet, entre la période d'avril 2005 et la période d'avril 2010, ce qui montre que l'alimentation de ces bassins a un impact direct sur la recharge de la nappe dans la région [1].

5-3-2- Des exemples pour la recharge artificielle des nappes avec les eaux usées épurées

Nom STEP	Nappe	Situation	Utilisation	Possibilité de recharge
Baraki (Alger)	Mitidja	Surexploitation	Irrigation et AEP	Difficilement envisageable à cause des risques sanitaires qui peuvent être engendrés.
Sidi Alilabhar et Abouda ou (Bejaïa)	Nappe côtière	Biseau salé	Irrigation et AEP	Solution palliative à approfondir pour valoriser l'excédent des EUE.
Zemmouri (Boumerdes)	Nappe côtière	Biseau salé	Irrigation et AEP	Possible pour la lutte contre la surexploitation de la nappe du littoral entraîne sans cesse une avancée du biseau salin.
Annaba (Annaba)	Nappe des salines	Biseau salé	Irrigation et AEP	Possible pour l'amélioration de la qualité dégradée de la nappe causée par l'avancée du biseau salin.
Skikda (Skikda)	Nappe alluviale de la vallée de Skikda	Biseau salé	Irrigation	Possible pour l'amélioration de la qualité dégradée de la nappe causée par l'avancée du biseau salin

Tableau 03: Les sites potentiels de recharge artificielle des nappes avec les eaux usées épurées [1].

5-3-3- Exemples des lâchers des barrages en Algérie

1) Barrage Ghrib et Deurdeur

Ces barrages participent à la recharge de la nappe alluviale de l'oued Cheliff [1].

2) Barrage de Boukourdane

Ce barrage participe à la recharge de la nappe alluviale de l'oued El Hachem .L'expérience réalisée au niveau de ce barrage par les services de l'hydraulique a permis d'accroître le volume de la nappe alluviale de la plaine de oued El Hachem [11]. Les opérations des lâchers par la vidange de fond ont un effet positif. Puisque le niveau de la nappe augmente même dans les endroits critiques, et ont permis de lutter contre l'intrusion des eaux marines, et prévenir l'accumulation des particules fines qui réduisent la perméabilité

du sol [11].

3) Barrage Bouroumi (El Moustakbal) dans la Mitidja Ouest

Conçu initialement pour l'irrigation de la Mitidja Ouest, les eaux des lâchers de ce barrage barrage transitent par le cours d'eau naturel sur une distance de 13 km et arrivent au barrage de Mouzaïa. Les volumes lâchés varient de 20000 à 188 000 m³/J selon leur destinée (Alimentation en eau potable, irrigation) [12].

4) Barrage Béni Haroun (MILA)

Les importantes quantités de pluies enregistrées ont rempli "d'une manière précoce" à 100% le barrage Béni Haroun ayant nécessité le même jour de remplissage un lâcher de transitent par le cours d'eau naturel sur une distance de 13 Km et arrivent turbides au 578.000 m³, a précisé un responsable. Les lâchers se sont ensuite poursuivis du fait des pluies considérables recueillies par le bassin versant du barrage couvrant la wilaya de Mila et les wilayas voisines.

Durant la saison 2017/2018, les quantités d'eau lâchée avaient atteint 476.375.000 m³ [13].

Conclusion

Pour conclure, on peut dire que la ressource d'eau souterraine peut être renouvelée. Ce renouvellement ou recharge peut se faire naturellement surtout par infiltration des précipitations ou artificiellement par divers moyens.

La recharge artificielle des nappes est une pratique émergente qui vise à augmenter les volumes d'eau en favorisant par des moyens artificiels son infiltration jusqu'à l'aquifère.

Plusieurs problèmes hydrauliques peuvent être solutionnés si on a recours à la recharge artificielle des nappes. Pour une gestion plus rigoureuse du point de vue qualitatif et Quantitatif la recharge artificielle représente une technique efficace.

Chapitre 03

Les lâchers du barrage de Kef Eddir

Introduction

La nappe de l'oued Damous à l'aval du barrage Kef Eddir est la seule ressource en eau disponible. Elle est actuellement exploitée par les agriculteurs sans réel contrôle ce qui engendre la baisse sensible de son niveau qui accuse toujours un déficit [3].

Notre étude est réalisée pour déterminer l'effet des lâchers du barrage de Kef Eddir sur l'alimentation de la nappe phréatique à l'aval.

1-Situation des puits

Le suivi des ondes lâchées et de leur amortissement le long du lit a été assuré grâce à des jaugeages de niveaux piézométriques de 13 puits (figure 10). Ces puits sont disposés le long de l'oued à des distances comptées à partir du barrage (tableau 04).

Les puits	Le rayon d'action (km)
1	3.661
2	3.707
3	3.777
4	4.191
5	4.411
6	4.915
7	5.015
8	5.743
9	4.259
10	4.326
11	4.333
12	5.615
13	5.68

Tableau 04 : Les rayons d'action des puits (km).

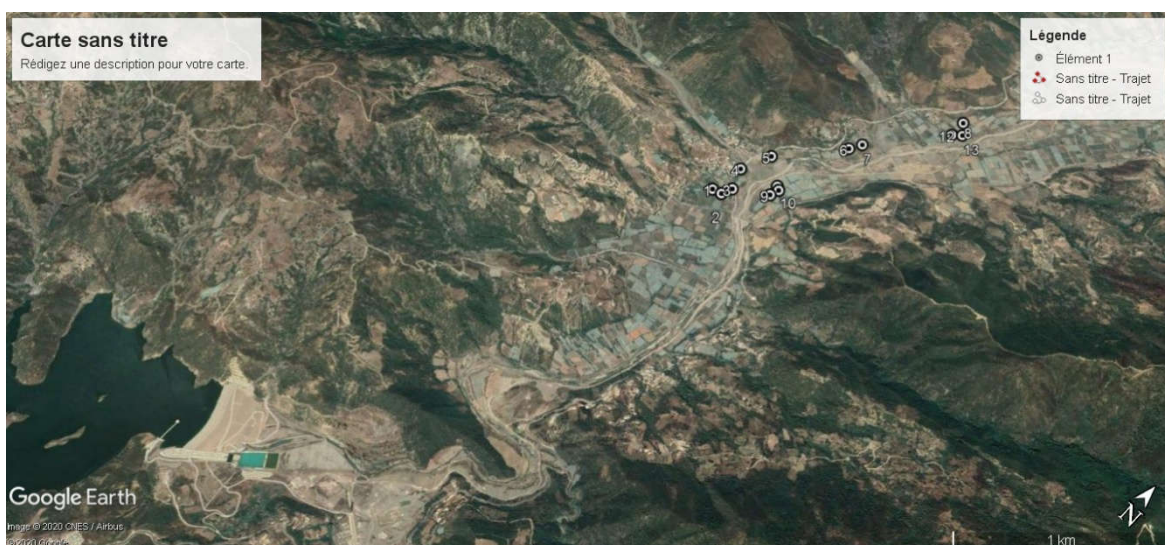


Figure 10: Localisation des puits étudiés [Google Earth 2020].

Les puits 9 ,10 et 11 se situent sur la rive droite qui est une zone constituée des couches perméables à peu perméables (sables, grès ou gravies). Au voisinage du lit de l’oued à gauche on trouve deux puits 12 et 13 dans un endroit avec une structure géologique peu perméable (calcaires, dolomies, grès fins à grossiers et des argiles).Pour les puits 1,2,3,4,5,6,7 et 8 ils se situent dans la rive gauche de l’oued, on les trouve dans une partie avec un comportement hydrogéologique peu perméable à imperméable (marnes et calcaires marneux, argiles) (figure11).

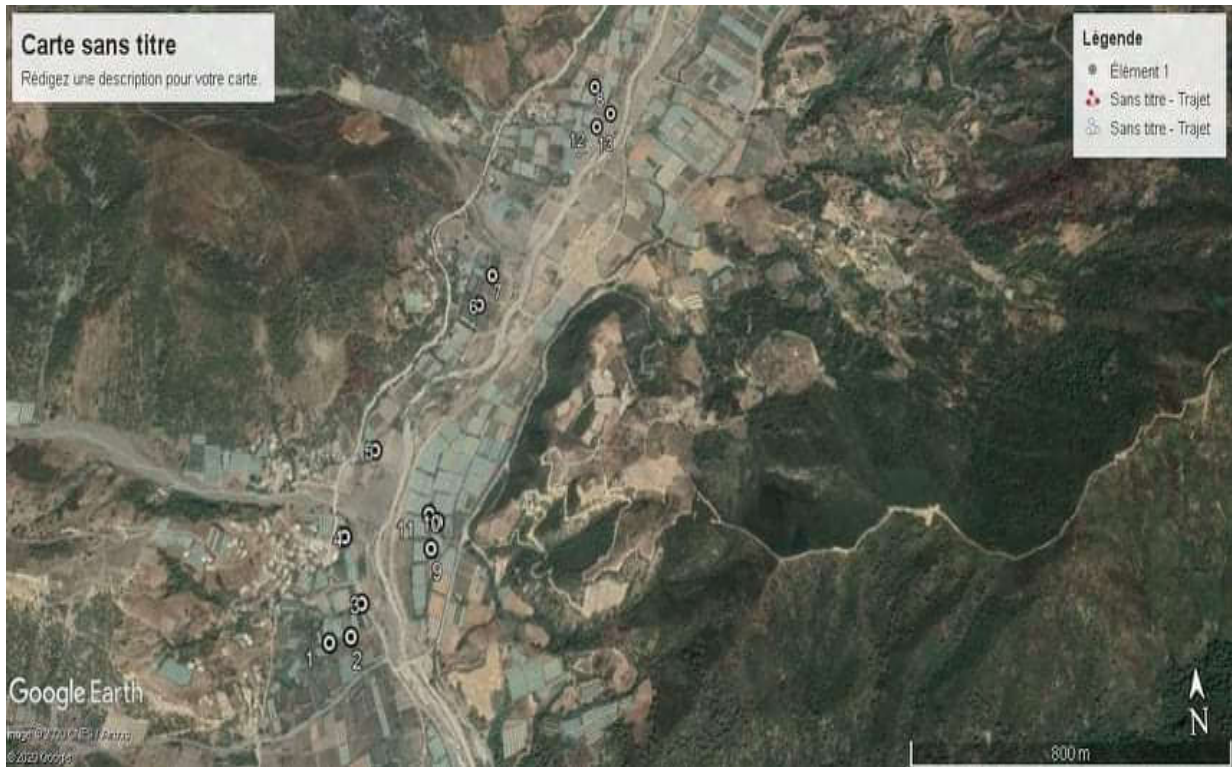


Figure11: Répartition des puits dans l’oued Damous [Google Earth 2020].

2- Résultats des lâchers du barrage de Kef Eddir

En prévision des lâchers du 4 mars et qui duré 18 jours et donc jusqu'au 22 mars 2020. Période au cours de laquelle 5 lâchers couvrant 120 heures ont été effectués, pour un volume mobilisé de 347 Mm³, des relevés des niveaux piézométriques des puits ont été faits le 2 mars. Les résultats de ces mesures sont représentés sur la figure 12.

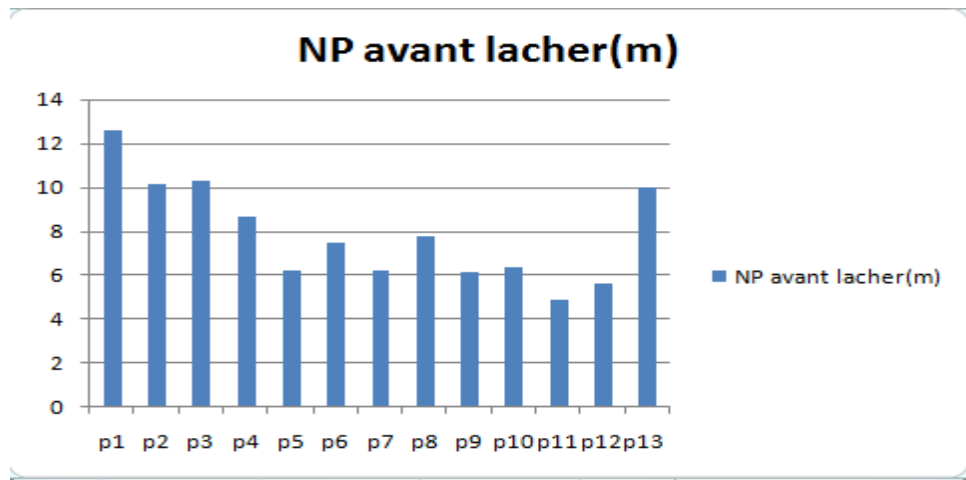


Figure 12 : Niveaux piézométriques avant les lâchers.

D'après histogramme avant les lâchers, on voit que le niveau piézométrique de la nappe varie entre 4.92 m dans le puits 11 de la rive droite et 12.60 m dans le puits1 de la rive gauche.

La nappe est chargée avec un niveau de 7.87 m d'eau.

Le 18 mars 2020, une deuxième mesure des niveaux piézométriques a été faite pendant l'écoulement des eaux lâchées dans l'oued. Les résultats sont montrés sur la figure 13.

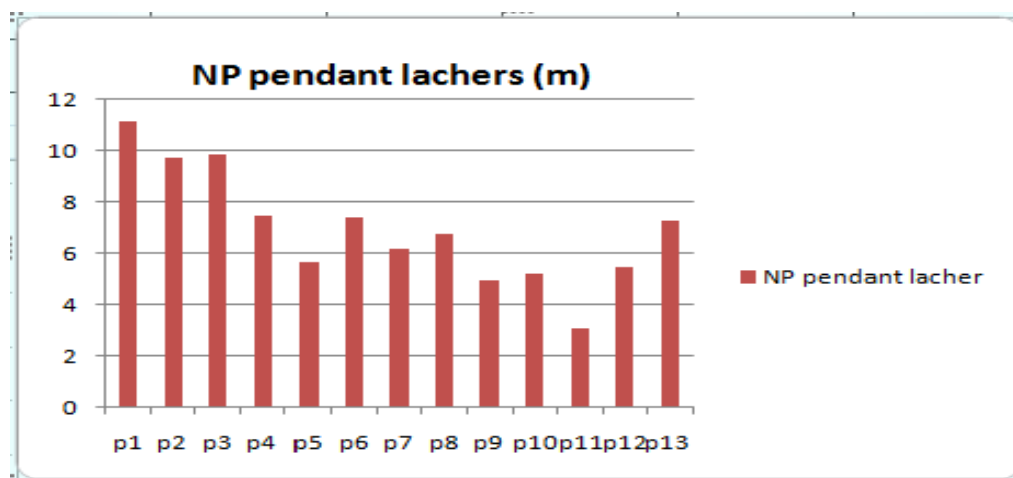


Figure 13: Niveaux piézométriques pendant les lâchers

Les mesures des niveaux de l'eau dans les deux rives pendant les lâchers ont été suivis dans les piézomètres et montrent une amélioration spectaculaire par rapport aux niveaux d'eau avant notamment dans les puits 11 et 13 où une remontée d'eau de 2 m est observée.

Le niveau piézométrique de la nappe varie entre 11.17 m et 3.10 m et donc une augmentation de niveau d'eau très remarquable par rapport aux premières mesures.

Dans les puits 4, 8, et 10 nous remarquons une amélioration de niveau d'eau de 1.15 m, alors que pour les puits 2, 3, 6, 7 et 12 une faible remontée de 0.10 m à 0.46 m est notée.

Les niveaux piézométriques obtenus après les lâchers au 15 avril 2020 sont représentées sur la figure 14.

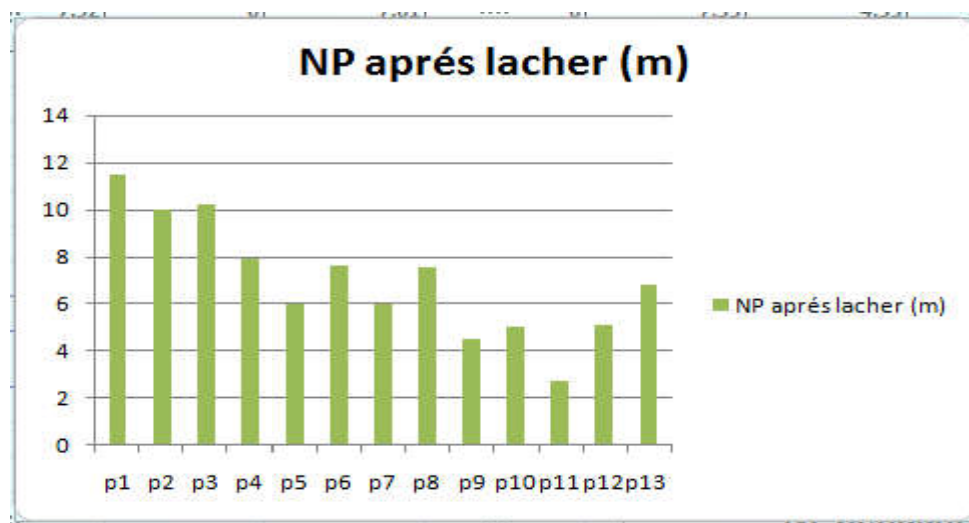


Figure 14 : Niveaux piézométriques après les lâchers.

Le but de ces mesures est de voir si le niveau d'eau est maintenu et nous remarquons que pour les puits 1, 3, 4, 5, 6 et 7 les niveaux d'eau sont restés les mêmes trois semaines après les lâchers des eaux. Alors que dans les puits 9, 10, 11, 12 et 13 une remontée respective de 0.50, 0.25m, 0.35m ,0.40m ,0.5m est remarquée par rapport aux premières mesures.

Dans le puits 8 nous remarquons une diminution du niveau d'eau avec une baisse de 0.85m.

La figure 15 représente les trois mesures piézométriques. Les puits sont placés du plus près au plus éloignés du barrage.

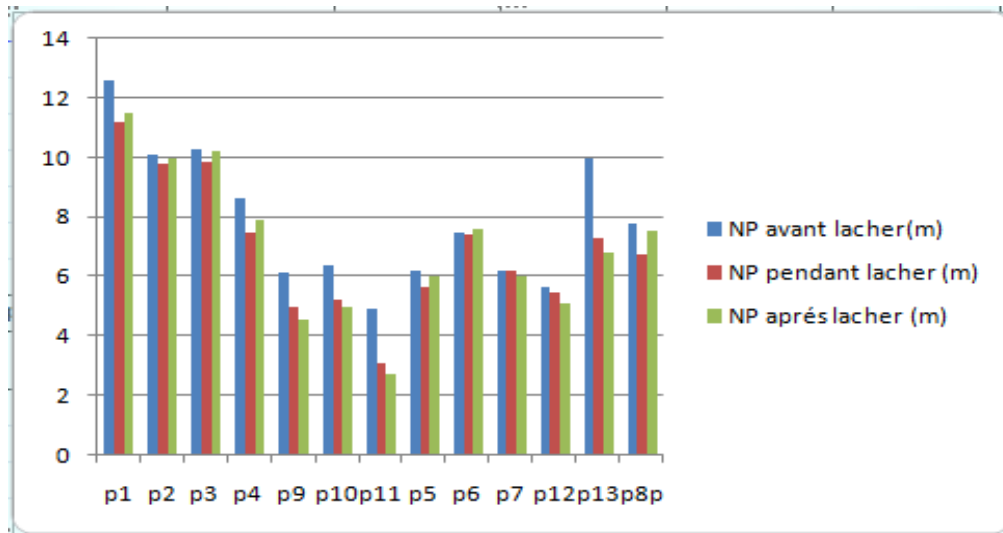


Figure 15 : Niveaux piézométriques de toutes les périodes de mesures.

On remarque que la recharge dans les puits plus près du barrage 1, 2, 3 et 4 est faible par rapport au puits 9, 10 et 11 qui se situent presque dans un même niveau (tableau04) avec une amélioration de 1 à 2m de remontée.

Le niveau d'eau dans les puits 5 (près du barrage), 6, 7, 8 et 12 (loin du barrage) est revenu à son état initial avec une remontée respective de 0.38m, 0.25m, 0.85m.

D'autre part dans le puits13, on remarque une bonne remontée du niveau d'eau avec plus de 2,5 m bien qu'il soit éloigné du barrage.

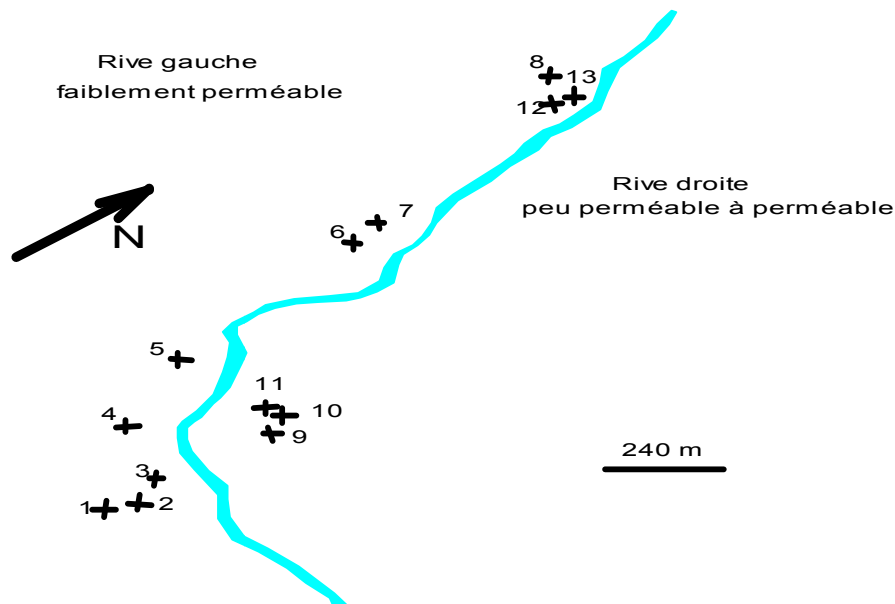


Figure 16 : Perméabilité des deux rives.

Dans les puits 9, 10 et 11 de la rive droite c'est la partie la plus perméable, on remarque que le niveau d'eau est plus élevé avec une remontée de plus de 2 m, alors que dans les puits 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 de la rive gauche qui est faiblement perméable, on voit une faible recharge d'eau.

Au voisinage du lit de l'oued à gauche une bonne recharge d'eau se réalise dans les puits 12 et 13 avec plus de 2.5 m de remontée surtout dans le puits 13.

Sur le tableau, les résultats sont récapitulés.

Puits	Position par au barrage	Rive	Résultat
1	Près	Gauche (moins perméable)	Bonne
2	Près	Gauche (moins perméable)	-
3	Près	Gauche (moins perméable)	-
4	Près	Gauche (moins perméable)	Moyenne
5	Près	Gauche (moins perméable)	-
6	Intermédiaire	Gauche (moins perméable)	-
7	Intermédiaire	Gauche (moins perméable)	-
8	Loin	gauche (moins perméable)	Moyenne
9	Près	Droite (plus perméable)	Bonne
10	Près	Droite (plus perméable)	Bonne
11	Près	Droite (plus perméable)	Bonne
12	Loin	Gauche (moins perméable)	Moyenne
13	Loin	Gauche (moins perméable)	Bonne

Tableau 05: Résultats des lâchers.

On remarque que le puits 13 et bien qu'il soit loin du barrage et sur la rive la moins perméable enregistre une bonne recharge, cela peut s'expliquer qu'il est près du lit et donc peu bénéficier de l'écoulement.

On note aussi la pente importante de la région est 2% ce qui favorise la vitesse de l'écoulement de l'oued vers l'aval et donc ne donne pas le temps à la nappe pour se recharger.

Les agriculteurs de la zone aval du barrage nous ont assuré que le niveau d'eau dans les puits augmentent sensiblement lorsque les lâchers sont effectués et plus le temps d'écoulement de

l'oued est long plus le niveau d'eau est élevé.

De plus, le niveau d'eau dans l'oued reste quelque peu élevé pendant une période de 5 à 10 jours après l'arrêt d'écoulement de l'oued mais après une longue période, ils remarquent que le niveau d'eau est clairement bas.

On conclut que l'expérience de recharge artificielle par les lâchers du barrage Kef Eddir a donné de bons résultats et surtout dans les endroits perméables (rives droite et le lit de l'oued) ce qui montre que l'alimentation de l'oued Damous par les lâchers du barrage Kef Eddir a un impact direct sur la recharge de la nappe de oued Damous.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'avenir du développement agricole régional dépend de manière évidente de la maîtrise de la ressource en eau souterraine et de la bonne gestion des ressources en eau disponibles. Le barrage Kef Eddir est parmi les mesures entrepris par l'état pour préserver cette ressource naturelle et assurer l'alimentation en eau potable et l'irrigation [3].

Le suivi des lâchers montre une variation et fluctuation du niveau pour les trois mesures piézométriques effectuées.

Avant de lâcher les eaux du barrage on remarque que le niveau d'eau varie entre 4.92 m dans la rive droite et 12.60 m dans la rive gauche mais après 15 jours le temps qu'on effectuer le premier lâcher on remarque une amélioration de niveau d'eau de la nappe dans tous les puits étudiés avec plus de 1m de remontée.

Les mesures des niveaux piézométriques dans l'oued Damous après les lâchers montrent que le niveau d'eau est maintenu pour les puits 1, 3, 4, 5, 6 et 7 alors que dans les puits 9, 10, 11, 12 et 13 on voire une lente remontée d'ordre de 0.5 m, d'autre part dans le puits 8 nous remarquons une diminution de recharge d'eau avec une baisse de 0.85m.

Une amélioration de recharge dans les puits 9,10 et 11 avec 2m de remontée par rapport aux puits 1, 2, 3, 4 qu'ils sont les plus près du barrage à une faible remontée d'eau, alors que la remontée d'eau dans les puits 5, 6 et 8 est très faible, elle est moins de 0.5m. De plus éloigné du barrage pour les puits 7, 12 et 13 le niveau d'eau est élevé avec plus de 1m.

Une bonne remontée de niveau d'eau se réalise dans la rive droite, qui est la partie plus perméable par contre dans la rive gauche on trouve peu de perméabilité alors une faible recharge d'eau.

On remarque qu'en général, les puits qui se situent près du barrage ou sur la rive droite plus perméable donne de meilleurs résultats.

D'autre part la pente importante du lit de l'oued (2%) qui favorise la vitesse de l'écoulement de l'oued vers l'aval ne donne pas le temps à la nappe pour se recharger.

L'enquête menée auprès des agriculteurs a montré la satisfaction de ces derniers qui nous ont assuré que le niveau d'eau dans les puits augmente sensiblement lorsque les lâchers sont effectués et que le niveau d'eau dans l'oued est élevé sur une durée de 5 à 10 jours.

La recharge artificielle de la nappe de Damous peut être assurée à partir des lâchers du barrage de Kef Eddir.

L'écoulement de l'eau dans l'oued Damous peut augmenter le taux d'humidité et la fertilité naturelle des sols à l'aval, et peut assurer le développement du secteur de l'agriculture.

Les références bibliographiques

- 1-Mousselmal Mohammed., Mars 2015., Contribution à l'étude de la recharge des nappes par procédés artificielles., PP60.
- 2-Yahaya Nazoumou., Mai 2002., Impact des barrages sur la recharge des nappes en zone aride., PP217., Université de Tunis El Manar.
- 3- Hamida Mohamed., 2016-2017., Impact de la mise en eau du barrage Kef Eddir sur la nappe phréatique à l'aval (Tipaza), PP48 .
- 4- ANBT., Aout 2016., Construction du barrage Kef Eddir (wilaya de Tipaza).
- 5-Delfi Bilel., Zaidi Kaddour., 2015-2016., Etude du transfert à partir du barrage Kef Eddir (Tipaza, Chlef, Ai Defla), PP 86.
- 6-<http://www.futurasciences.com/magazines/terre/infos/dico/d/geologie-nappephreatique-2530>.
- 7-<http://sigessn.brgm.fr/spip.php?article221>.
- 8-<http://sigesmpy.brgm.fr/spip.php?article369#1>.
- 9-<https://wikiwater.fr/e11-les-methodes-de-realimentation>.
- 10- Zemour Youcef., Maatallah Nadia., 2016., La recharge artificielle des nappes, Université de Mohamed Ben Ahmed Oran2.
- 11-Djamel BELAID., 2016 ., Algérie « La recharge de nappes phréatiques ».
- 12-BéninaTouaibia., Mohamed Touaibia., Bachir Benlaoukli., Abdelazi Bessalem., Mohamed Fewzi Sidi Moussa., 2014., Alimentation en eau potable, irrigation.
- 13 - les frères Bouadou ., Mercredi 17 Avril 2019., Algérie presse service.