

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : Conception des Systèmes d'Irrigation-Drainage

THEME :

**ETUDE DE LA QUALITE DE L'EAU ET LE
DIMENSIONNEMENT DU PERIMETRE DE DAHMOUNI A
PARTIR DU BARRAGE DE DAHMOUNI(W.TIARET)**

Présentée par :

M^{elle} GUENOUS Aicha

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M^r T.KHETTAL	M C.A	Président
M^{me} A.AZIEZ	M A.A	Examinatrice
M^{me} D.DJODAR	M A.A	Examinatrice
M^r D.KOLIAI	Ingénieur en chef	Examinateur
M^{me} S.LEULMI	M A.A	Examinatrice
M^{me} L.S.BAHBOUH	M M.A	Promotrice

Septembre 2012

Remerciements

Tout d'abord je remercie «ALLAH», le clément et le miséricordieux de m'avoir donné le courage ainsi que la force pour pouvoir achever ce modeste travail.

Je remercie ma mère et mon père de m'avoir encouragé, instruit, pour leurs sacrifices.

Je remercie encore le cadre des enseignants de l'ENSH particulièrement le membre de jury d'avoir évaluer mon travail

Je tiens à remercie ma promotrice M^{me} BAHBOUH pour ces conseils et son soutien.

Le grand et spécial remerciement est pour le formidable époux sur tout le globe terrestre « mon mari ».

Je remercie chaleureusement toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail par leur amour, sacrifice et compétence.



A-CUENOUS

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents.

A mes frères et sœurs sans oublier Naima.

*A mes anges : Bouha, Younes, sid Ahmad et le
petit Yacine.*

*A la lumière de ma vie, mon époux avec lequel
j'ai trouvé mon chemin.*

*A mes copines: Kheira, Sabah et Amoura, avec
lesquelles j'ai passé des moments inoubliables.*



A-GUENOUS

Résumé	
Liste des tableaux	
Listes des figures	
Liste des planches	
Introduction générale	

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Introduction.....	1
I.1.Localisation géographique de la Wilaya de Tiaret	1
I-2. Situation Géographique de la Commune de DAHMOUNI.....	3
I.3. Situation Géologique et Hydrogéologique.....	4
I-3-1.Géologie	4
I.3.2. L'Aspect Hydrogéologique de la Commune de DAHMOUNI	4
I.4. Présentation Climatique de la Commune DAHMOUNI	5
I.4.1.Pluviométrie	5
I.4.1.1. Analyse des Précipitations Annuelles	5
I.4.1.2- Analyse des Précipitations Mensuelles	6
I.4.2.La Température.....	7
I.4.3.Le Vent	8
I.4.4.L'Humidité Relative	8
I.4.5. L'Evaporation	9
I.4.6. Le Régime Climatique de la Région d'Etude	10
I-4-6-1 Méthode Pluviométrique	10
I-4-6-2 Indice d'Aridité de Martonne	11
I.5. Les Ressources Hydriques Superficielles	12
I.6. les Sources Souterraines	12
I.7. La Pédologie	13
I.7.1. Géologie et Géomorphologie	14
I.7.1.1. Géomorphologie	15
I.7.2. Classification des Sols	15
I.7.3.Les Ressources en Eaux	15
I.8. Caractéristiques Générales du Bassin Versant et du Site du Barrage	15
I.8.1. Caractères Géographiques	15
I.8.2. Caractéristiques du Barrage de Dahmouni	17
I.9. La Station de Pompage	18
I.10.Le Réservoir.....	18
Conclusion.....	18

Chapitre II:Présentation de la Station d'épuration De Tiaret

Introduction.....	19
II.1. Les STEP qui Fournissent Actuellement De L'eau à L'Agriculture En Algérie.....	19
II.2. Définition des Eaux Usées	19
II.3. Différents Types des Eaux Usées (Origine des Eaux Usées Urbaines)	19
II.3.1. Les eaux usées domestiques	20
II.3.2. Les eaux pluviales	20
II.3.3. Les eaux industrielles	20
II.3.4. Les matières de vidange	21
II.4. Systèmes de Réseaux	21

II.4.1. Le système unitaire	21
II.4.2. Le système séparatif	21
II.4.3. Système pseudo- séparatif	22
II.5. Nature de la Pollution	22
II.6. Composition des eaux usées	23
II.6.1. Microorganismes	24
II.6.2. Matière en suspension et matière organique	24
II.6.3. Substance nutritives	24
II.6.4. Eléments traces	24
II.6.5. Eléments toxiques organiques	25
II.6.6. Salinité	25
II.7. Effets de la pollution.....	25
II.8. Situation Géographique de la STEP de Tiaret	26
Le traitement des eaux usées de la STEP de Tiaret	28
Conclusion	31

Chapitre III: Etude des paramètre physico-chimique du plan d'eau

Introduction.....	32
III.1 LA TEMPERATURE (T°C)	33
III.2. La Conductivité Electrique (C.E)	34
III.3. Potentiel Hydrogène (pH)	35
III.4. La Turbidité	36
III.5. Le Calcium (Ca ²⁺)	37
III.6. Le Potassium (K ⁺)	38
III.7. Le Magnésium (Mg ²⁺)	39
III.8. Le Sodium (Na ⁺)	40
III.9. Les Chlorures (Cl ⁻)	41
III.10. Le Sulfate (SO ₄ ²⁻)	42
III.11. Nitrates NO ₃ :.....	43
III.12. Oxygène Dissous (O ₂ dis)	44
III.13. La Demande Biologique En Oxygène (DBO ₅)	46
III.14. La Demande Chimique En Oxygène (DCO)	47
III.15. Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR)	48
Conclusion :.....	49

Chapitre IV:Analyse statistique Multidimensionnelle en Composante Principales

Introduction.....	49
IV.1. Corrélations Entre Variables.....	49
IV.2. Graphique des Valeurs Propres	52
IV.3. Variance Totale.....	52
IV.4. Signification des Axes Factoriels	54
Conclusion.....	56

Chapitre V :Généralité Sur La réutilisation Des Eaux Usées Epurées

Introduction.....	58
V.1. Risques lies à la réutilisation des eaux usées épurées.....	58
V.1.1. Le risque microbiologique.....	58
V.1.2. Le risque chimique	58
V.1.3. Le risque environnemental	58

V.1.3.1. Les conséquences sur l'environnement	59
V.2. Traitement des eaux usées	63
V.3. La Réglementation.....	64
V.3.1. Recommandations de l'OMS:.....	64
V.3.2. Recommandations de l'USEPA	65
V.3.3. Directives de la FAO	66
V.4. Effets de l'irrigation à l'eau usée sur les composantes du milieu cultivé	69
V.4.1. Effets de l'irrigation à l'eau usée sur la composante biologique :.....	70
V.4.2. Effets de l'irrigation à l'eau usée sur la composante chimique	70
V.4.2.1 Les matières organiques mortes	70
V.4.2.2. Les éléments minéraux	70
V.4.3. Analyse statistique Multidimensionnelle en Composante Principales.....	71
V.4.3.1. Structure et propriétés hydriques d'un sol irrigué	71
Conclusion	71
Chapitre VI: La Qualité Des Eaux D'irrigation	
VI.1. La qualité de l'eau d'irrigation	72
VI.1.1. La dureté	72
VI.1.2 Les éléments toxiques	72
VI.1.3 Les métaux lourds	72
VI.1.4 Les nutriments	72
VI.2. Les classifications des eaux d'irrigation	73
VI.2.1 La classification de l'USDA(1954)	73
VI.2.2. La classification de Christiansen et al (1977).....	75
VI.3 Les Diagrammes	76
VI.3.1. Diagramme de Piper	76
VI.3.2 Diagramme de Schoeller Berkloff	82
Chapitre VII: Etude hydrologique et calcul des besoins	
Introduction	86
VII.1. Etude hydrologique	86
VII.1.1. Homogénéité de la série pluviométrique	86
VII.1.2. Choix de type de loi	89
VII.1.2.1. Ajustement à la loi log Normale ou loi de Galton	89
VII.1.2.2. Calcul des caractéristiques empiriques de l'échantillon	90
VII.1.3. Test d'adéquation ou test de Pearson.....	92
VII.1.4. Détermination de l'année de calcul	93
VII.2. Besoin en eau d'irrigation	94
VII.2.1. Réserve facilement utilisable (R.F.U)	95
VII.2.2. Evapotranspiration maximale (ETM)	95
VII.2.3. L'évapotranspiration potentielle ou de référence (ETP ou ET0).....	96
VII.2.4. L'évapotranspiration réelle ou de culture ou maximale	100
VII.2.5. Choix des cultures	100
VII.2.6. Efficacité d'irrigation.....	100
Conclusion.....	104
Chapitre VIII: Dimensionnement Du Réseau D'irrigation	
Introduction.....	106

VIII.1. L'irrigation localisée	106
VIII.2. Conditions d'arrosage par le système localises	107
VIII.2.1. Matériel de distribution	108
VIII.2.1. Tubes poreux	109
VIII.2.2. Gaines	109
VIII.2.3. Rampes équipées de distributeurs	109
VIII.2.4. Goutteurs	109
VIII.2.4.1. Débit de goutteurs	110
VIII.2.4.2. Mode de fonctionnement hydraulique des goutteurs	110
VIII.2.4.3. Mode de fixation des goutteurs sur la rampe	110
VIII.2.5. Mini diffuseurs	111
VIII.2.5.1. Débits	111
VIII.2.5.2. Mode de fonctionnement	111
VIII.2.5.1. Fixation sur la rampe	111
VIII.2.6. Ajustage calibrés (procédé Bas Rhône)	111
VIII.2.6.1. Débits	111
VIII.2.6.2. Mode de fonctionnement	112
VIII.3. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :	112
VIII.3.1 Avantages de l'irrigation localisée :	112
VIII.3.2. Inconvénients de l'irrigation localisée :	112
VIII.4. Impact de l'irrigation goutte à goutte sur le sol	113
VIII.5. Impact de l'irrigation goutte à goutte sur le végétal	114
VIII.6. Choix des techniques d'irrigation :	115
VIII.7. Composition d'une installation d'irrigation localisée:	115
VIII.7.1. Point de fourniture d'eau :	115
VIII.7.2. L'unité de tête	115
VIII.7.3. La conduite principale	116
VIII.7.4. Portes rampes :	116
VIII.7.5. Les rampes	116
VIII.7.6. Les goutteurs	116
VIII.7.7. Les distributeurs	116
VIII.8. Les équipements de contrôle des conduites	116
VIII.8.1. Les vannes	117
VIII.8.2. Les ventouses	117
VIII.8.3. vidange	117
VIII.8.4. Les bornes d'irrigation	117
VIII.9. Choix du système de distribution	117
VIII.10.Choix du type de réseau	117
VIII.11. Choix du matériau des conduites	118
VIII.12. Le tracé du réseau de distribution	118
VIII.13. Le plan de bornage	118
VIII.14. Les conditions hydrauliques de bornage	118
VIII.15. Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée d'un îlot type	123
VIII.15.1. Besoins journaliers	124
VIII.15.2. Besoins journalier en tenant compte de la réduction Kr	124
VIII.15.3. Dose nette pratique	124

VIII.15.4. Dose nette réelle	124
VIII.15.5. Dose brute	124
VIII.15.6. Fréquence des arrosages	124
VIII.15. 7. Durée d'arrosage	124
VIII.15.8. Durée d'arrosage journalier	125
VIII.15.9. Nombre de poste	125
VIII.15.10. Surface de la parcelle	125
VIII.15.12. Nombre de rampe par poste	125
VIII.15.13. Nombre de goutteurs par rampe	125
VIII.15.14. Débit d'une rampe	125
VIII.15.16. Débit d'une porte rampe	126
VIII.15.Calcul hydraulique	126
CONCLUSION	
Références Bibliographique	
Les annexes	

Liste des tableaux :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude :

Tableau I.1 : Station pluviométrique	05
Tableau I.2 : Répartition mensuelle de la température	07
Tableau I.3 : Humidité relative de l'air	08
Tableau I.4 : Répartition mensuelle de l'évaporation	09
Tableau I.5 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.....	11
Tableau I.6 : Caractéristique des forages	13
Tableau I.7 : Caractéristiques du barrage de dahmouni.....	17

Chapitre II : Présentation de STEP de Tiaret :

Tableau II.1: Caractéristique générale de la STEP.....	26
--	----

Chapitre IV : Analyse statistique multidimensionnelle en composante principales(ACP):

Tableau IV.1 : Matrice de corrélation entre les variables observées dans le barrage Dahmouni(2006.2010).....	51
Tableau IV.2 : Variance totale expliquée des variables étudiées	53
Tableau IV.3 : Variance totale expliquée des variables étudiées	53

Chapitre V: la Réutilisation des eaux usées

Tableau V.1 : Recommandations microbiologiques de l'OMS	64
Tableau V.2 : Recommandations de l'USEPA	65
Tableau V.3 : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO.....	66
Tableau V.4 : Concentrations maximales d'éléments.....	68

Chapitre VI: la qualité des eaux d'irrigation

Tableau VI.1: la conductivité électrique	72
Tableau VI.2 : Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation. (Classification USDA).....	72
Tableau VI.3 : interprétation de classes issues de la projection sur le diagramme de RIVERSID.....	73
Tableau VI.4 : Les normes des eaux d'irrigation fixée par la FAO.....	73
Tableau VI.5 : La classification de Christiansen et al.....	74
Tableau VI.6 : Classification proposée par un groupe de chercheurs américains.....	75

Chapitre VII : Etude hydrologique et calcul des besoins :

Tableau VII.1 : Test de Wilcoxon	88
Tableau VII.2 : Précipitation moyenne mensuelle et précipitation mensuelle 80%.....	93
Tableau VII.3:Evapotranspiration de référence de la zone de projet selonPenman&Monteith.	98
Tableau VII.4 : Les précipitations efficaces.....	99
Tableau VII.5 : besoin en eau d'irrigation de périmètre.....	101

Chapitre VIII : Système d'irrigation

Tableau VIII.1 débits de bornage	121
--	-----

Liste des figures :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude :

Figure I.1 : Situation géographique de la Wilaya et de la commune.....	4
Figure I.2 : Chronologie des pluies annuelles au niveau de station	6
Figure I.3 : Chronologie des pluies Mensuelles au niveau de station	7
Figure I.4 : Variations des températures moyennes mensuelles.....	8
Figure I.5 : Variation de l'humidité relative.....	9
Figure I.6 : Histogramme de l'évaporation.....	10
Figure I.7 : Courbe Ombrothérmiq.....	10
Figure I.8 : L'indice D'Aridité (Martonne).....	12
Figure I.9 : localisation de la zone d'étude.....	14
Figure I.10 : Le Bassin Versant De Nahr Ouassel.....	16
Figure I.11 : Vue d'ensemble des structures du barrage.....	17

Chapitre II : Présentation de STEP de Tiaret:

Figure II.1 : localisation de la STEP	26
---	----

Chapitre III : Etude des paramètres physico-chimiques du plan d'eau :

Figure III.1 : Variation mensuelle de la température de l'eau	32
Figure III.2 : Variation mensuelle de la conductivité de l'eau	34
Figure III.3 : Variation mensuelle du Potentiel Hydrogène de l'eau	35
Figure III.4 : Variation mensuelle de la Turbidité de l'eau	36
Figure III.5 : Variation mensuelle du calcium dans l'eau	37
Figure III.6 : Variation mensuelle du potassium dans l'eau	38
Figure III.7 : Variation mensuelle du magnésium dans l'eau.....	39
Figure III.8 : Variation mensuelle du sodium dans l'eau.....	40
Figure III.9 : Variation mensuelle de chlorures dans l'eau.....	41
Figure III.10 : Variation mensuelle du sulfate dans l'eau.....	42
Figure III.11 : Variation mensuelle des Nitrates.....	43
Figure III.12 : Variation mensuelle de l'Oxygène dissous dans l'eau.....	44
Figure III.13 : Variation mensuelle de la demande biologique en oxygène.....	45
Figure III.14 : Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène.....	46

Figure III.15 : Variation de SAR.....	47
Chapitre IV: Analyse statistique multidimensionnelle en composante principales(ACP):	
Figure IV.1 : Graphique des valeurs propres pour l'analyse en composante principale	52
Figure IV.2 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 2) % Inertie totale.....	55
Figure IV.3 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 3) Inertie totale ...	55
Chapitre V : Réutilisation des eaux usées :	
Figure V.1 : Classification des métaux lourds en fonction des risques et de l'intérêt agronomique.....	57
Figure V.2 : Processus de l'eutrophisation.....	59
Figure V.3 : Schéma des principales phases de l'eutrophisation.....	61
Chapitre VI: La qualité des eaux d'irrigation:	
Figure VI.2 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2006).....	76
Figure VI.2 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2007).....	77
Figure VI.3 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2008).....	78
Figure VI.4 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2009).....	79
Figure VI.5 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2010).....	80
Figure VI.6 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2006).....	81
Figure VI.7 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2007).....	82
Figure VI.8 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2008).	83
Figure VI.9 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2009).	84
FigureVI.10 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2010).	85
Chapitre VII: Etude hydrologique et calcule des besoins :	
Figure VII.1 : Ajustement à une loi log- normale.....	92
Chapitre VIII : Système d'irrigation :	

Figure VIII.1 : les modes d'irrigation105

Introduction :

L'objectif de ce chapitre, c'est de connaître la situation de la zone d'étude de point de vue géographique, hydrogéologique, géologique, pédologique, climatique et hydraulique; et cela nous permet de mener à bien notre travail.

I.1. Localisation Géographique de la Wilaya de Tiaret :

La Wilaya de Tiaret se trouve à 280km au Sud-Ouest de la capitale Alger à une altitude comprise entre 900m à 1100 m, sur les hauts plateaux Ouest. Elle est limitée :

- ❖ Au Nord par la wilaya de Tissemsilt et Relizane ;
- ❖ A l'Ouest par Mascara et Saida ;
- ❖ A l'Est par Djelfa ;
- ❖ Au Sud par les wilayas d'El Bayadh et Laghouat.

La Wilaya couvre une superficie de 20050.05km², elle se compose de 14 daïras et 42 communes parmi lesquelles la commune de Dahmouni.

I.2. Situation Géographique de la Commune de Dahmouni:

La commune de Dahmouni est située à une distance de 14 km de la ville de Tiaret, la ville de Dahmouni est localise dans la partie Nord-Est de la Wilaya de Tiaret, sa liaison est assurée par deux importants axes (RN40 menant vers Djelfa, RN14 vers Tissemsilt), elle est limitée :

- ❖ Au Nord par Tidja ;
- ❖ Au Nord-Est par Sidi-Hosni et Sebaine ;
- ❖ Au sud par Ain bouchekif ;
- ❖ Au Sud-Ouest par Tiaret ;
- ❖ A l'Ouest par Oued –Lili.

La commune couvre une superficie de 16 425 hectares, avec un nombre d'habitants de 20.739 hab.

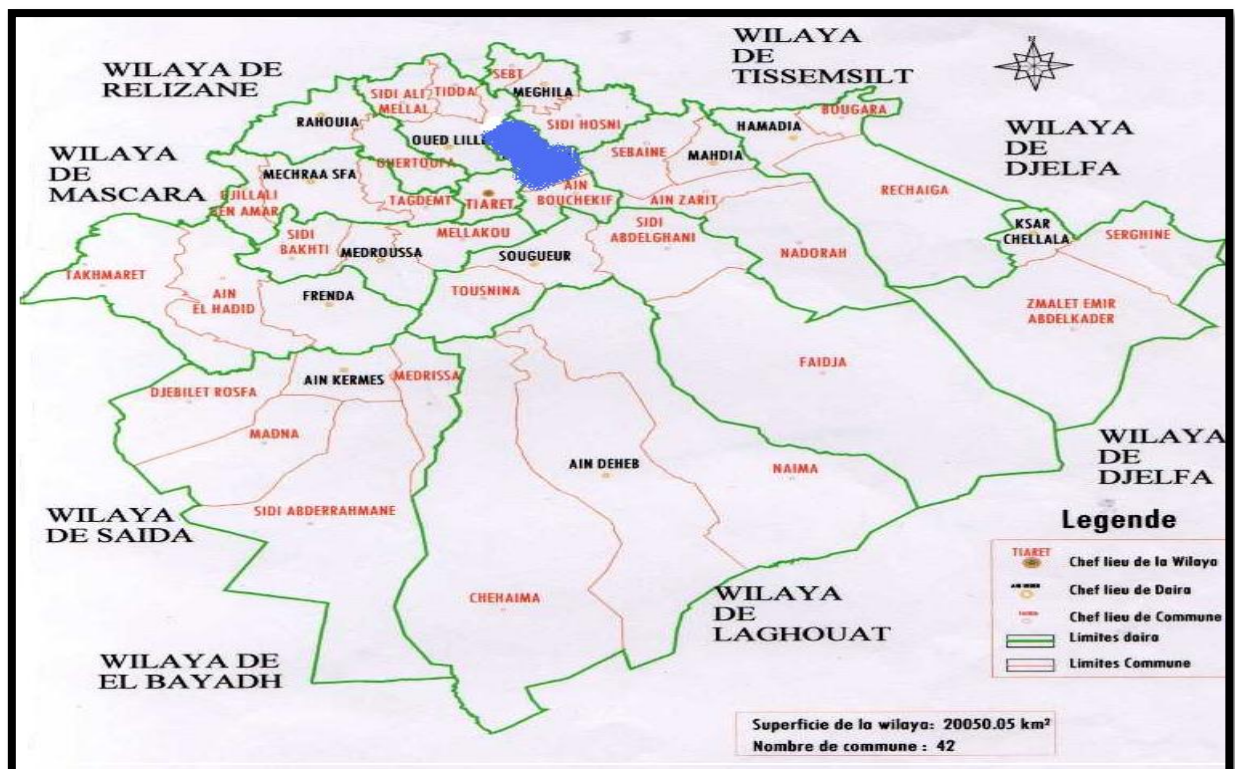


Figure I.1 : Situation géographique de la Wilaya et de la commune. *Source DHW*

I.4. Présentation Climatique de la Commune Dahmouni :

Le climat de la région Dahmouni est caractérisé par une période sèche qui s'étale sur près de 5 mois (juin à octobre) avec des températures pouvant dépasser 30°C en période estivale (juillet-août). Le type de climat est semi-aride.

I.4.1. Pluviométrie :

Toutes les eaux météoriques qui tombent à la surface de la terre tant sous forme liquide que solide (neige, grêle) sont provoquées par un changement de température ou de pression

Les précipitations, qui sont le facteur principal de l'alimentation des cours d'eau, ont une influence sur la variabilité des écoulements à toutes les échelles de temps. L'étude des séries hydrométriques menée sur une durée assez longue permet donc d'évaluer la réponse des rivières aux variations du climat.

Elles sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la répartition du tapis végétal, l'alimentation des nappes, des barrages, des plans d'eau et contribuent à la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion.

Les données d'observation utilisées sont celles enregistrées au niveau de station climatique de la région.

Tableau I.1: Station pluviométrique.

Station	Code	Coordonnées			Période d'observation	Nombre d'années observées
		X (Km)	Y (Km)	Z		
Dahmouni	010904	388.8	235.95	970	1981 - 2011	31 ans

I.4.1.1. Analyse des Précipitations Annuelles :

Pour étudier ces données, nous nous sommes basés sur une série de mesures s'étalant sur la période allant de 1981 à 2011. Cette série est représentée dans l'ANNEXE I et la figure I.2, permettent de dire que :

La variation des précipitations annuelles durant la période d'observation montre l'écart important entre les valeurs extrêmes, signe d'une grande irrégularité. Nous remarquons d'après la figure I-2 les valeurs maximales et minimales sont 534 ; 176.2 qui ont été observées respectivement en 1997 et 1983 et avec une moyenne de 328.59 mm.

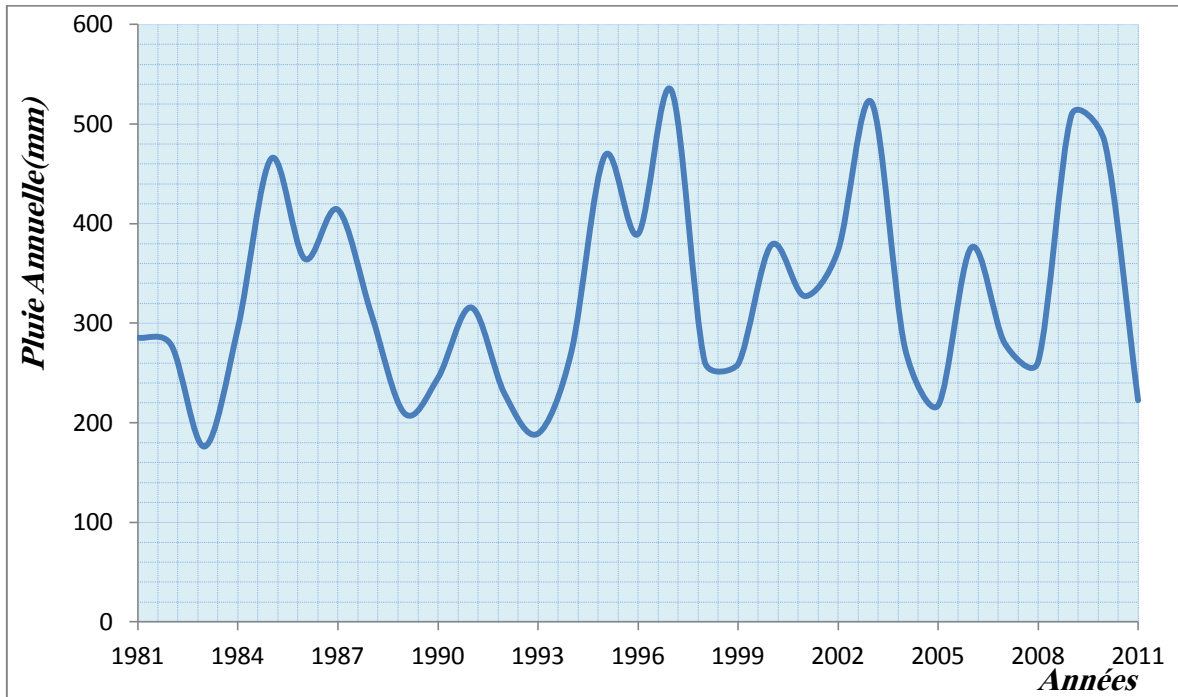


Figure I.2: Chronologie des pluies annuelles au niveau de station.

I.4.1.2- Analyse des Précipitations Mensuelles :

Elles permettent de faire ressortir les caractéristiques générales des précipitations, leurs nuances spatiales et leurs irrégularités temporelles.

A l'échelle mensuelle pour la station on remarque que la période pluvieuse s'étend du mois de novembre jusqu'au mois de mai, et la période sèche allant du mois de juin jusqu'au mois de septembre, avec une intensité minimale enregistrée au niveau du mois de juillet qu'est considéré comme le mois le moins pluvieux, par ailleurs, un pic enregistré dans le mois de Janvier, ce mois est considéré comme le mois le plus pluvieux.

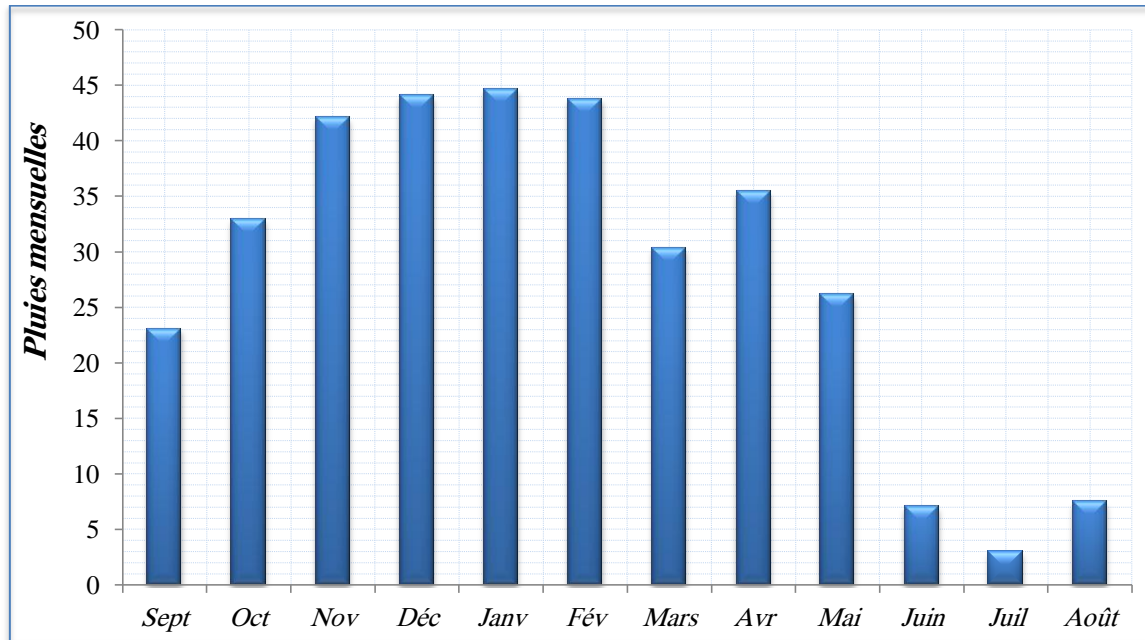


Figure I.3 : Chronologie des pluies Mensuelles au niveau de station.

I.4.2.La Température :

Les températures mesurées au niveau de la station de Dahmouni sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Répartition mensuelle de la température :

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T max (°c)	11.3	13.4	16.4	18.1	19.9	30.2	34.4	38.6	28.4	22.2	16.1	12.2
T min (°c)	1.1	1.3	3.4	5.9	8.9	13.7	17.0	17.4	17.2	9.6	5.1	3.8
T moy (°c)	5.6	6.9	9.8	12	14.4	22.2	25.9	28	22.8	15.4	10.6	8.0

Source : DHW(TIARET)

A partir du graphe des températures, on peut distinguer deux grandes périodes :

- 1- Période froide : allant du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril, et caractérisée par une température moyenne minimale de l'ordre de 5.6 C° au mois de Janvier.

- 2- Période chaude : elle s'étale du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre et le mois de juillet est le plus chaud de l'année avec une température moyenne mensuelle de 28 C°.

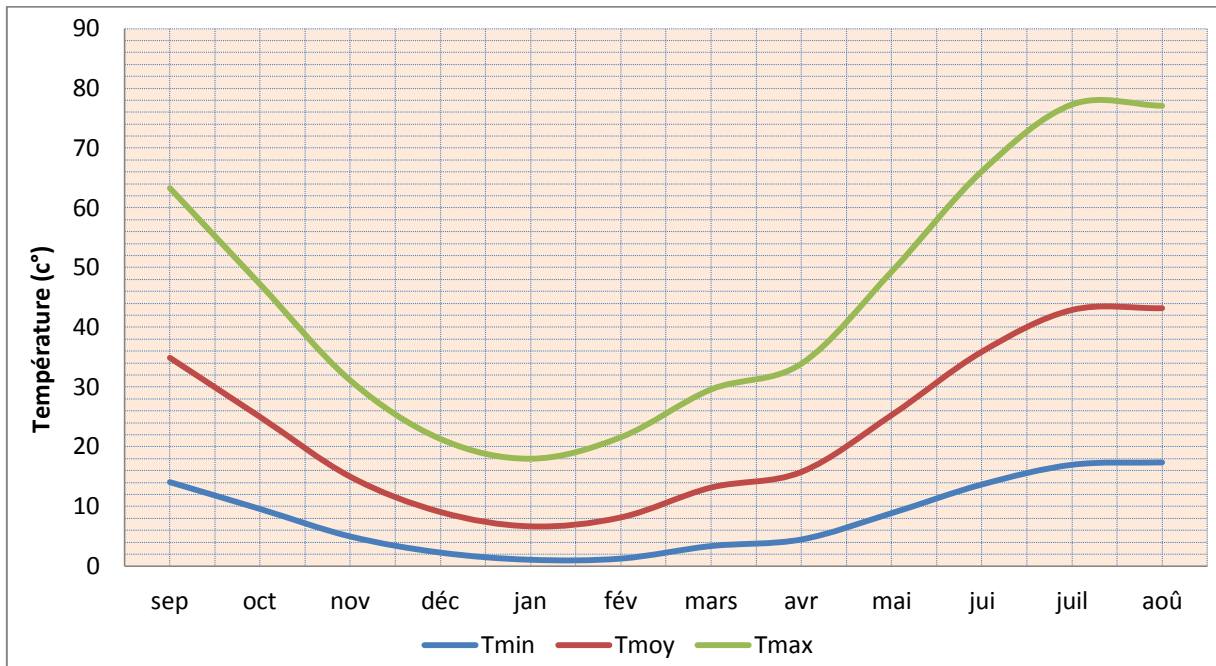


Figure I.4 : Variations des températures moyennes mensuelles

I.4.3.Le Vent :

Les vents dominants circulent dans le sens suivant : de l'Ouest vers le Nord-Ouest dans la période allant du mois d'Octobre au moi du mai, et de l'Est vers le Sud-est de Juin à Septembre avec une fréquence supérieure 14%. La vitesse moyenne mensuelle du vent varie de 2,5 à 3,5m/s.

I.4.4.L'Humidité Relative :

La moyenne annuelle de l'humidité relative est de 59,4%. Elle atteint des pics durant les saisons d'automne et hiver avec pourcentage de 73 et 79% et reste faible durant l'été où elle oscille entre 34 et 43%.

Tableau I.3 : Humidité relative de l'air (%)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
de													

Dahmouni

Humidité

relative 76.0 72.0 64.0 63.0 57.0 43.0 34.0 37.0 52.0 63.0 73.0 79.0 59.4
(%)

Source : DHW(TIARET)

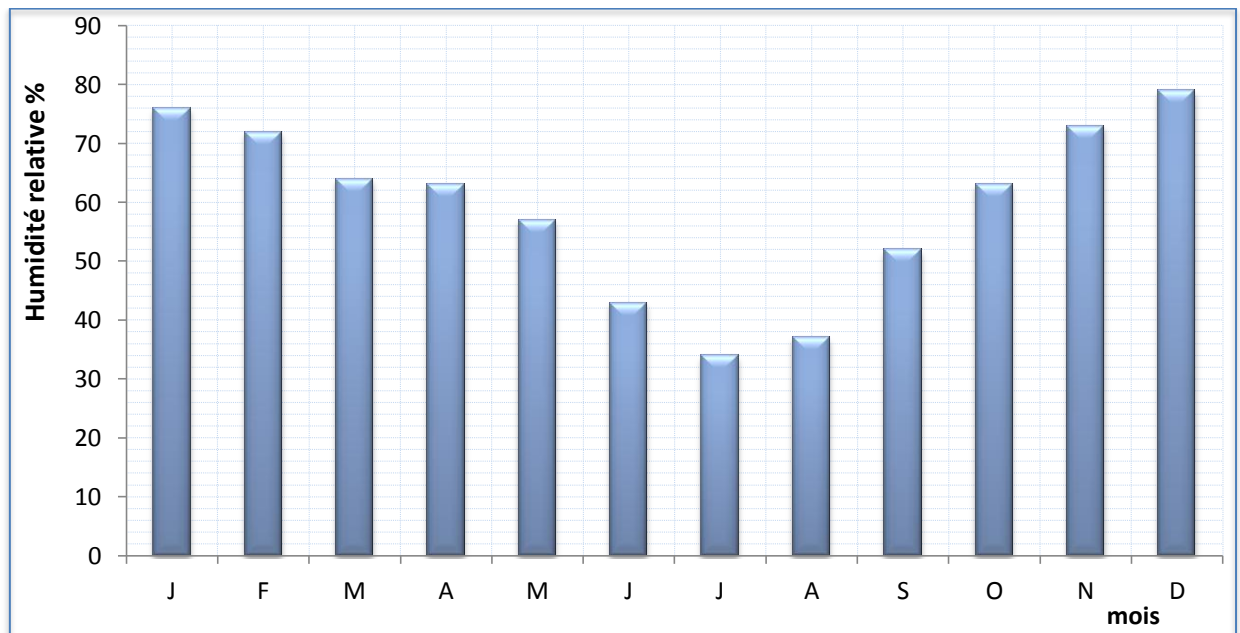


Figure I.5 : Variation de l'humidité relative(%)

I.4.5. L'Evaporation :

L'évaporation mensuelle varie de 34,1 à 235,6mm. Sa répartition mensuelle montre une croissance régulière du mois de Janvier a Août.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E_vMax (mm)	74,4	66.7	80.6	9	114.7	165	235.6	204.6	159	120.9	75	62
E_vMin (mm)	40,3	34.8	68.2	7	80.6	117	158.1	148.8	114	80.6	51	34.

				8							1	
E_vMoy	55,8	52.2	77.5	8	99.2	150	207.7	182.8	138	96.1	60	52.
(mm)				4							7	

Tableau I.4 : Répartition mensuelle de l'évaporation

Source : DHW(TIARET)

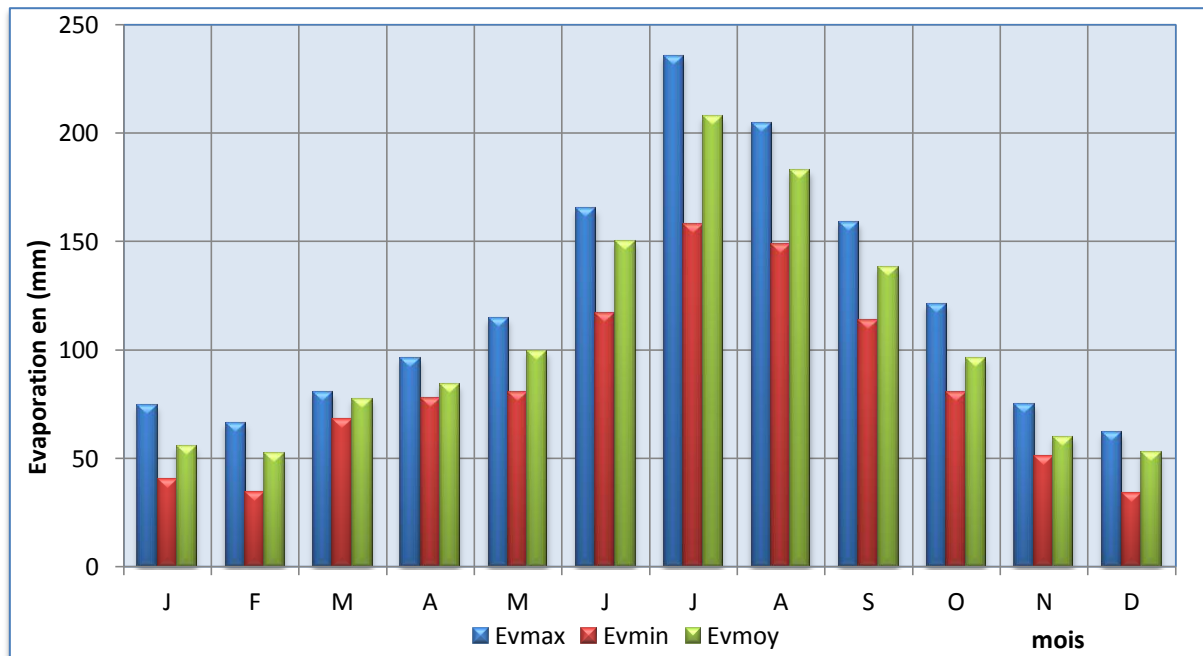


Figure I.6 : Histogramme de l'évaporation

I.4.6. Le Régime Climatique de la Région d'Etude :

I-4-6-1 Méthode Pluviométrique :

La méthode pluviométrique appelée également Diagramme Ombrothermique de Gausson, est une représentation graphique de la température et de précipitations.

- ✚ En abscisse, les mois de l'année;
- ✚ En ordonnée, les températures (°C) et les précipitations (mm) de telle sorte que l'échelle des températures soit relative au double de celle des précipitations.

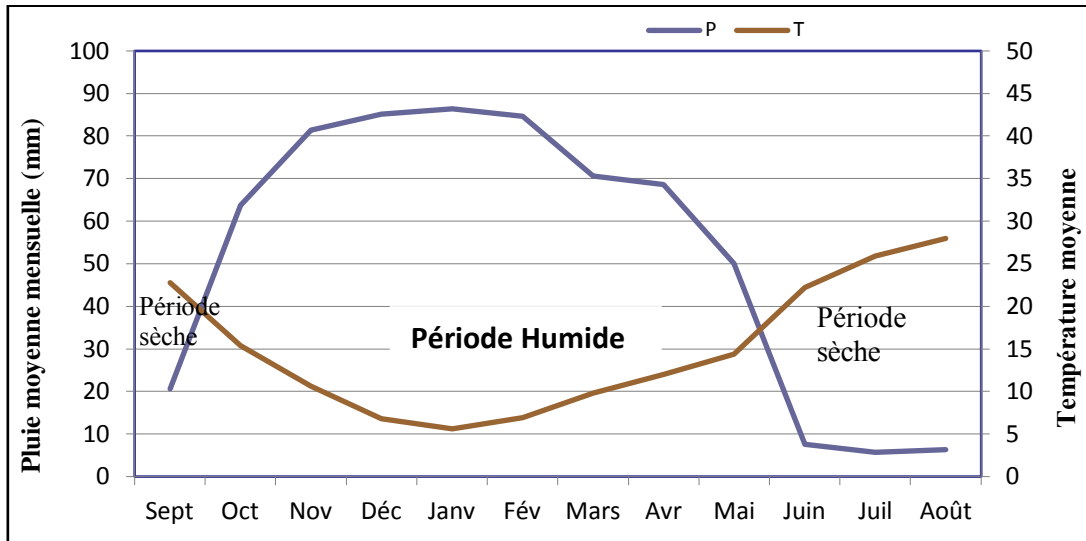


Figure I.7: Courbe Ombrothermique

La période humide correspond à toute la partie pour laquelle la courbe pluviométrique se trouve au-dessus de la courbe thermique, et les deux zones extrêmes du graphique sont les périodes sèches (DAJOZ, 2000).

De cette courbe, il découle une période humide qui s'étale sur 07 mois (d'Octobre à Mai) et une saison sèche estivale qui s'étale sur le reste des mois de l'année Figure(I.7).

I-4-6-2 Indice d'Aridité de Martonne :

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (I_A). Cet indice est fonction de la température (T en °C) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude. Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

Avec I_A : indice d'aridité

$$I_A = \frac{P}{T + 10}$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

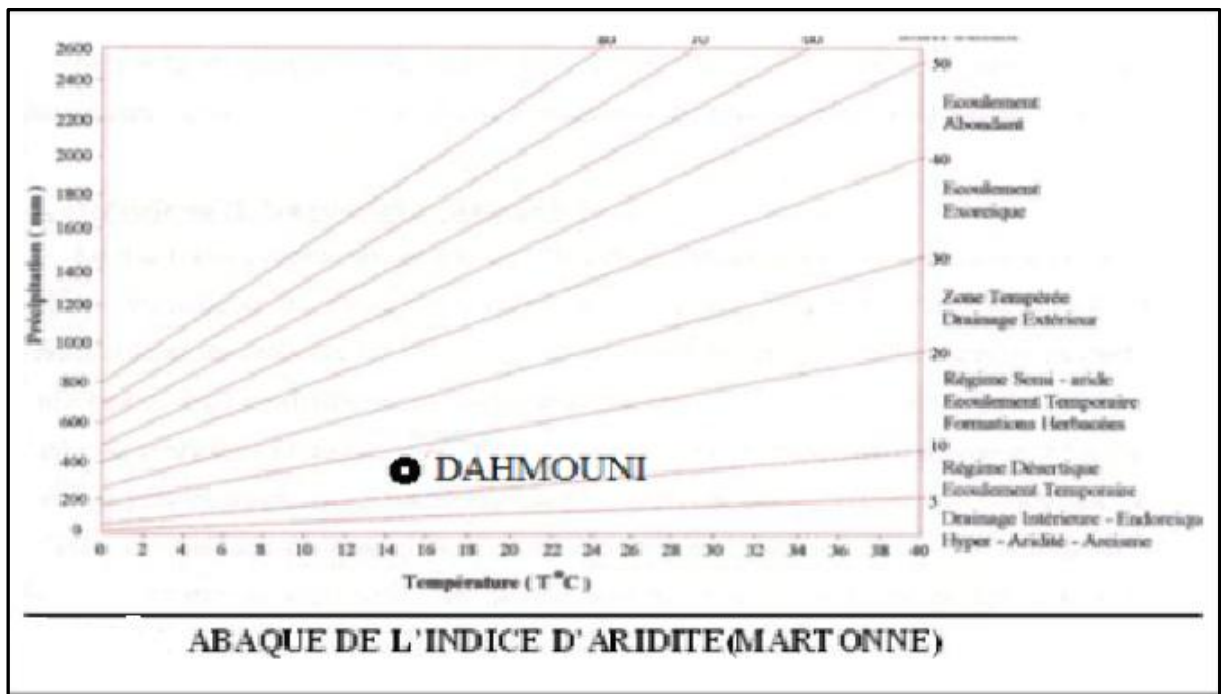
T : température moyenne annuelle (°C)

A.N: $I_A = \frac{339.54}{14.7 + 10} = 13.75 \rightarrow I_A = 13.75$

Tableau I.5 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne :

Valeur de I_A	Type de climat	Irrigation
$I_A \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I_A \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I_A \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

$I_A = 13.75$ tend vers le Sec, alors l'irrigation indispensable.

**Figure I.8:** L'indice D'Aridité (Martonne)

I.5. Les Ressources Hydriques Superficielles :

La commune de Dahmouni possède plusieurs cours d'eau qui sont :

- ❖ Oued Tiguiguest ;
- ❖ Oued Zeldja ;
- ❖ Oued Hallouf ;
- ❖ Oued Bouguroudj ;
- ❖ Oued Bourahma ;
- ❖ Oued Chérita ;
- ❖ Oued El Hamra .

Ces cours d'eau se déversent dans l'Oued principal Nahr Ouassel. Parmi les ouvrages assurant la mobilisation des ressources superficielles figure le barrage de Dahmouni (mis en service en 1987). Le barrage est affecté à l'irrigation.

I.6. les Sources Souterraines :

La ville est approvisionnée par cinq forages alimentés par des aquifères à nappe captive. Les cinq forages présentent les caractéristiques suivantes :

Tableau I.6 : Caractéristique des forages

Nom du forage	coordonnées	Débit de forage(l/s)	Débit d'exploitation(l/s)	Profondeurs (m)	HMT(m)	Année réalisée	Année mise en service	Temps de pompage(h)	Observations
F 01	X=391.75 Y=237.60 Z=970	14	10	125	125	1988	1989	24	Exploité
F 02	X=392.65 Y=236.4 Z=937	16	10	155	100	1992	1998	24	Exploité
F 03	X=388.65 Y=235.70	10	5.7	150	72	1984	1984	24	Exploité

Z=991

F 04 X=392.10

Y=236.85 21 15 150 72 2006 2006 24 Exploité

Z=950

F 05 X=390.30

Y=237.50 7.60 5.00 150 72 2006 2006 24 Exploité

Z=970

*Source : DHW de (Tiaret)***I.7. La Pédologie :**

Le périmètre d'étude couvre une superficie de 1200ha, ce dernier s'étale sur un secteur de glacis faisant partie de la région dite de (Bled Dahmouni) bordé au Nord par la route nationale N°14, à l'Ouest par la piste reliant Douar Ouled Ben Adda à la RN14, à l'Est par Bled Teslemt Essebain. Quant aux régions Sud elles sont limitées par l'axe d'écoulement d'un affluent d'Oued Nahr Ouassel. Sur le plan intégration du périmètre dans son contexte régional, il est à noter qu'il fait partie des aires intermédiaires entre les piedmonts d'Ouersenis au Nord et les plateaux au Sud.

Cette zone a été appelée (zone d'extension) ou secteur rive gauche.

I.7.1. Géologie et Géomorphologie :

La région de Sersou fait partie des hautes plaines sud-oranaises qui débordent vers le Nord montagneux et le sud steppique. C'est un vaste plateau semi-aride bordé à l'Est par la zone de Ksar-El –Boukhari, au Nord par le massif de l'Ouersenis et au Sud par le Sersou «Sahari» (zone de contact sud avec le Djebel-Nador et la zone de steppe).

Les formations géologiques sur les quelles se sont développée les sols du périmètre étudié, se rattachent essentiellement au :

- ◆ Quaternaire continental formé d'alluvions et dépôts de pente à base de limons et de sables ;

- ◆ Pliocène continental formé de limons sableux avec pierres de grès gros éléments de conglomérats et de calcaires lacustre ;
- ◆ Miocène supérieur marin, représenté par les calcaires blancs organogènes, les calcaires marneux, les marnes et les argiles avec de rares lames de grès micacé ;
- ◆ Miocène marin inférieur, constitué de marnes grises foncées et de grès micacés.

I.7.1.1. Géomorphologie :

Trois compartiments géomorphologiques constituent l'essentiel de la morphologie locale du périmètre d'étude :

- Les glacis à pente douce, formés essentiellement de grès, grès calcaire et calcaire conglomératique ;
- Les collines qui confèrent au périmètre un aspect ondulé résultant de la nature géologique à base de formations tendres, marneuses et marno-calcaires ;
- Les terrasses alluvionnaires correspondantes aux zones de dépôt dont la nature reste tributaire de celle des formations environnantes.

I.7.2. Classification des Sols :

On a cinq grandes classes de sols :

- Les sols peu évolués ;
- Les vertisols ;
- Les sols calcimagnésiques ;
- Les sols à sesquioxides de fer ;
- Les sols isohumiques.

I.7.3. Les Ressources en eaux superficiels :

L'objectif de l'étude des ressources en eaux superficiels est de définir les disponibilités en eau pour l'irrigation du périmètre (rive gauche), tout en tenant compte qu'il sera alimenté à partir du barrage de Dahmouni.

Les ressources à mobiliser pour la seule utilisation envisagée : Irrigation.

I.8. Caractéristiques Générales du Bassin Versant et du Site du Barrage :**I.8.1. Caractères Géographiques :**

Le bassin versant de l'Oued Nahr Ouassel qui alimente le Barrage de Dahmouni se situe dans la région des « Bleds », limitée au Nord par les monts de Tiaret ; à l'Est par le plateau de sersou ; au Sud par le bassin de l'Oued Sousselem, et à l'Ouest par le bassin de l'Oued Mina. Le bassin en amont du Barrage est composé par deux sous bassins bien définis : un au Nord de l'Oued Nahr Ouassel, dans le sens Ouest-Est, et l'autre formé par son affluent principal, l'Oued Skif dans la direction Nord-Sud.

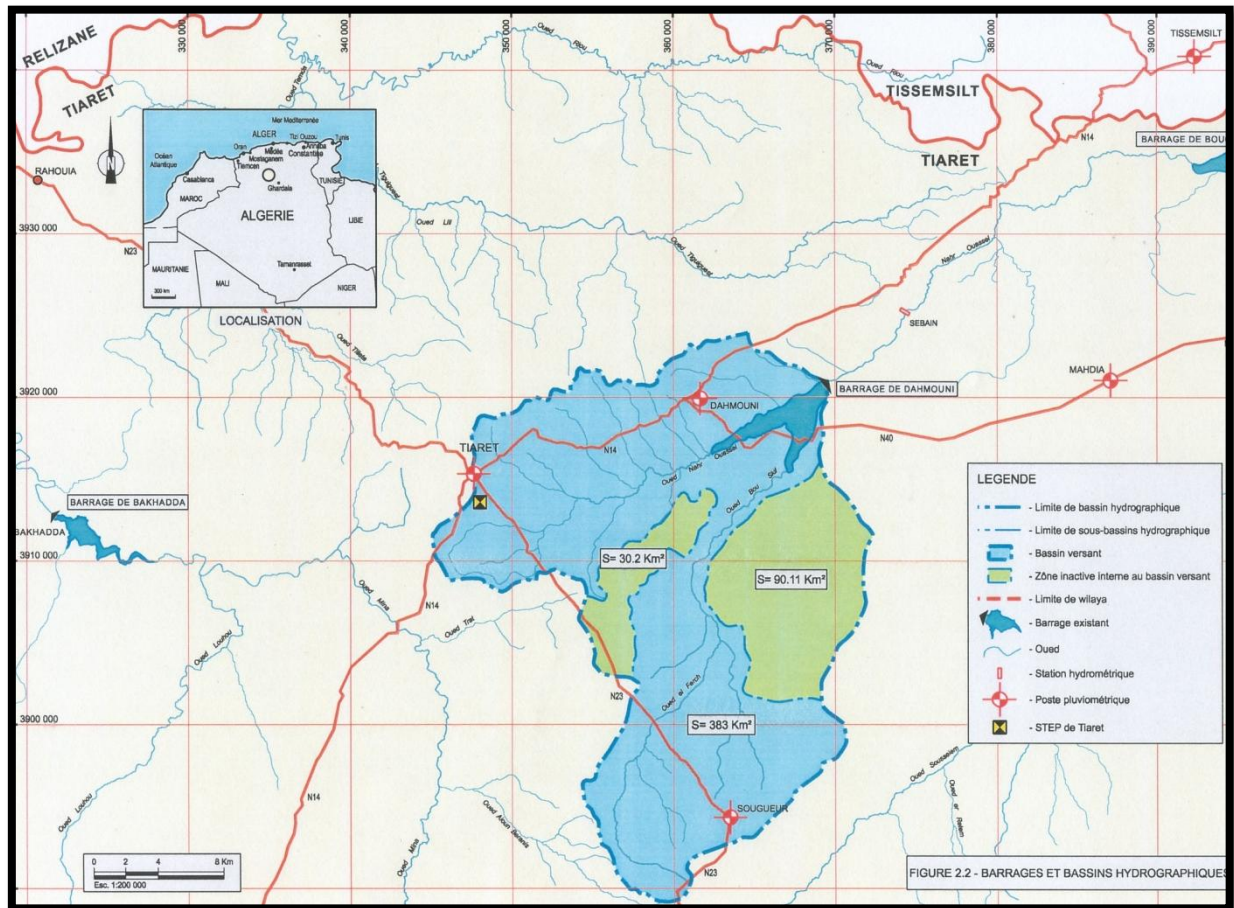


Figure I.10.Le Bassin Versant De Nahr Ouassel

Source : DHW

Le bassin versant du Barrage de Dahmouni sur l'Oued Nahr Ouassel (affluents du Chliff) avec une superficie de 530km^2 , ce barrage se trouve sur une distance de 20Km à l'Est de la ville de Tiaret et environ de 8 km au Nord-Est de la ville de DAHMOUNI.

L'objectif principal de l'ouvrage de Dahmuoni est la fourniture d'eau brute pour l'irrigation de cette région de façon à aider son développement agricole.

L'aménagement du Barrage de Dahmouni est composé par les structures suivantes :

- ❖ Digue en terre, avec noyau et filtres, ayant une hauteur maximale à partir de la fondation de 35.0m, longueur de la crête égale à 850.0m, appuyée sur une fondation en roche altérée.
- ❖ Evacuateur de crues (Déversoir en canal latéral) à la cote 925.0m, situé sur l'appui droit ;

- ❖ Tour de prise d'eau.



Figure I.11 : Vue d'ensemble des structures du barrage.

I.8.2. Caractéristiques du Barrage de Dahmouni :

Les différentes caractéristiques du barrage de Dahmouni sont représentées dans le tableau ci-dessous Tableau .I.7.

Tableau. I.7 : caractéristiques du barrage de Dahmouni :

Année	Caractéristiques hydrologiques	Caractéristiques du barrage
Construction 1984	Oued : NAHR OUASSEL	Type : TERRE
	Capacité initiale : 41hm ³	Hauteur : 35m
	Capacité dernier levé(2004) : 39.52hm ³	Longueur : 850m
	Apport moyen annuel : 13.30hm ³	R.N : 925m
	Envasement annuel : 0.40hm ³ /an	P.H.E : 928.80m
Mise en eau 1987	Surface du bassin versant : 530km ²	Déversoir : 515m ³ /s
		<i>Vidange de fond</i> : 6m ³ /s

R.N : Côte Retenue Normale ;

P.H.E : Côte plus Hautes Eaux.

L'eau du barrage de Dahmouni s'écoule vers la station de pompage par la gravité, la conduite d'adduction a une longueur totale de 630m. La conduite de refoulement qui relie la station de pompage est le réservoir est caractérisée par :

- Longueur de 6Km ;
- Débit de 3.4m³/s ;
- Diamètre DN 1600.

I.9. La Station de Pompage :

Localisés à environ 630m du barrage. La station de pompage est munie de pompes centrifuges à axe horizontal en charge, ce qui signifie que le niveau d'installation des pompes sera d'environ 11m au dessous du niveau minimum de la retenue de Dahmouni (912.40m).

I.10. Le Réservoir :

Le réservoir est localisé à gauche de la route nationale Tiaret-Tissemsilt et est alimenté par la conduite de refoulement et de distribution vers le secteur d'irrigation Rive gauche. Le plan d'eau normal dans le réservoir correspond à la cote 994 m. le volume total du réservoir est estimé à 3500m³.

Conclusion :

La commune de Dahmouni s'étend sur une superficie de 16.425 hectares et avec un nombre d'habitants de 20.736 hab.

Dans notre étude, on a s'intéressé les différentes caractéristiques de la zone d'étude, est caractérisé par un climat semi- aride à hiver tempéré ou les précipitations moyennes annuelles allant jusqu'à la valeur 543 mm, la température moyenne annuelle est de l'ordre de 15.13C°, l'évaporation est de 104.67mm et l'humidité relative moyenne mensuelle de l'ordre de 59.4%. Les vents dans la région d'étude sont caractérisés par une vitesse moyenne mensuelle du vent varie de 2.5 à 3.5 (m/s).

La commune possède 7 cours d'eau, Ces cours d'eau se déversent dans l'Oued Nahr Ouassel, ce dernier qui draine le barrage de Dahmouni. Les eaux du barrage désigner totalement à l'irrigation du périmètre de Dahmouni. Concernant les sources souterraines, nous avons 5 forages.

Résumé	
Liste des tableaux	
Listes des figures	
Liste des planches	
Introduction générale	

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Introduction.....	1
I.1.Localisation géographique de la Wilaya de Tiaret	1
I-2. Situation Géographique de la Commune de DAHMOUNI.....	3
I.3. Situation Géologique et Hydrogéologique.....	4
I-3-1.Géologie	4
I.3.2. L'Aspect Hydrogéologique de la Commune de DAHMOUNI	4
I.4. Présentation Climatique de la Commune DAHMOUNI	5
I.4.1.Pluviométrie	5
I.4.1.1. Analyse des Précipitations Annuelles	5
I.4.1.2- Analyse des Précipitations Mensuelles	6
I.4.2.La Température.....	7
I.4.3.Le Vent	8
I.4.4.L'Humidité Relative	8
I.4.5. L'Evaporation	9
I.4.6. Le Régime Climatique de la Région d'Etude	10
I-4-6-1 Méthode Pluviométrique	10
I-4-6-2 Indice d'Aridité de Martonne	11
I.5. Les Ressources Hydriques Superficielles	12
I.6. les Sources Souterraines	12
I.7. La Pédologie	13
I.7.1. Géologie et Géomorphologie	14
I.7.1.1. Géomorphologie	15
I.7.2. Classification des Sols	15
I.7.3.Les Ressources en Eaux	15
I.8. Caractéristiques Générales du Bassin Versant et du Site du Barrage	15
I.8.1. Caractères Géographiques	15
I.8.2. Caractéristiques du Barrage de Dahmouni	17
I.9. La Station de Pompage	18
I.10.Le Réservoir.....	18
Conclusion.....	18

Chapitre II:Présentation de la Station d'épuration De Tiaret

Introduction.....	19
II.1. Les STEP qui Fournissent Actuellement De L'eau à L'Agriculture En Algérie.....	19
II.2. Définition des Eaux Usées	19
II.3. Différents Types des Eaux Usées (Origine des Eaux Usées Urbaines)	19
II.3.1. Les eaux usées domestiques	20
II.3.2. Les eaux pluviales	20
II.3.3. Les eaux industrielles	20
II.3.4. Les matières de vidange	21
II.4. Systèmes de Réseaux	21

II.4.1. Le système unitaire	21
II.4.2. Le système séparatif	21
II.4.3. Système pseudo- séparatif	22
II.5. Nature de la Pollution	22
II.6. Composition des eaux usées	23
II.6.1. Microorganismes	24
II.6.2. Matière en suspension et matière organique	24
II.6.3. Substance nutritives	24
II.6.4. Eléments traces	24
II.6.5. Eléments toxiques organiques	25
II.6.6. Salinité	25
II.7. Effets de la pollution.....	25
II.8. Situation Géographique de la STEP de Tiaret	26
Le traitement des eaux usées de la STEP de Tiaret	28
Conclusion	31

Chapitre III: Etude des paramètre physico-chimique du plan d'eau

Introduction.....	32
III.1 LA TEMPERATURE (T°C)	33
III.2. La Conductivité Electrique (C.E)	34
III.3. Potentiel Hydrogène (pH)	35
III.4. La Turbidité	36
III.5. Le Calcium (Ca ²⁺)	37
III.6. Le Potassium (K ⁺)	38
III.7. Le Magnésium (Mg ²⁺)	39
III.8. Le Sodium (Na ⁺)	40
III.9. Les Chlorures (Cl ⁻)	41
III.10. Le Sulfate (SO ₄ ²⁻)	42
III.11. Nitrates NO ₃ ⁻	43
III.12. Oxygène Dissous (O ₂ dis)	44
III.13. La Demande Biologique En Oxygène (DBO ₅)	46
III.14. La Demande Chimique En Oxygène (DCO)	47
III.15. Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR)	48
Conclusion :.....	49

Chapitre IV:Analyse statistique Multidimensionnelle en Composante Principales

Introduction.....	49
IV.1. Corrélations Entre Variables.....	49
IV.2. Graphique des Valeurs Propres	52
IV.3. Variance Totale.....	52
IV.4. Signification des Axes Factoriels	54
Conclusion.....	56

Chapitre V :Généralité Sur La réutilisation Des Eaux Usées Epurées

Introduction.....	58
V.1. Risques lies à la réutilisation des eaux usées épurées.....	58
V.1.1. Le risque microbiologique.....	58
V.1.2. Le risque chimique	58
V.1.3. Le risque environnemental	58

V.1.3.1. Les conséquences sur l'environnement	59
V.2. Traitement des eaux usées	63
V.3. La Réglementation.....	64
V.3.1. Recommandations de l'OMS:.....	64
V.3.2. Recommandations de l'USEPA	65
V.3.3. Directives de la FAO	66
V.4. Effets de l'irrigation à l'eau usée sur les composantes du milieu cultivé	69
V.4.1. Effets de l'irrigation à l'eau usée sur la composante biologique :	70
V.4.2. Effets de l'irrigation à l'eau usée sur la composante chimique	70
V.4.2.1 Les matières organiques mortes	70
V.4.2.2. Les éléments minéraux	70
V.4.3. Analyse statistique Multidimensionnelle en Composante Principales.....	71
V.4.3.1. Structure et propriétés hydriques d'un sol irrigué	71
Conclusion	71
Chapitre VI: La Qualité Des Eaux D'irrigation	
VI.1. La qualité de l'eau d'irrigation	72
VI.1.1. La dureté	72
VI.1.2 Les éléments toxiques	72
VI.1.3 Les métaux lourds	72
VI.1.4 Les nutriments	72
VI.2. Les classifications des eaux d'irrigation	73
VI.2.1 La classification de l'USDA(1954)	73
VI.2.2. La classification de Christiansen et al (1977).....	75
VI.3 Les Diagrammes	76
VI.3.1. Diagramme de Piper	76
VI.3.2 Diagramme de Schoeller Berkloff	82
Chapitre VII: Etude hydrologique et calcul des besoins	
Introduction	86
VII.1. Etude hydrologique	86
VII.1.1. Homogénéité de la série pluviométrique	86
VII.1.2. Choix de type de loi	89
VII.1.2.1. Ajustement à la loi log Normale ou loi de Galton	89
VII.1.2.2. Calcul des caractéristiques empirique de l'échantillon	90
VII.1.3. Test d'adéquation ou test de Pearson.....	92
VII.1.4. Détermination de l'année de calcul	93
VII.2. Besoin en eau d'irrigation	94
VII.2.1. Réserve facilement utilisable (R.F.U)	95
VII.2.2. Evapotranspiration maximale (ETM)	95
VII.2.3. L'évapotranspiration potentielle ou de référence (ETP ou ET0).....	96
VII.2.4. L'évapotranspiration réelle ou de culture ou maximale	100
VII.2.5. Choix des cultures	100
VII.2.6. Efficacité d'irrigation.....	100
Conclusion.....	104
Chapitre VIII: Dimensionnement Du Réseau D'irrigation	
Introduction.....	106

VIII.1. L'irrigation localisée	106
VIII.2. Conditions d'arrosage par le système localises	107
VIII.2.1. Matériel de distribution	108
VIII.2.1. Tubes poreux	109
VIII.2.2. Gaines	109
VIII.2.3. Rampes équipées de distributeurs	109
VIII.2.4. Goutteurs	109
VIII.2.4.1. Débit de goutteurs	110
VIII.2.4.2. Mode de fonctionnement hydraulique des goutteurs	110
VIII.2.4.3. Mode de fixation des goutteurs sur la rampe	110
VIII.2.5. Mini diffuseurs	111
VIII.2.5.1. Débits	111
VIII.2.5.2. Mode de fonctionnement	111
VIII.2.5.1. Fixation sur la rampe	111
VIII.2.6. Ajustage calibrés (procédé Bas Rhône)	111
VIII.2.6.1. Débits	111
VIII.2.6.2. Mode de fonctionnement	112
VIII.3. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :	112
VIII.3.1 Avantages de l'irrigation localisée :	112
VIII.3.2. Inconvénients de l'irrigation localisée :	112
VIII.4. Impact de l'irrigation goutte à goutte sur le sol	113
VIII.5. Impact de l'irrigation goutte à goutte sur le végétal	114
VIII.6. Choix des techniques d'irrigation :	115
VIII.7. Composition d'une installation d'irrigation localisée:	115
VIII.7.1. Point de fourniture d'eau :	115
VIII.7.2. L'unité de tête	115
VIII.7.3. La conduite principale	116
VIII.7.4. Portes rampes :	116
VIII.7.5. Les rampes	116
VIII.7.6. Les goutteurs	116
VIII.7.7. Les distributeurs	116
VIII.8. Les équipements de contrôle des conduites	116
VIII.8.1. Les vannes	117
VIII.8.2. Les ventouses	117
VIII.8.3. vidange	117
VIII.8.4. Les bornes d'irrigation	117
VIII.9. Choix du système de distribution	117
VIII.10.Choix du type de réseau	117
VIII.11. Choix du matériau des conduites	118
VIII.12. Le tracé du réseau de distribution	118
VIII.13. Le plan de bornage	118
VIII.14. Les conditions hydrauliques de bornage	118
VIII.15. Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée d'un îlot type	123
VIII.15.1. Besoins journaliers	124
VIII.15.2. Besoins journalier en tenant compte de la réduction Kr	124
VIII.15.3. Dose nette pratique	124

VIII.15.4. Dose nette réelle	124
VIII.15.5. Dose brute	124
VIII.15.6. Fréquence des arrosages	124
VIII.15. 7. Durée d'arrosage	124
VIII.15.8. Durée d'arrosage journalier	125
VIII.15.9. Nombre de poste	125
VIII.15.10. Surface de la parcelle	125
VIII.15.12. Nombre de rampe par poste	125
VIII.15.13. Nombre de goutteurs par rampe	125
VIII.15.14. Débit d'une rampe	125
VIII.15.16. Débit d'une porte rampe	126
VIII.15.Calcul hydraulique	126
CONCLUSION	
Références Bibliographique	
Les annexes	

ملخص

هذه المذكرة تتضمن انجاز مشروع تزويد الأراضي الفلاحية بمياه سد الدحموني. تكمن هذه الميزة في طرح المياه المستعملة لمحطة التصفية لولاية تيارت , للدوائر الثلاث المجاورة و المياه المستعملة لمصنع بوشقيف في سد الدحموني و هذه الأخيرة تؤثر بشدة على نوعية المياه الموجهة لسقي المحيط الزراعي.

إن شبكة تحويل و توزيع المياه تهدف لسقي المحيط الزراعي عن طريق الضخ و متمركز في الضفة الشمالية للسد.

RESUME

Le présent travail consiste en la réalisation d'un projet d'approvisionnement des terrains agricoles à partir du barrage de Dahmouni. La particularité réside, dans le rejet des eaux usées de la STEP de Tiaret, trois commune et les eaux d'usine de Ain Bouchekif dans la retenue de ce barrage qui a affecté fortement la qualité de l'eau destinée à l'irrigation.

Un réseau d'adduction et distribution de cette eau est projeté pour irriguer par refoulement les exploitations agricoles situées sur la rive gauche du barrage.

Abstract

This dissertation consists of achieving a project of supplying the agricultural fields with the water of Dahmouni dam. This aim is about putting out the used water of cleansing station of Tiaret for the neighboring regions and the used water of Bouchekif in Dahmouni dam. The latter effects a lot the nature of the directed water to irrigate the agricultural field.

The net work distributing water to irrigate these fields using pumping and located in the North of the dam.

Liste des tableaux :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude :

Tableau I.1 : Station pluviométrique	05
Tableau I.2 : Répartition mensuelle de la température	07
Tableau I.3 : Humidité relative de l'air	08
Tableau I.4 : Répartition mensuelle de l'évaporation	09
Tableau I.5 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.....	11
Tableau I.6 : Caractéristique des forages	13
Tableau I.7 : Caractéristiques du barrage de dahmouni.....	17

Chapitre II : Présentation de STEP de Tiaret :

Tableau II.1: Caractéristique générale de la STEP.....	26
--	----

Chapitre IV : Analyse statistique multidimensionnelle en composante principales(ACP):

Tableau IV.1 : Matrice de corrélation entre les variables observées dans le barrage Dahmouni (2006. 2010).....	51
Tableau IV.2 : Variance totale expliquée des variables étudiées	53
Tableau IV.3 : Variance totale expliquée des variables étudiées	53

Chapitre V: la Réutilisation des eaux usées

Tableau V.1 : Recommandations microbiologiques de l'OMS	64
Tableau V.2 : Recommandations de l'USEPA	65
Tableau V.3 : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO.....	66
Tableau V.4 : Concentrations maximales d'éléments.....	68

Chapitre VI: la qualité des eaux d'irrigation

Tableau VI.1: la conductivité électrique	72
Tableau VI.2 : Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation. (Classification USDA).....	72
Tableau VI.3 : interprétation de classes issues de la projection sur le diagramme de RIVERSID.....	73
Tableau VI.4 : Les normes des eaux d'irrigation fixée par la FAO.....	73
Tableau VI.5 : La classification de Christiansen et al.....	74
Tableau VI.6 : Classification proposée par un groupe de chercheurs américains.....	75

Chapitre VII : Etude hydrologique et calcule des besoins :

Tableau VII.1 : Test de Wilcoxon88

Tableau VII.2 : Précipitation moyenne mensuelle et précipitation mensuelle 80%.....93

Tableau VII.3:Evapotranspiration de référence de la zone de projet selonPenman&Monteith.98

Tableau VII.4 : Les précipitations efficaces.....99

Tableau VII.5 : besoin en eau d'irrigation de périmètre.....101

Chapitre VIII : Système d'irrigation

Tableau VIII.1 débits de bornage121

Liste des figures :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude :

Figure I.1 : Situation géographique de la Wilaya et de la commune.....	4
Figure I.2 : Chronologie des pluies annuelles au niveau de station	6
Figure I.3 : Chronologie des pluies Mensuelles au niveau de station	7
Figure I.4 : Variations des températures moyennes mensuelles.....	8
Figure I.5 : Variation de l'humidité relative.....	9
Figure I.6 : Histogramme de l'évaporation.....	10
Figure I.7 : Courbe Ombrothérmique.....	10
Figure I.8 : L'indice D'Aridité (Martonne).....	12
Figure I.9 : localisation de la zone d'étude.....	14
Figure I.10 : Le Bassin Versant De Nahr Ouassel.....	16
Figure I.11 : Vue d'ensemble des structures du barrage.....	17

Chapitre II : Présentation de STEP de Tiaret:

Figure II.1 : localisation de la STEP	26
---	----

Chapitre III : Etude des paramètres physico-chimiques du plan d'eau :

Figure III.1 : Variation mensuelle de la température de l'eau	32
Figure III.2 : Variation mensuelle de la conductivité de l'eau	34
Figure III.3 : Variation mensuelle du Potentiel Hydrogène de l'eau	35
Figure III.4 : Variation mensuelle de la Turbidité de l'eau	36
Figure III.5 : Variation mensuelle du calcium dans l'eau	37
Figure III.6 : Variation mensuelle du potassium dans l'eau	38
Figure III.7 : Variation mensuelle du magnésium dans l'eau.....	39
Figure III.8 : Variation mensuelle du sodium dans l'eau.....	40
Figure III.9 : Variation mensuelle de chlorures dans l'eau.....	41
Figure III.10 : Variation mensuelle du sulfate dans l'eau.....	42
Figure III.11 : Variation mensuelle des Nitrates.....	43
Figure III.12 : Variation mensuelle de l'Oxygène dissous dans l'eau.....	44
Figure III.13 : Variation mensuelle de la demande biologique en oxygène.....	45
Figure III.14 : Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène.....	46
Figure III.15 : Variation de SAR.....	47

Chapitre IV: Analyse statistique multidimensionnelle en composante principales(ACP):

Figure IV.1 : Graphique des valeurs propres pour l'analyse en composante principale	52
---	----

Figure IV.2 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 2) % Inertie totale.....	55
Figure IV.3 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 3) Inertie totale ...	55
Chapitre V : Réutilisation des eaux usées :	
Figure V.1 : Classification des métaux lourds en fonction des risques et de l'intérêt agronomique.....	57
Figure V.2 : Processus de l'eutrophisation.....	59
Figure V.3 : Schéma des principales phases de l'eutrophisation.....	61
Chapitre VI: La qualité des eaux d'irrigation:	
Figure VI.2 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2006).....	76
Figure VI.2 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2007).....	77
Figure VI.3 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2008).....	78
Figure VI.4 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2009).....	79
Figure VI.5 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2010).....	80
Figure VI.6 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2006).....	81
Figure VI.7 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2007).....	82
Figure VI.8 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2008).	83
Figure VI.9 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2009).	84
Figure VI.10 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2010).	85
Chapitre VII: Etude hydrologique et calcule des besoins :	
Figure VII.1 : Ajustement à une loi log- normale.....	92
Chapitre VIII : Système d'irrigation :	
Figure VIII.1 : les modes d'irrigation	105

Liste des planches :

Planche 1 : Plan du réseau collectif d'irrigation du périmètre de Dahmouni (W. Tiaret) ;

Planche 2 : Profil en long de la conduite principale ;

Planche 3 : Vue de dessus d'ilot ;

Planche 4 : Réseau de distribution ;

Planche 5 : Présentation générale de la zone d'étude ;

INTRODUCTION GENERALE :

L'eau est un élément naturel essentiel à la vie de l'humanité, à son essor économique et social et à l'équilibre écologique de son cadre de vie sur la planète terre. En Algérie le contexte hydrologique reste principalement influencé par une irrégularité annuelle et une variabilité inter-annuelle très marquée des précipitations et une hétérogénéité de leur distribution. L'alternance de séquences pluvieuses et de séquences de sécheresse d'intensité et de durée variables est également un trait dominant du climat qui influence fortement le régime hydrologique des milieux aquatiques. Face à cette grande variabilité et imprévisibilité qui caractérise la disponibilité en eau, il est devenu indispensable de maîtriser et stocker l'eau de surface pendant les périodes humides pour pouvoir l'utiliser tout au long de l'année et sécuriser l'approvisionnement en eau pour l'agriculture et l'alimentation lors des années sèches.

Actuellement, l'Algérie dispose de plus de 62 grands barrages, dont la capacité totale avoisine 6,5 milliards de m³. Cette importante capacité assure la régularisation inter-annuelle de près de 46,2 % des eaux de surface mobilisables, soit 3 milliard de m³ selon l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT, 2009). L'infrastructure et les ouvrages hydrauliques, jouent un rôle clé dans l'économie du pays. Ils constituent une étape décisive à l'approvisionnement en eau des secteurs de l'eau potable, de l'irrigation et de la production industrielle et énergétique. Ils permettent également la protection contre les inondations des larges zones du territoire national. Cependant, des inquiétudes sérieuses en rapport avec la détérioration de la qualité de l'eau stockée dans ces réservoirs viennent s'ajouter au problème de la sécheresse que connaît l'Algérie ces dernières années. Il s'agit principalement des problèmes liés à l'envasement, à la salinisation et à l'eutrophisation des retenues. Ces phénomènes représentent une contrainte sérieuse pour une utilisation durable et multiple des ressources en eau stockées dans ces ouvrages.

La présente étude, porte sur le barrage de Dahmouni et vise à établir un diagnostic de l'état actuel des eaux.

Objectif de ce travail consiste a :

- ❖ La première partie concerne la présentation et la caractérisation de la région d'étude ;
- ❖ La deuxième partie est consacrée à la présentation de la Station d'Épuration de Tiaret ;

- ❖ La troisième consiste à déterminer l'influence de la qualité de l'eau par ces propriétés physiques, chimiques et biologiques ;
- ❖ La quatrième partie intègre les intérêts et contraintes de la REUE ;
- ❖ La cinquième partie est consacrée aux résultats qualitatifs et quantitatifs des facteurs abiotiques et biotiques, suivie par une approche statistique multidimensionnelle par analyse en composante principale (ACP) ;
- ❖ La sixième partie concerne la qualité des eaux du barrage de Dahmouni ;
- ❖ La septième partie concerne l'étude hydrologique et le calcul des besoins ;
- ❖ La huitième partie consiste à dimensionner un réseau d'irrigation (Irrigation localisée).

Introduction :

L'objectif de ce chapitre, c'est de connaître la situation de la zone d'étude de point de vue géographique, hydrogéologique, géologique, pédologique, climatique et hydraulique; et cela nous permet de mener à bien notre travail.

I.1. Localisation Géographique de la Wilaya de Tiaret :

La Wilaya de Tiaret se trouve à 280km au Sud-Ouest de la capitale Alger à une altitude comprise entre 900m à 1100 m, sur les hauts plateaux Ouest. Elle est limitée :

- ❖ Au Nord par la wilaya de Tissemsilt et Relizane ;
- ❖ A l'Ouest par Mascara et Saida ;
- ❖ A l'Est par Djelfa ;
- ❖ Au Sud par les wilayas d'El Bayadh et Laghouat.

La Wilaya couvre une superficie de 20050.05km², elle se compose de 14 daïras et 42 communes parmi lesquelles la commune de Dahmouni.

I.2. Situation Géographique de la Commune de Dahmouni:

La commune de Dahmouni est située à une distance de 14 km de la ville de Tiaret, la ville de Dahmouni est localise dans la partie Nord-Est de la Wilaya de Tiaret, sa liaison est assurée par deux importants axes (RN40 menant vers Djelfa, RN14 vers Tissemsilt), elle est limitée :

- ❖ Au Nord par Tidda ;
- ❖ Au Nord-Est par Sidi-Hosni et Sebaine ;
- ❖ Au sud par Ain bouchekif ;
- ❖ Au Sud-Ouest par Tiaret ;
- ❖ A l'Ouest par Oued –Lili.

La commune couvre une superficie de 16 425 hectares, avec un nombre d'habitants de 20.739 hab.

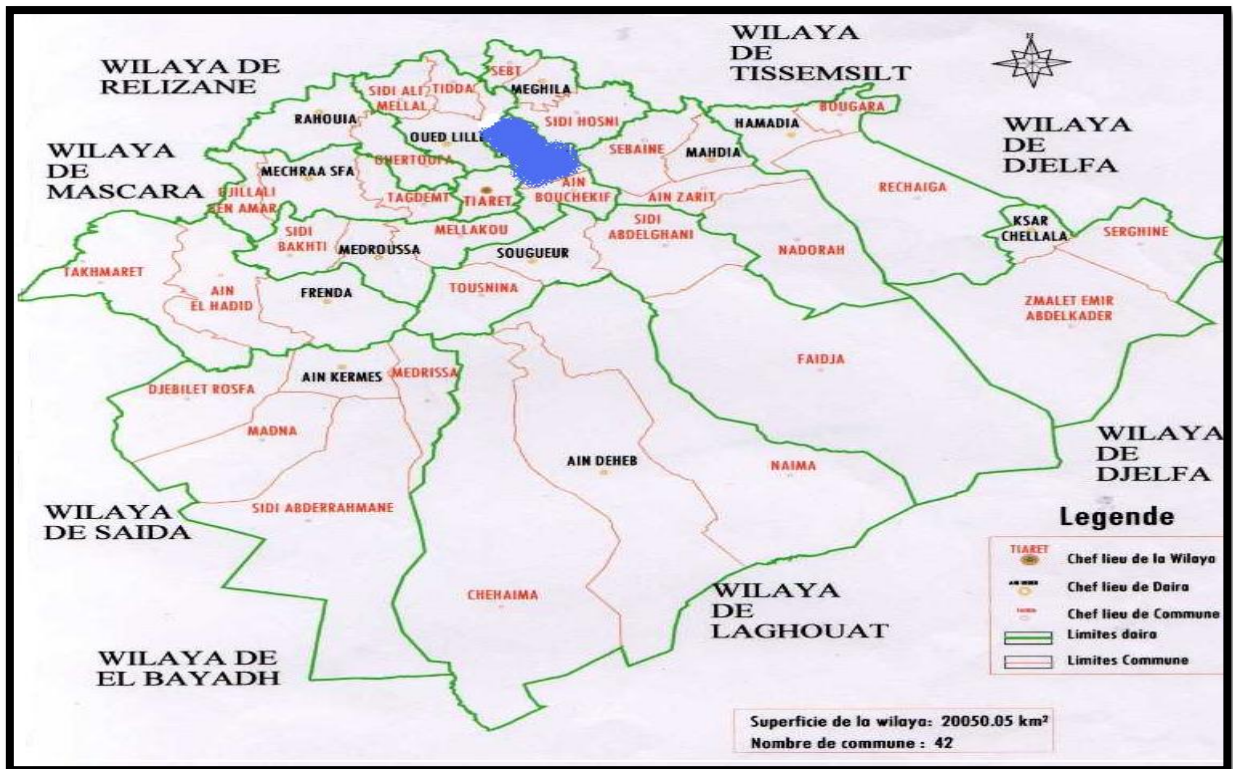


Figure I.1 : Situation géographique de la Wilaya et de la commune.

Source DHW

I.4. Présentation Climatique de la Commune Dahmouni :

Le climat de la région Dahmouni est caractérisé par une période sèche qui s'étale sur près de 5 mois (juin à octobre) avec des températures pouvant dépasser 30°C en période estivale (juillet-août). Le type de climat est semi-aride.

I.4.1. Pluviométrie :

Toutes les eaux météoriques qui tombent à la surface de la terre tant sous forme liquide que solide (neige, grêle) sont provoquées par un changement de température ou de pression

Les précipitations, qui sont le facteur principal de l'alimentation des cours d'eau, ont une influence sur la variabilité des écoulements à toutes les échelles de temps. L'étude des séries hydrométriques menée sur une durée assez longue permet donc d'évaluer la réponse des rivières aux variations du climat.

Elles sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la répartition du tapis végétal, l'alimentation des nappes, des barrages, des plans d'eau et contribuent à la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion.

Les données d'observation utilisées sont celles enregistrées au niveau de station climatique de la région.

Tableau I.1: Station pluviométrique.

Station	Code	Coordonnées			Période d'observation	Nombre d'années observées
		X (Km)	Y (Km)	Z		
Dahmouni	010904	388.8	235.95	970	1981 - 2011	31 ans

I.4.1.1. Analyse des Précipitations Annuelles :

Pour étudier ces données, nous nous sommes basés sur une série de mesures s'étalant sur la période allant de 1981 à 2011. Cette série est représentée dans l'ANNEXE I et la figure I.2, permettent de dire que :

La variation des précipitations annuelles durant la période d'observation montre l'écart important entre les valeurs extrêmes, signe d'une grande irrégularité. Nous remarquons d'après la figure I-2 les valeurs maximales et minimales sont 534 ; 176.2 qui ont été observées respectivement en 1997 et 1983 et avec une moyenne de 328.59 mm.

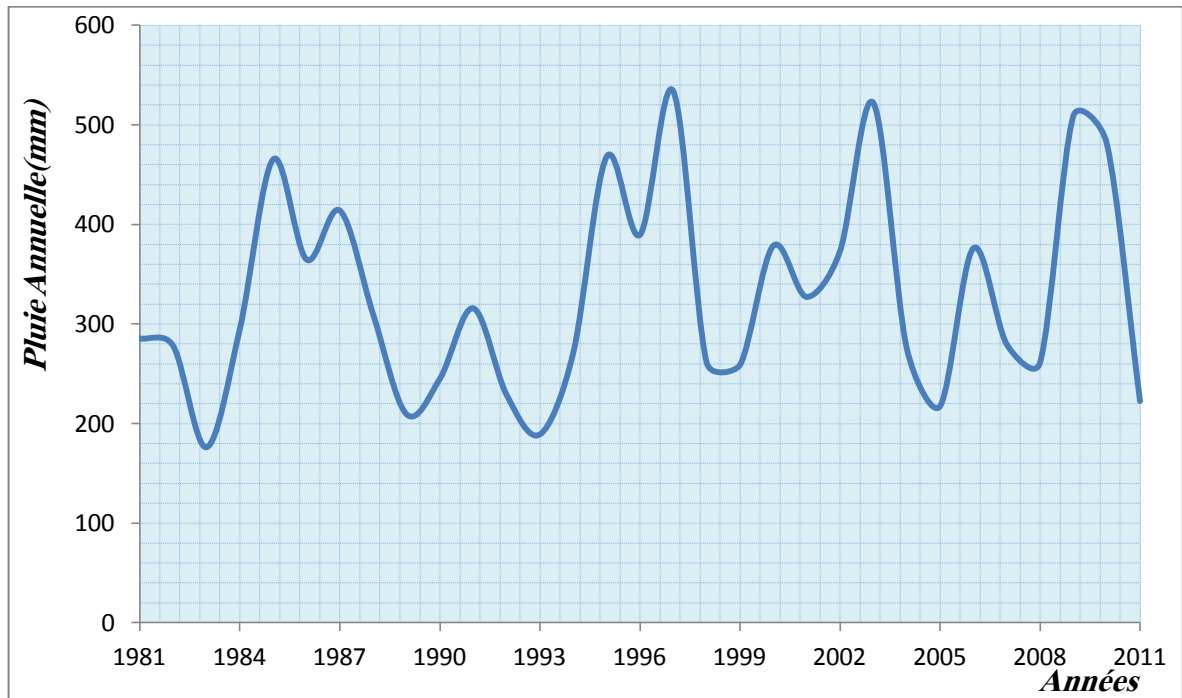


Figure I.2: Chronologie des pluies annuelles au niveau de station.

I.4.1.2- Analyse des Précipitations Mensuelles :

Elles permettent de faire ressortir les caractéristiques générales des précipitations, leurs nuances spatiales et leurs irrégularités temporelles.

A l'échelle mensuelle pour la station on remarque que la période pluvieuse s'étend du mois de novembre jusqu'au mois de mai, et la période sèche allant du mois de juin jusqu'au mois de septembre, avec une intensité minimale enregistrée au niveau du mois de juillet qu'est considéré comme le mois le moins pluvieux, par ailleurs, un pic enregistré dans le mois de Janvier, ce mois est considéré comme le mois le plus pluvieux.

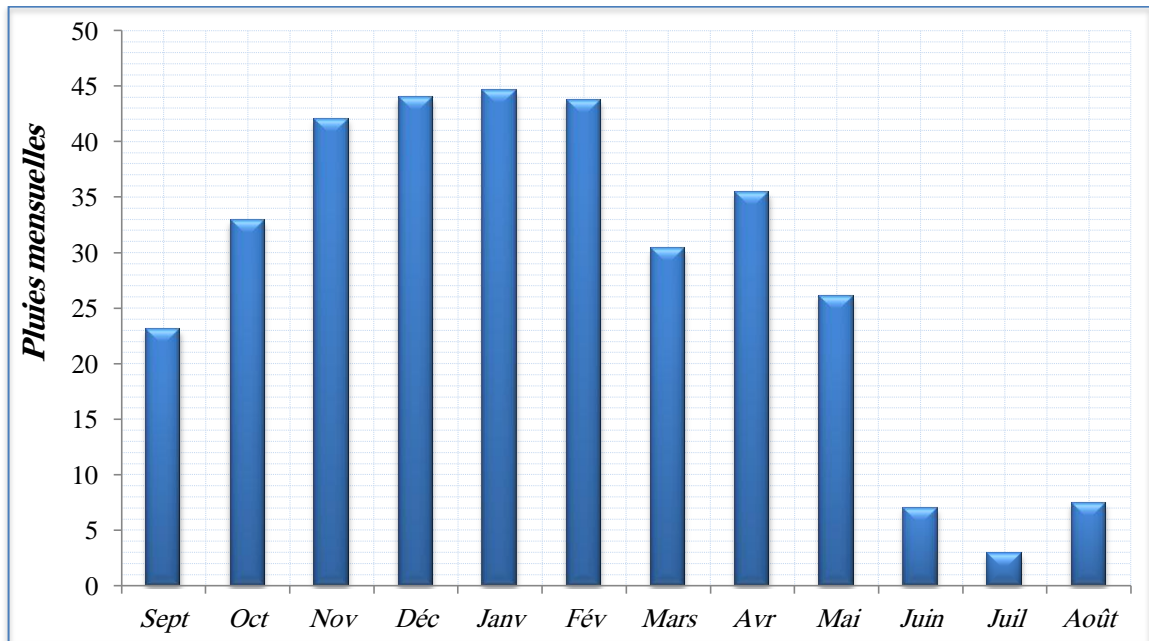


Figure I.3 : Chronologie des pluies Mensuelles au niveau de station.

I.4.2.La Température :

Les températures mesurées au niveau de la station de Dahmouni sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Répartition mensuelle de la température :

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T max (°c)	11.3	13.4	16.4	18.1	19.9	30.2	34.4	38.6	28.4	22.2	16.1	12.2
T min (°c)	1.1	1.3	3.4	5.9	8.9	13.7	17.0	17.4	17.2	9.6	5.1	3.8
T moy (°c)	5.6	6.9	9.8	12	14.4	22.2	25.9	28	22.8	15.4	10.6	8.0

Source : DHW(TIARET)

A partir du graphe des températures, on peut distinguer deux grandes périodes :

- 1- Période froide : allant du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril, et caractérisée par une température moyenne minimale de l'ordre de 5.6 C° au mois de Janvier.
- 2- Période chaude : elle s'étale du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre et le mois de juillet est le plus chaud de l'année avec une température moyenne mensuelle de 28 C°.

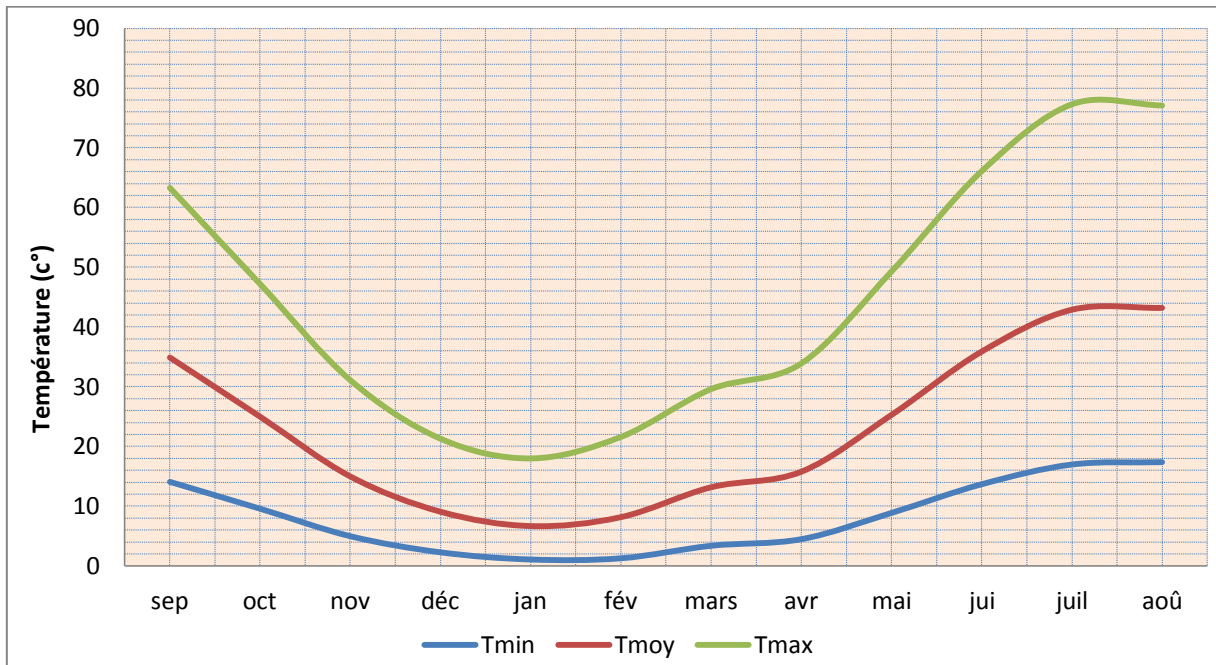


Figure I.4 : Variations des températures moyennes mensuelles

I.4.3.Le Vent :

Les vents dominants circulent dans le sens suivant : de l'Ouest vers le Nord-Ouest dans la période allant du mois d'Octobre au moi du mai, et de l'Est vers le Sud-est de Juin à Septembre avec une fréquence supérieure 14%. La vitesse moyenne mensuelle du vent varie de 2,5 à 3,5m/s.

I.4.4.L'Humidité Relative :

La moyenne annuelle de l'humidité relative est de 59,4%. Elle atteint des pics durant les saisons d'automne et hiver avec pourcentage de 73 et 79% et reste faible durant l'été où elle oscille entre 34 et 43%.

Tableau I.3 : Humidité relative de l'air (%)

Station de Dahmouni	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Humidité relative (%)	76.0	72.0	64.0	63.0	57.0	43.0	34.0	37.0	52.0	63.0	73.0	79.0	59.4

Source : DHW(TIARET)

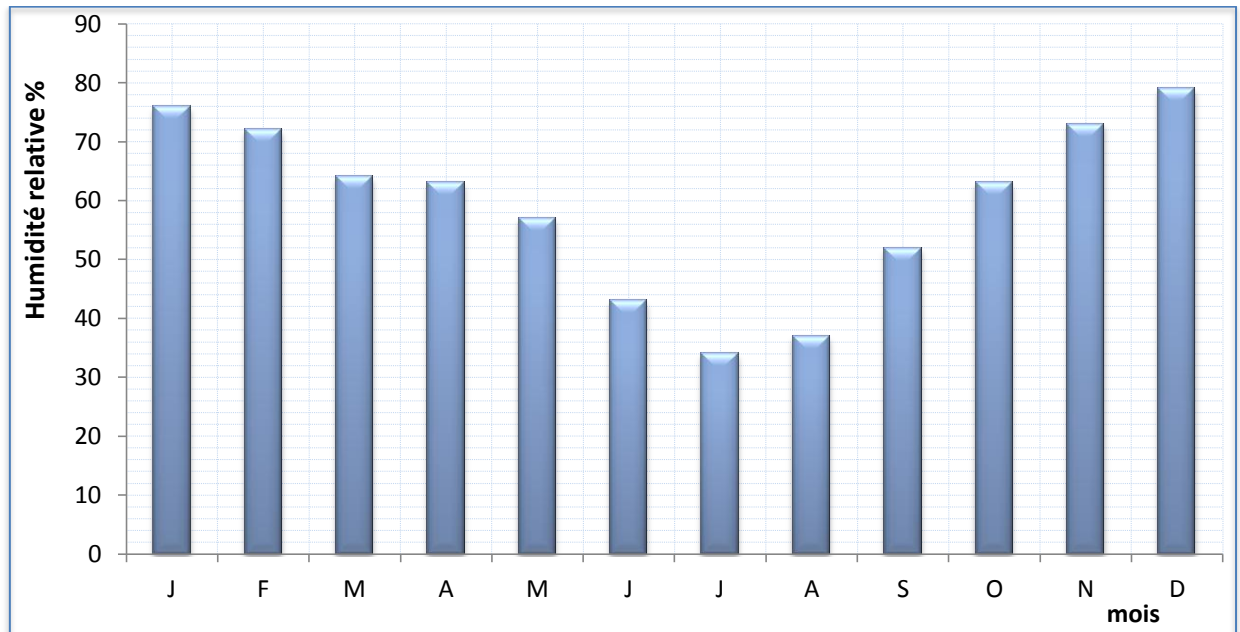


Figure I.5 : Variation de l'humidité relative(%)

I.4.5. L'Evaporation :

L'évaporation mensuelle varie de 34,1 à 235,6mm. Sa répartition mensuelle montre une croissance régulière du mois de Janvier a Août.

Tableau I.4 : Répartition mensuelle de l'évaporation

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E _v Max (mm)	74 ,4	66.7	80.6	96	114.7	165	235.6	204.6	159	120.9	75	62
E _v Min (mm)	40,3	34.8	68.2	78	80.6	117	158.1	148.8	114	80.6	51	34.1
E _v Moy (mm)	55,8	52.2	77.5	84	99.2	150	207.7	182.8	138	96.1	60	52.7

Source : DHW(TIARET)

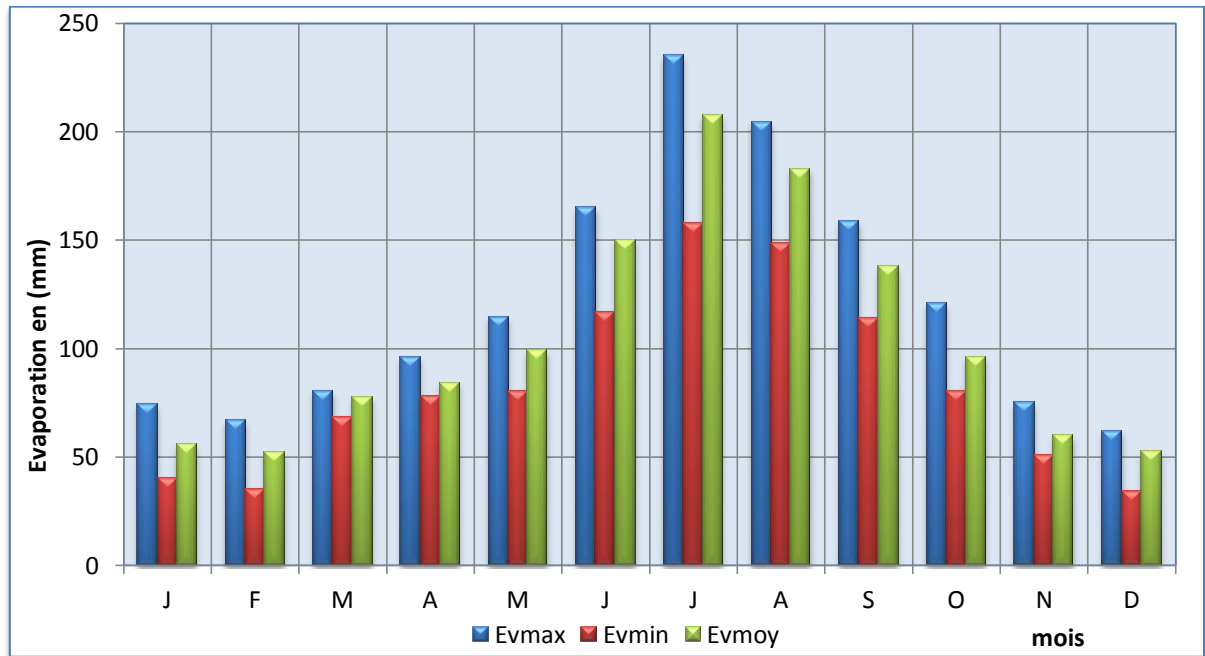


Figure I.6 : Histogramme de l'évaporation

I.4.6. Le Régime Climatique de la Région d'Etude :

I-4-6-1 Méthode Pluviométrique :

La méthode pluviométrique appelée également Diagramme Ombrothermique de Gausson, est une représentation graphique de la température et de précipitations.

- ✚ En abscisse, les mois de l'année;
- ✚ En ordonnée, les températures (°C) et les précipitations (mm) de telle sorte que l'échelle des températures soit relative au double de celle des précipitations.

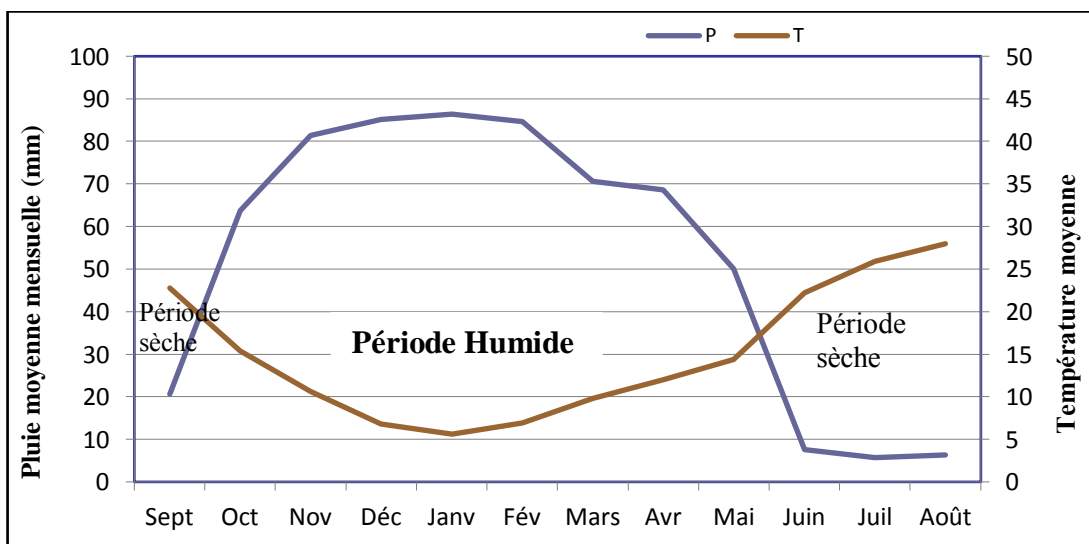


Figure I.7: Courbe Ombrothermique

La période humide correspond à toute la partie pour laquelle la courbe pluviométrique se trouve au-dessus de la courbe thermique, et les deux zones extrêmes du graphe sont les périodes sèches (DAJOZ, 2000).

De cette courbe, il découle une période humide qui s'étale sur 07 mois (d'Octobre à Mai) et une saison sèche estivale qui s'étale sur le reste des mois de l'année Figure(I.7).

I-4-6-2 Indice d'Aridité de Martonne :

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (I_A). Cet indice est fonction de la température (T en °C) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude. Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

Avec I_A : indice d'aridité

$$I_A = \frac{P}{T + 10}$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

T : température moyenne annuelle (°C)

A.N: $I_A = \frac{339.54}{14.7 + 10} = 13.75 \rightarrow I_A = 13.75$

Tableau I.5 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne :

Valeur de I_A	Type de climat	Irrigation
$I_A \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I_A \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I_A \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

$I_A = 13.75$ tend vers le Sec, alors l'irrigation indispensable.

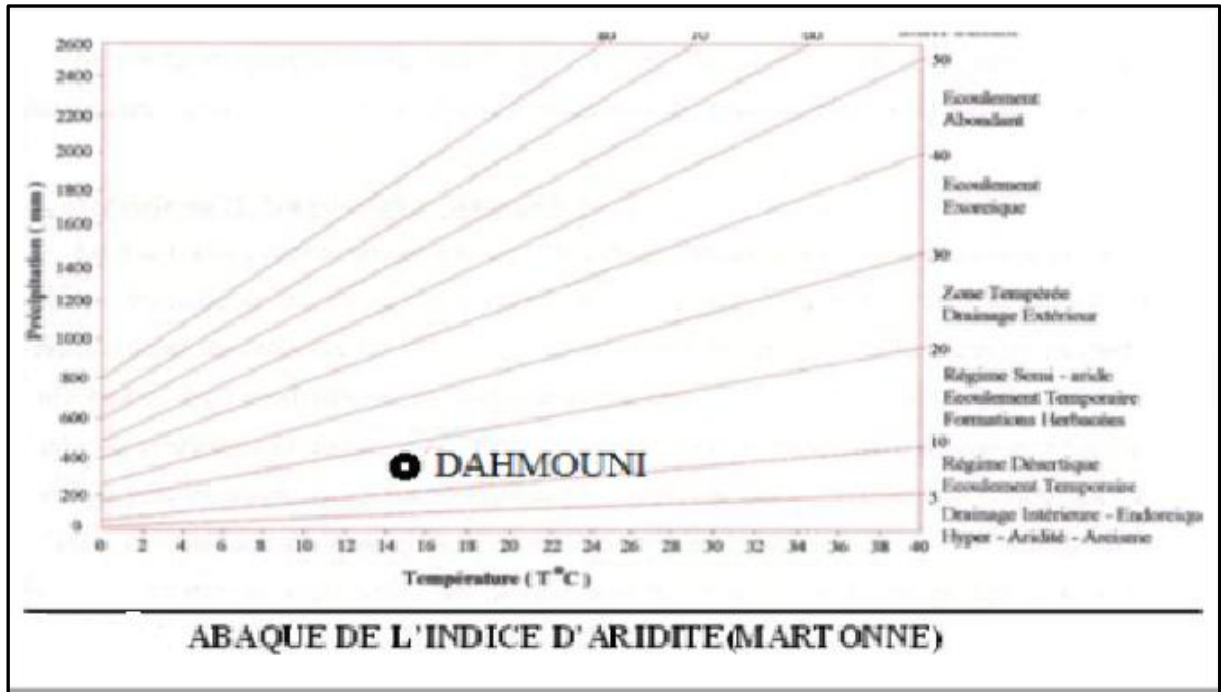


Figure I.8: L'indice D'Aridité (Martonne)

I.5. Les Ressources Hydriques Superficielles :

La commune de Dahmouni possède plusieurs cours d'eau qui sont :

- ❖ Oued Tiguiguest ;
- ❖ Oued Zeldja ;
- ❖ Oued Hallouf ;
- ❖ Oued Bouguroudj ;
- ❖ Oued Bourahma ;
- ❖ Oued Chérta ;
- ❖ Oued El Hamra .

Ces cours d'eau se déversent dans l'Oued principal Nahr Ouassel. Parmi les ouvrages assurant la mobilisation des ressources superficielles figure le barrage de Dahmouni (mis en service en 1987). Le barrage est affecté à l'irrigation.

I.6. les Sources Souterraines :

La ville est approvisionnée par cinq forages alimentés par des aquifères à nappe captive. Les cinq forages présentent les caractéristiques suivantes :

Tableau I.6 : Caractéristique des forages

Nom du forage	coordonnées	Débit de forage(l/s)	Débit d'exploitation(l/)	Profondeurs (m)	HMT(m)	Année réalisée	Année mise en service	Temps de pompage(h)	Observations
F 01	X=391.75 Y=237.60 Z=970	14	10	125	125	1988	1989	24	Exploité
F 02	X=392.65 Y=236.4 Z=937	16	10	155	100	1992	1998	24	Exploité
F 03	X=388.65 Y=235.70 Z=991	10	5.7	150	72	1984	1984	24	Exploité
F 04	X=392.10 Y=236.85 Z=950	21	15	150	72	2006	2006	24	Exploité
F 05	X=390.30 Y=237.50 Z=970	7.60	5.00	150	72	2006	2006	24	Exploité

Source : DHW de (Tiaret)

I.7. La Pédologie :

Le périmètre d'étude couvre une superficie de 1200ha, ce dernier s'étale sur un secteur de glacis faisant partie de la région dite de (Bled Dahmouni) bordé au Nord par la route nationale N°14, à l'Ouest par la piste reliant Douar Ouled Ben Adda à la RN14, à l'Est par Bled Teslemt Essebain. Quant aux régions Sud elles sont limitées par l'axe d'écoulement d'un affluent d'Oued Nahr Ouassel. Sur le plan intégration du périmètre dans son contexte régional, il est à noter qu'il fait partie des aires intermédiaires entre les piedmonts d'Ouersenis au Nord et les plateaux au Sud.

Cette zone a été appelée (zone d'extension) ou secteur rive gauche.

I.7.1. Géologie et Géomorphologie :

La région de Sersou fait partie des hautes plaines sud-oranaises qui débordent vers le Nord montagneux et le sud steppique. C'est un vaste plateau semi-aride bordé à l'Est par la zone de Ksar-El –Boukhari, au Nord par le massif de l'Ouersenis et au Sud par le Sersou «Sahari» (zone de contact sud avec le Djebel-Nador et la zone de steppe).

Les formations géologiques sur lesquelles se sont développées les sols du périmètre étudié, se rattachent essentiellement au :

- ◆ Quaternaire continental formé d'alluvions et dépôts de pente à base de limons et de sables ;
- ◆ Pliocène continental formé de limons sableux avec pierres de grès gros éléments de conglomérats et de calcaires lacustre ;
- ◆ Miocène supérieur marin, représenté par les calcaires blancs organogènes, les calcaires marneux, les marnes et les argiles avec de rares lames de grès micacé ;
- ◆ Miocène marin inférieur, constitué de marnes grises foncées et de grès micacés.

I.7.1.1. Géomorphologie :

Trois compartiments géomorphologiques constituent l'essentiel de la morphologie locale du périmètre d'étude :

- Les glacis à pente douce, formés essentiellement de grès, grès calcaire et calcaire conglomératique ;
- Les collines qui confèrent au périmètre un aspect ondulé résultant de la nature géologique à base de formations tendres, marneuses et marno-calcaires ;
- Les terrasses alluvionnaires correspondantes aux zones de dépôt dont la nature reste tributaire de celle des formations environnantes.

I.7.2. Classification des Sols :

On a cinq grandes classes de sols :

- Les sols peu évolués ;
- Les vertisols ;
- Les sols calcimagnésiques ;
- Les sols à sesquioxides de fer ;
- Les sols isohumiques.

I.7.3. Les Ressources en eaux superficiels :

L'objectif de l'étude des ressources en eaux superficiels est de définir les disponibilités en eau pour l'irrigation du périmètre (rive gauche), tout en tenant compte qu'il sera alimenté à partir du barrage de Dahmouni.

Les ressources à mobiliser pour la seule utilisation envisagée : Irrigation.

I.8. Caractéristiques Générales du Bassin Versant et du Site du Barrage :**I.8.1. Caractères Géographiques :**

Le bassin versant de l'Oued Nahr Ouassel qui alimente le Barrage de Dahmouni se situe dans la région des « Bleds », limitée au Nord par les monts de Tiaret ; à l'Est par le plateau de sersou ; au Sud par le bassin de l'Oued Soussellem, et à l'Ouest par le bassin de l'Oued Mina. Le bassin en amont du Barrage est composé par deux sous bassins bien définis : un au Nord de l'Oued Nahr Ouassel, dans le sens Ouest-Est, et l'autre formé par son affluent principal, l'Oued Skif dans la direction Nord-Sud.

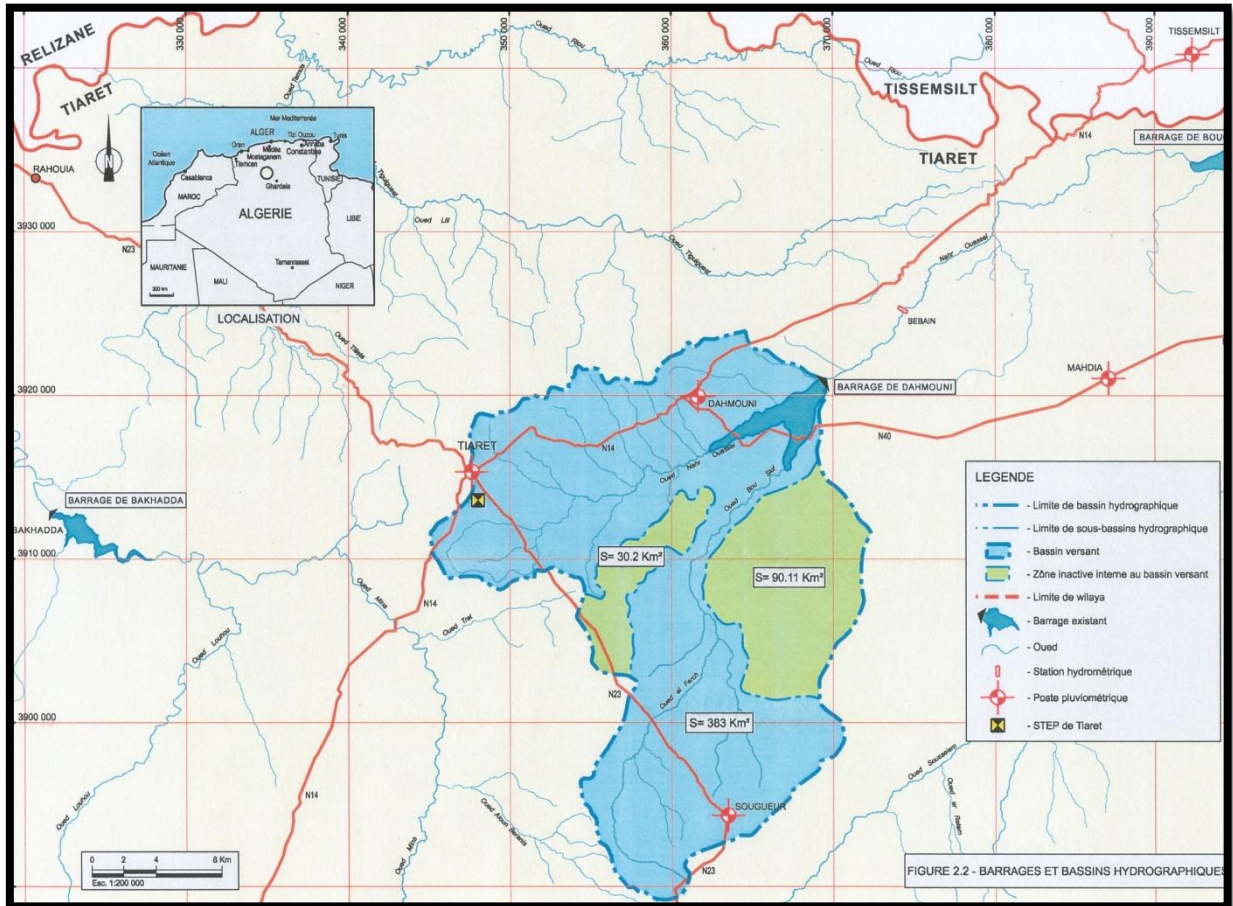


Figure I.10. Le Bassin Versant De Nahr Ouassel

Source : DHW

Le bassin versant du Barrage de Dahmouni sur l'Oued Nahr Ouassel (affluents du Chliff) avec une superficie de 530km², ce barrage se trouve sur une distance de 20Km à l'Est de la ville de Tiaret et environ de 8 km au Nord-Est de la ville de DAHMOUNI.

L'objectif principal de l'ouvrage de Dahmuoni est la fourniture d'eau brute pour l'irrigation de cette région de façon à aider son développement agricole.

L'aménagement du Barrage de Dahmouni est composé par les structures suivantes :

- ❖ Digue en terre, avec noyau et filtres, ayant une hauteur maximale à partir de la fondation de 35.0m, longueur de la crête égale à 850.0m, appuyée sur une fondation en roche altérée.
- ❖ Evacuateur de crues (Déversoir en canal latéral) à la cote 925.0m, situé sur l'appui droit ;
- ❖ Tour de prise d'eau.

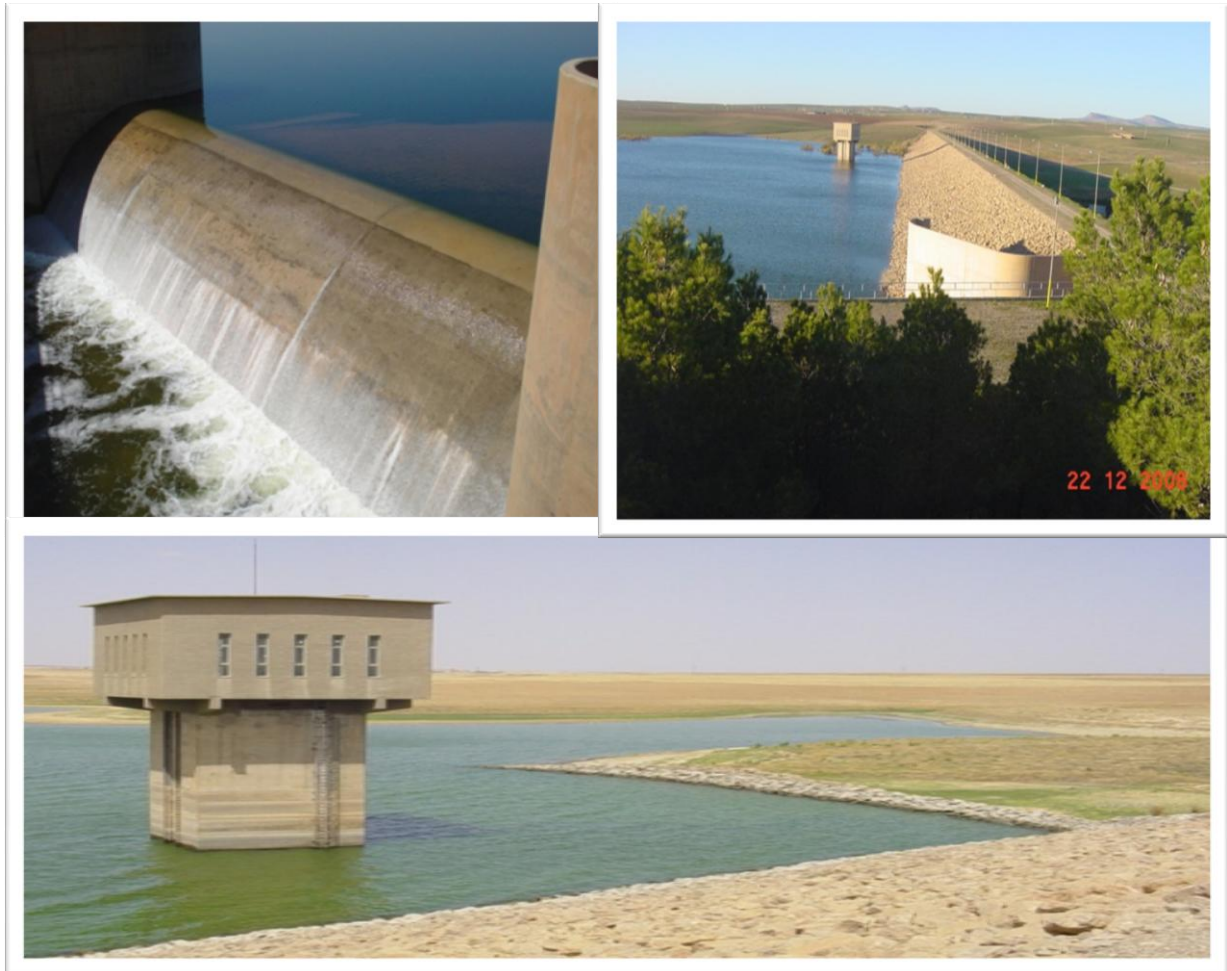


Figure I.11 : Vue d'ensemble des structures du barrage.

I.8.2. Caractéristiques du Barrage de Dahmouni :

Les différentes caractéristiques du barrage de Dahmouni sont représentées dans le tableau ci-dessous Tableau .I.7.

Tableau. I.7 : caractéristiques du barrage de Dahmouni :

Année		Caractéristiques hydrologiques		Caractéristiques du barrage	
Construction	1984	Oued :	NAHR OUASSEL	Type :	TERRE
		Capacité initiale :	41hm ³	Hauteur :	35m
Mise en eau	1987	Capacité dernier levé(2004) :	39.52hm ³	Longueur :	850m
		Apport moyen annuel :	13.30hm ³	R.N :	925m
		Envasement annuel :	0.40hm ³ /an	P.H.E :	928.80m
		Surface du bassin versant :	530km ²	Déversoir :	515m ³ /s
				Vidange de fond :	6m ³ /s

R.N : Côte Retenue Normale ;

P.H.E : Côte plus Hautes Eaux.

L'eau du barrage de Dahmouni s'écoule vers la station de pompage par la gravité, la conduite d'adduction a une longueur totale de 630m. La conduite de refoulement qui relie la station de pompage est le réservoir est caractérisée par :

- Longueur de 6Km ;
- Débit de $3.4\text{m}^3/\text{s}$;
- Diamètre DN 1600.

I.9. La Station de Pompage :

Localisés à environ 630m du barrage. La station de pompage est munie de pompes centrifuges à axe horizontal en charge, ce qui signifie que le niveau d'installation des pompes sera d'environ 11m au dessous du niveau minimum de la retenue de Dahmouni (912.40m).

I.10. Le Réservoir :

Le réservoir est localisé à gauche de la route nationale Tiaret-Tissemsilt et est alimenté par la conduite de refoulement et de distribution vers le secteur d'irrigation Rive gauche. Le plan d'eau normal dans le réservoir correspond à la cote 994 m. le volume total du réservoir est estimé à 3500m^3 .

Conclusion :

La commune de Dahmouni s'étend sur une superficie de 16.425 hectares et avec un nombre d'habitants de 20.736 hab.

Dans notre étude, on a s'intéressé les différentes caractéristiques de la zone d'étude, est caractérisé par un climat semi- aride à hiver tempéré ou les précipitations moyennes annuelles allant jusqu'à la valeur 543 mm, la température moyenne annuelle est de l'ordre de 15.13C° , l'évaporation est de 104.67mm et l'humidité relative moyenne mensuelle de l'ordre de 59.4%. Les vents dans la région d'étude sont caractérisés par une vitesse moyenne mensuelle du vent varie de 2.5 à 3.5 (m/s).

La commune possède 7 cours d'eau, Ces cours d'eau se déversent dans l'Oued Nahr Ouassel, ce dernier qui draine le barrage de Dahmouni. Les eaux du barrage destiner totalement à l'irrigation du périmètre de Dahmouni. Concernant les sources souterraines, nous avons 5 forages.

Introduction :

Avec l'augmentation de la population et l'évolution des modes de vie, les besoins de plus en plus importants en eau ce font sentir d'où le recours au recyclage des eaux usées non seulement à l'alimentation en potable des populations et des cheptels mais aussi pour l'agriculture et l'industrie. C'est pour ces raisons, l'eau est appelée or bleu.

Lorsque les eaux usées ne sont pas traitées, la charge polluante excède la capacité d'auto-épuration naturelle de eau et peuvent causer des maladies à transmission hydrique (MTH) et un désastre écologique, allant jusqu'à la mort de la faune et la flore des Barrages et des Oueds.

II.1. Les STEP qui Fournissent Actuellement De L'eau à L'Agriculture En Algérie :

- L'irrigation d'un périmètre de M'leta à partir de STEP d'Oran,
- L'irrigation d'un périmètre à partir de STEP de BBA (BOURJ BOUARRERIDJ),
- L'irrigation d'un périmètre à Constantine à partir de STEP de Hamma Bouziane.

II.2. Définition des Eaux Usées :

Une eau usée est une eau rejetée après utilisation domestique (eau provenant des toilettes, installations sanitaires, cuisines et machines à laver), des rejets industriels et des eaux de ruissellement notamment pluviales.

II.3. Différents Types des Eaux Usées (Origine des Eaux Uses Urbaines) :

Les cours d'eau ont une capacité naturelle d'épuration. Mais cette capacité a pour effet de consommer l'oxygène de la rivière et n'est par sans conséquences sur la faune et la flore aquatiques. Lorsque l'importance du rejet excède la capacité d'autoépuration de la rivière, la détérioration de l'environnement peut être durable. Les zones privées d'oxygène par la pollution entraînent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables empêchant notamment la migration des poissons. La présence excessive de phosphates, en particulier, favorise le phénomène d'eutrophisation, c'est -à- dire la prolifération d'algues qui nuisent à la faune aquatique, peuvent rendre l'eau dangereuse et perturbent la production d'eau potable.

On distingue plusieurs grandes catégories d'eaux usées :

II.3.1. Les eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles répartissent :

- ❖ Des eaux vannes : il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.
- ❖ Des eaux ménagères qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques.

Les déchets présents dans ces eaux souillées sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension.

II.3.2. Les eaux pluviales :

Elles peuvent, elles aussi, constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, de résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...), lessivage des zones agricoles traitées (épandage de désherbants et d'engrais).

Les polluants présents dans ces eaux peuvent être des matières organiques biodégradables ou non, des matières minérales dissoutes ou en suspension, des toxiques.

II.3.3. Les eaux industrielles :

Ce sont des eaux usées rejetées par les unités industrielles. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matière organique, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et même des hydrocarbures.

Une épuration commune des eaux usées industrielles avec les eaux domestiques peut s'envisager à condition que la nature des pollutions soit identique et exempte de substance toxiques (cas des industries agroalimentaires par exemple).

II.3.4. Les matières de vidange :

Dans toutes les communes, il existe des habitants non raccordés ou non raccordables à l'égout public. Or toute fosse septique ou appareil équivalent produit obligatoirement des matières de vidange. L'évacuation et le traitement de ces matières domestiques font partie intégrante de l'assainissement.

Ces matières de vidange sont un concentré de pollution. Leur rejet, inconsideré dans le milieu naturel rend inutile tous le effort consentis en amont pour éviter la pollution par les effluents domestique et accroît les risques sanitaires de pollution des eaux et les nuisances.

Le mode de transport de ces eaux est en fonction de leur origine et, leur composition en matières. De ce fait, elles peuvent être transportées séparément d'après leur nature, ou mélangées dans le même transit, c'est-à-dire système unitaire.

II.4. Systèmes de Réseaux :

L'évacuation des eaux usées domestiques, industrielles, pluviales, peut se faire au moyen de deux systèmes principaux :

- ❖ Le système unitaire ;
- ❖ Le système séparatif ;
- ❖ On considère également le système pseudo- séparatif.

II.4.1. Le système unitaire :

Ce système prévoit l'évacuation en commun dans une même conduite des eaux d'égout ménagères et industrielles et les eaux de pluie. Ce système nécessite des ouvrages et des stations d'épuration relativement importantes afin de pouvoir absorber des pointes de ruissellement.

Pour éviter qu'un débit supérieur à sa capacité n'arrive à la station d'épuration, des ouvrages de déviation (réservoirs et déversoirs d'orage) sont répartis le réseau ;

II.4.2. Le système séparatif :

Ce système prévoit l'évacuation des eaux d'égout ménagères et industrielles(en principe les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour traitement) dans une seule conduite, les eaux pluviales(ne sont pas traitées et rejetées directement dans le milieu naturel) dans une autre.

II.4.3. Système pseudo- séparatif :

Ce système est conçu de telle manière à recevoir les eaux usées et une fraction des eaux de ruissellement. L'autre fraction des eaux de ruissellement sera transitée par les caniveaux et quelques tronçons d'ouvrages pluviaux. Il repose sur une collecte en commun des eaux de toiture et d'espaces privés, avec celle des eaux usées.

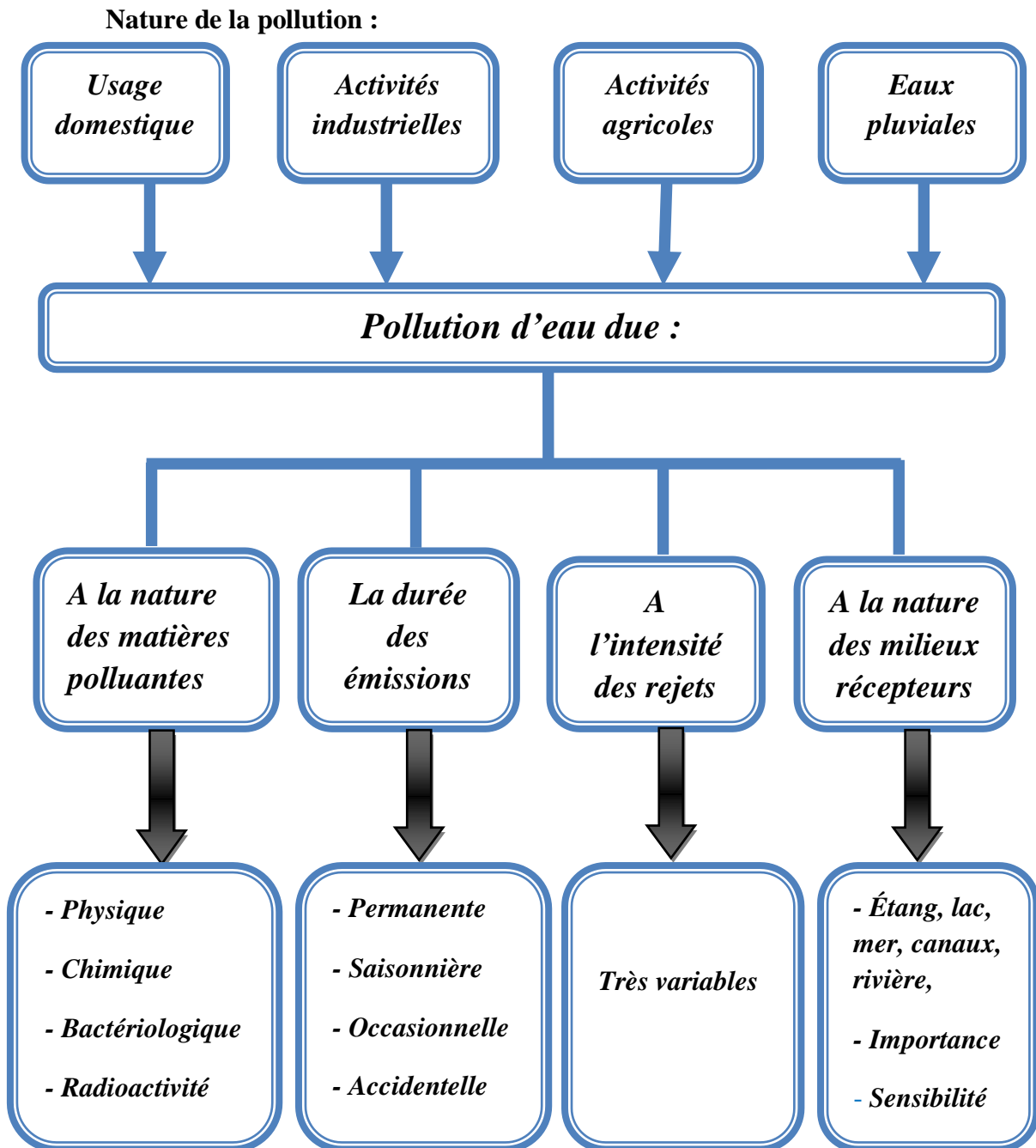
Il est assez comparable au système séparatif, avec un inconvénient au moins : c'est le risque du mauvais fonctionnement de la station d'épuration dû à l'apport des eaux pluviales.

Il faut toujours choisir le système en fonction des conditions locales : système existant, la topographie (une pente faible est favorable au système séparatif), nature du milieu récepteur.

II.5. Nature de la Pollution :

La pollution de l'eau est une dégradation de sa qualité naturelle provoquée par l'homme et ses activités.

Cette dégradation peut compromettre l'équilibre du milieu vivant aquatique et rendre plus difficile ou plus coûteuse son utilisation ultérieure.



II.6. Composition des eaux usées :

La composition des eaux résiduaires urbaines brutes dépend :

- Essentiellement de l'activité humaine (eaux ménagères et eaux vannes),
- De la composition des eaux d'alimentation en eau potable et, accessoirement, de la nature des matériaux entrant dans la construction des canalisations d'eau, pour les composés chimiques,
- De la nature et de la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.

Les eaux usées urbaines contiennent des matières solides, des substances dissoutes et des microorganismes.

II.6.1. Microorganismes :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes.

II.6.2. Matière en suspension et matière organique :

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau, sont éliminées par décantation. Une présence excessive de matières en suspension peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que le bouchage des systèmes d'irrigation.

La présence de matière organique dans les eaux usées ne constitue pas, sauf cas très particulier, un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols. Cependant, l'expérience montre que le maintien d'une concentration importante en matière organique dans les eaux usées gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes.

Enfin, les concentrations significatives en matière organique peuvent aussi entraîner des odeurs désagréables, notamment s'il arrive que les eaux stagnent à la surface du sol.

II.6.3. Substance nutritives :

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non.

II.6.4. Eléments traces :

Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faible quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments, mais aussi d'autres oligo-éléments non indispensables à la plante tels que le plomb, le mercure, le cadmium, le brome, le fluor, l'aluminium, le nickel, le chrome, le sélénium et l'étain.

II.6.5. Eléments toxiques organiques :

Une grande variété de composés organiques de synthèse peut se retrouver dans les effluents de provenance d'eaux de lessivage ou de rejets industriels. Certains se forment aussi lors des traitements de désinfection des effluents par le chlore.

II.6.6. Salinité :

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{+2}), de magnésium (Mg^{+2}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{-2}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

La SALINITÉ peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/l ou, plus couramment, par la conductivité électrique. La conductivité électrique est exprimée en millisiemens/centimètre (mS/cm). L'ancien nom de cette unité est le mho. Un mmho/cm est l'équivalent de 1 mS/cm qui est l'équivalent de 1 decisiemens par mètre (dS/m).

On considère deux catégories de conséquences d'une salinité excessive de l'eau d'irrigation :

- ❖ Les dommages vis-à-vis des sols et donc, indirectement, vis-à-vis des rendements cultureaux.
- ❖ Les dommages causés aux cultures.

II.7. Effets de la pollution :

Les conséquences immédiates ou différées d'un rejet d'eaux usées. Sur le milieu récepteur sont nombreuses. Elles sont dues à la présence d'éléments polluants contenus dans l'eau sous forme dissoute ou particulaire.

La présence de matière en suspension peut provoquer :

- ⇒ Le trouble de l'eau,
- ⇒ Le dépôt de matière fermentescible,
- ⇒ Le blocage du mécanisme de photosynthèse,
- ⇒ La perturbation des conditions d'aération des eaux,
- ⇒ La mort des poissons.

Les matières dissoutes sont responsables :

- ✚ De l'appauvrissement en oxygène du milieu, utilisé pour la dégradation des matières organiques et minérales biodégradables,
- ✚ De gêne des usagers situés à aval des rejets par des matières difficilement biodégradables,

Certains éléments tels que le phosphore et l'azote sont à l'origine de la dégradation de la qualité des eaux en favorisant le développement inconsidéré des algues et autre végétaux (eutrophisation).

Les micropolluants sont responsables de goûts de couleurs ou d'odeurs inacceptables pour des eaux de bonne qualité. De plus certains d'entre eux sont toxiques.

Il convient d'ajouter à cette énumération la pollution bactériologique (rejet de germes pathogènes) pouvant être responsable de la propagation de maladies infectieuses.

La pollution thermique doit également être citée. Elle contribue à réduire les teneurs en oxygène de l'eau (la dissolution de l'oxygène étant inversement proportionnelle à la température) et peut donc avoir des actions néfastes sur la faune.

II.8. Situation Géographique de la STEP de Tiaret :

La station de traitement des eaux polluées (STEP) de Tiaret est localisée dans la commune d'Ain Bouchekif, à 4.5km de la ville de Tiaret. Elle est accessible par une route qui débouche directement dans le chemin de wilaya CWN°07.

Cette zone est caractérisée par activité agricole due à la présence de l'Oued Ouassel qui verse directement dans le Barrage de Dahmouni.

Les eaux usées arrivent à la station d'épuration gravitairement grâce à un réseau unitaire.



Figure II.1 : localisation de la STEP.

Cette station d'épuration s'étale sur une superficie de 9.47 hectares et est destinée au traitement des eaux usées provenant de la commune de Tiaret. Elle a pour objectif de traiter une capacité d'eau de l'ordre de 390.000Equivalents Habitants, autrement dit 38.000m³ d'eaux usées par jour.

Tableau II.1: caractéristique générale de la STEP

Caractéristiques générale de la STEP de Tiaret	
Date d'inscription :	28/12/2002
Capacité :	390.000E/H (moyenne charge)
Procédé :	Boue activée par insufflation d'air à fines bulles
Débit moyen :	38 000m ³ /j
Charge polluante :	DBO ₅ de l'ordre de 21 060 kg/j DCO : 42 120 kg /j MES : 27 300 kg/j
Production de boue :	380m ³ /j
Lancement officiel du traitement des eaux usées :	25/05/2008

MES : **matières en suspension** : c'est la pollution non dissoute, la plus facile à éliminer.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène en 5 jours : c'est la quantité d'oxygène consommée en 5 jours par des micro-organismes la valeur obtenue représente environ 80% de la pollution biodégradable total.

DCO : demande chimique en oxygène : elle représente la quantité d'oxygène qu'il faut fournir par des réactifs chimiques puissants pour oxyder les matières contenues dans l'effluent.

Equivalent habitant (E/H): unité conventionnelle de mesure de la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour. La même notion et la même définition sont utilisées pour caractériser la pollution industrielle.

Boues activées a **moyenne charge** : $0.2 < CM < 1$, $0.5 < CV < 1.5$ (CM : charge massique, CV : charge volumique).

Cette station comporte deux chaînes :

☞ **Chaîne de traitement des eaux**: la dépollution des eaux usées nécessite une d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée.

☞ **Chaîne de traitement des boues**: Le traitement des boues dans la station de Tiaret comporte également trois phases: Epaissement des boues par élimination d'eau, digestion aérobie, Lit de séchage (lagunage)

☞ **Le traitement des eaux usées de la STEP de Tiaret comporte 3 étapes:**

➤ **Prétraitement :**

Le prétraitement a pour effet d'éliminer les plus grossiers qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux (**dégrillage**), des sable et graviers (**dessablage**) et des huiles (**dégraissage** et **déshuilage**).

Dégrillage : les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration.

On distingue deux dégrilleurs **gros** et **fin**.

Dégrilleur grossier : le premier traitement consiste à faire passer l'eau à travers les grilles dont les barreaux vont retenir les déchets volumineux supérieurs à 30mm (les chiffons, les plastiques, etc...)

Dégrilleur fin : le dégrilleur fin est associé à une presse laveuse. Il se caractérise par des grilles dont l'écartement des barreaux est 8mm pour éliminer les déchets les plus petits.

Dessablage et déshuilage : le dessablage débarrasse les eaux usées des sables par sédimentation. Il est en effet souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que de les laisser s'accumuler en certains points (bassin d'aération). Dans ce bassin l'écoulement de l'eau se fait à une vitesse réduite afin que les particules solides se déposent au fond. Une fois les sables déposées au fond du bassin, un pont mobile doté de deux pompes qui servent à aspirer le mélange eau –sable déposé au fond du dessableur vers la chambre à sable.

Au même moment, l'insufflation d'air fait monter les graisses plus légères que l'eau à la surface où elles seront ensuite retirées vers une chambre à graisse. Elles sont ensuite pompées vers un digesteur fonctionnant en aérobie.

➤ **Traitement primaire :**

Après le prétraitement de l'eau (dégrillage, dessablage et déshuilage), l'eau arrive directement à la décantation primaire.

Les traitements primaires regroupent les procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer par décantation une forte proportion de matières en suspension minérales ou organiques.

Cette étape consiste à une séparation des éléments liquides et solides sous l'effet de la pesanteur les matières solides se déposent au fond du bassin pour former les boues primaires ;

Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage (pont racler) situé au fond du bassin ces dépôts mélangés à l'eau sont pompés vers l'épaississeur à l'aide de pompes qui se trouvent au niveau de la station de pompage des boues primaires.

Ce traitement primaire élimine environ 60% des matières en suspension et réduit d'environ 30% de la DBO₅ et la DCO. L'eau est plus ou moins claire mais n'est pas encore épurée, d'autres traitements sont encore nécessaires.

➤ Traitement secondaire :

Recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (carbone, azote et phosphore). Ils constituent un premier niveau de traitement biologique.

Ce traitement comporte deux phases :

- ⇒ Traitement biologique (boues activées);
- ⇒ Traitement de clarification.

☞ Traitement des boues:**➤ Boue flottante :**

La boue flottante raclée et collectée dans des cuves d'écumes du primaire et secondaire, est transférée vers **le digesteur aérobie**.

Digestions (stabilisation) : se fait dans un bassin combiné aéré, a pour but la stabilisation biologique de la boue en diminuant leur pouvoir de fermentation.

La digestion est un procédé microbiologique transformant la boue organique chimiquement complexe en méthane, dioxyde de carbone et en un matériau non toxique semblable à de l'humus. La digestion, on attient de la matière organique de 45% à 60%.

➤ Boue primaire:

Cette dernière est issue de la décantation primaire raclée et collectée au fond du bassin puis aspirée grâce à des pompes (station de pompage des boues primaires) et transférée vers l'épaississeur en vue de les débarrasser leur eau.

➤ Boue secondaire:

Cette boue issue de la décantation secondaire, raclée et collectée au fond du bassin de clarification, est transférée vers le bâtiment de distribution puis évacuée soit directement vers le 1^{er} compartiment (boue de retour) ou vers l'épaississeur I (boue de retour) ou vers l'épaississeur I (boue en excès).

Les boues primaires et secondaires évacuées tout au cours du processus de dépollution seront soumis à une déshydratation dans des lits de séchage se trouvant à proximité de la

station le principe repose sur une filtration et évaporation naturelle de la boue sur une aire de séchage dans le but de réduire au maximum la teneur en eau des boues.

Le séchage est un stade de traitement pendant lequel la boue digérée est placée sur des lits de sable pour séchage à l'air libre. La boue séchée est utilisée comme améliorant pour les sols, parfois comme engrais en raison de ses fortes teneurs en azote et en phosphore.

Conclusion :

La STEP de Tiaret s'étale sur une superficie de 9.47ha. Elle a pour objectif de traiter une capacité d'eau de 390.000Equivalants Habitants, le procédé de cette station ci la Boue activée par insufflation d'air avec un débit de 38000m³/j, l'état actuel de fonctionnement de cette STEP c'est le Prétraitement seulement. Ces informations sont nécessaires, car la STEP rejette ses eaux dans l'Oued Nahr Ouassel donc dans la retenue du barrage.

Introduction :

La pollution des eaux, définie comme étant une dégradation physique, chimique ou biologique provoquée par l'activité humaine, perturbe les conditions de vie et les équilibres aquatiques compromettant, ainsi, leurs utilisations multiples. Cependant, la qualité des eaux de surface est influencée aussi bien par des processus naturels (érosion des sols, précipitation, évaporation) que par l'activité humaine (agriculture, eaux usées urbaines et industrielles) [15].

Dans la plupart des pays en voie de développement, par manque de moyens, le contrôle et le suivi de la qualité des eaux de surface et souterraines, utilisées pour la production d'eaux de consommation, ne sont pas systématiques.

D'un point de vue scientifique, les campagnes de contrôles environnementaux produisent de grandes quantités de données qui, très souvent, ne sont pas simples à interpréter [8].

A cet effet, 14 paramètres physicochimiques ont été retenus, à partir des analyses effectués au sein du laboratoire de l'ANRH, de prélèvements mensuels, au niveau de la station à la tour de prise d'eau durant la période allant de 2006 à 2010.

Etude des Paramètres physico-chimiques:**III.1 LA TEMPERATURE (T°C) :**

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

La température est un paramètre très important pour la connaissance des masses d'eau. Sa principale application physico-chimique est la détermination de la valeur de saturation des gaz dissous et en particulier de l'oxygène [6].

L'importance écologique de la température « chaleur » tient à la dépendance générale des réactions chimiques vis-à-vis de celle-ci. La chaleur est le régulateur essentiel de l'activité cellulaire [1].

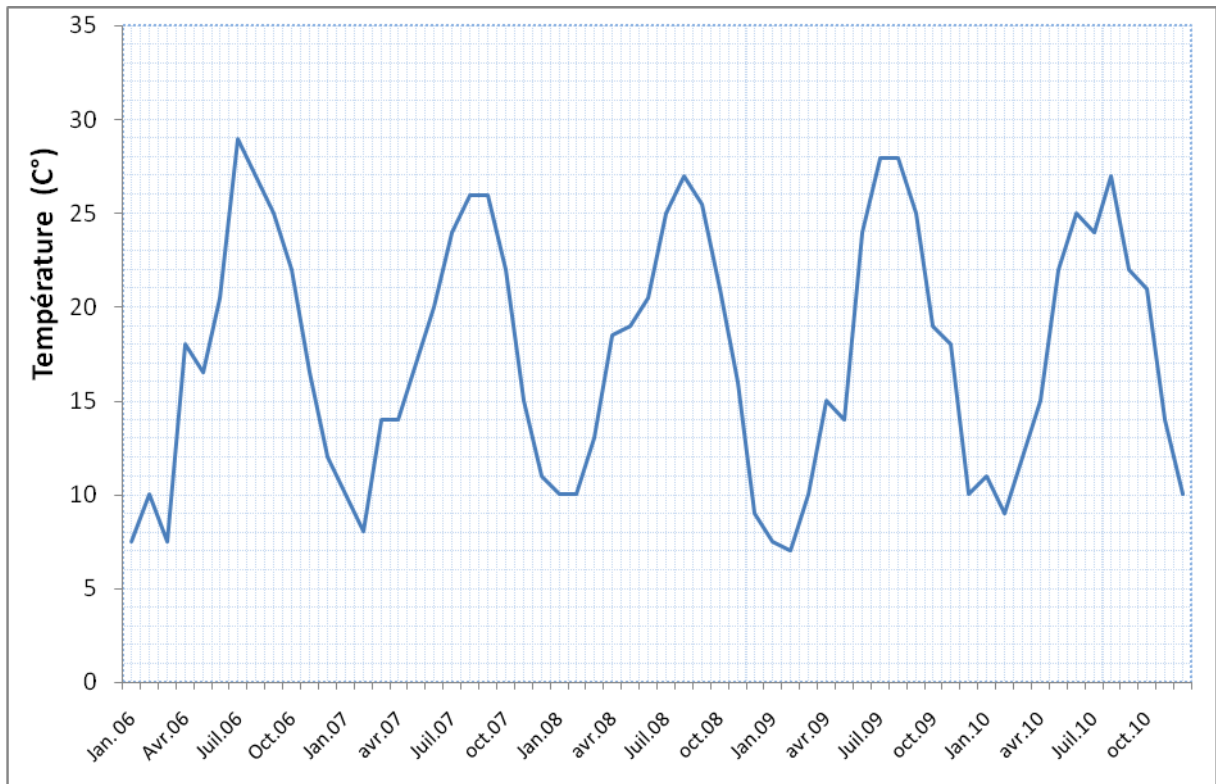


Figure III.1: Variation mensuelle de la température de l'eau (2006-2010).

La figure III.1 représente la variation temporelle de la température des eaux du barrage Dahmouni durant la période d'étude (2006-2010). Ces eaux sont relativement froides en hiver et se réchauffent progressivement en printemps et en été. Les températures maximales, 29, 26, 27, 28 et 27°C ont été observées respectivement en Juillet 2006, Août/septembre 2007, Août 2008, Juillet/Août 2009 et Août 2010. A partir du mois de septembre, la température de l'eau commence à diminuer. Les valeurs minimales atteignant: 7.5 ; 8 ; 9 ; 7 et 9°C sont enregistrées respectivement en Janvier 2006, février 2007, décembre 2008, février 2009 et février 2010.

Ces variations peuvent provoquer la mort de certaines espèces, tout en favorisant le développement de certaines d'autres. Ce qui entraîne un déséquilibre écologique [2].

III.2. La Conductivité Electrique (C.E) :

La conductivité d'une eau est sa capacité à conduire plus ou moins un courant électrique la traversant [13] La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la qualité de sels dissous dans l'eau.

Elle est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous et constitue un bon indice de minéralisation de l'eau [12].

La conductivité est également en fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente.

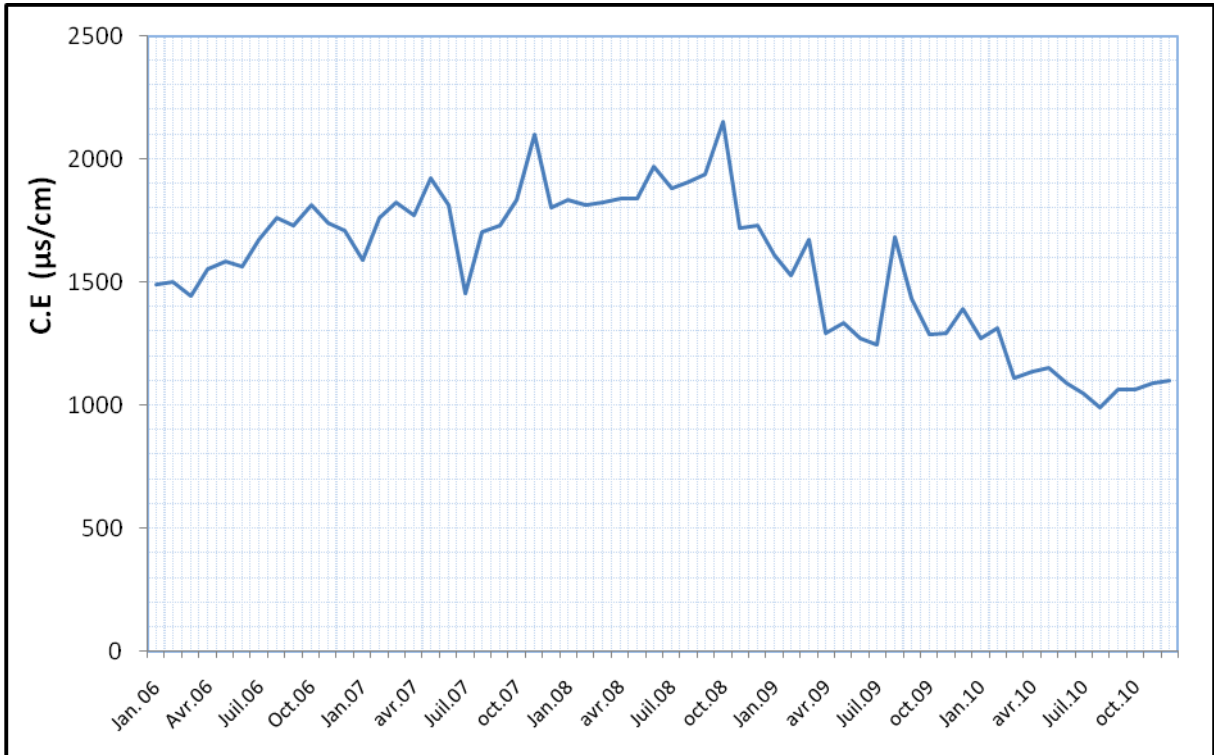


Figure III.2 : Variation mensuelle de la conductivité de l'eau (2006-2010).

Les valeurs moyennes mesurées fluctuent entre 989 et 2150 $\mu\text{s/cm}$, Cet intervalle de variation est largement supérieur à 500 $\mu\text{s/cm}$ proposé par [11] ce qui met cette eau dans la classe N° 8 caractérisée par une minéralisation très forte à excessive. Nous pourrions dire que nous sommes devant une eau polluée.

III.3. Potentiel Hydrogène (pH) :

Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14.7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain, à l'aide d'un pH mètre ou par colorimétrie.

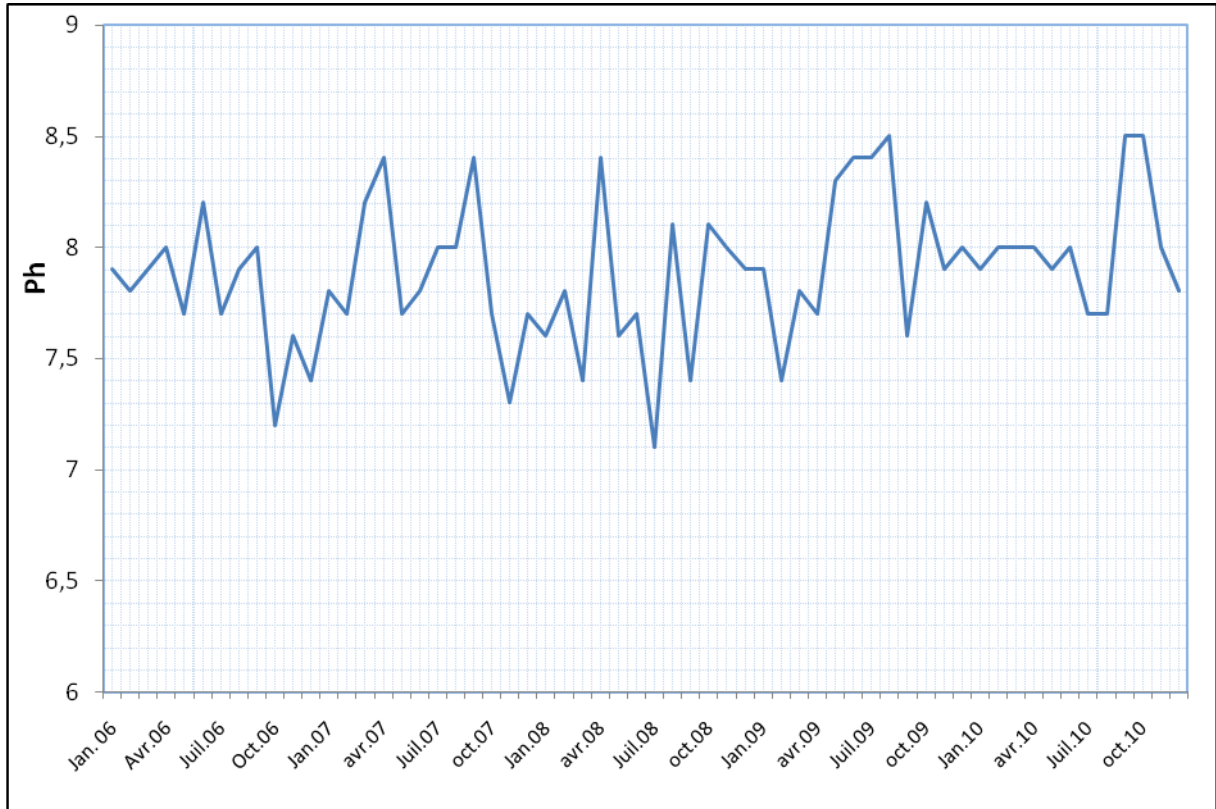


Figure III.3 : Variation mensuelle du Potentiel Hydrogène de l'eau (2006-2010).

Le pH est l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau, il est lié à la nature des terrains traversés, l'âge du lac et aux déchets déversés [7].

Les valeurs du pH oscillent en général entre 7.1 et 8.5, ce qui range cette eau dans la classe 5,6 qui indique une faible et moyenne alcalinité [11].

III.4. La Turbidité :

La turbidité est un des facteurs souvent avancés surtout pour expliquer la productivité et le fonctionnement trophique des eaux de barrages [4].

Elle permet de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau. La turbidité est liée à la présence de particules organiques diverses, d'argile, de colloïdes, de plancton, etc. Elle peut être favorisée par la pluviométrie. Dans les eaux profondes, la turbidité empêche la propagation de la lumière, donc la diminution d'intensité ayant pour conséquence de limiter et même d'éliminer la végétation. Elle se mesure sur le terrain à l'aide d'un tube plastic transparent.

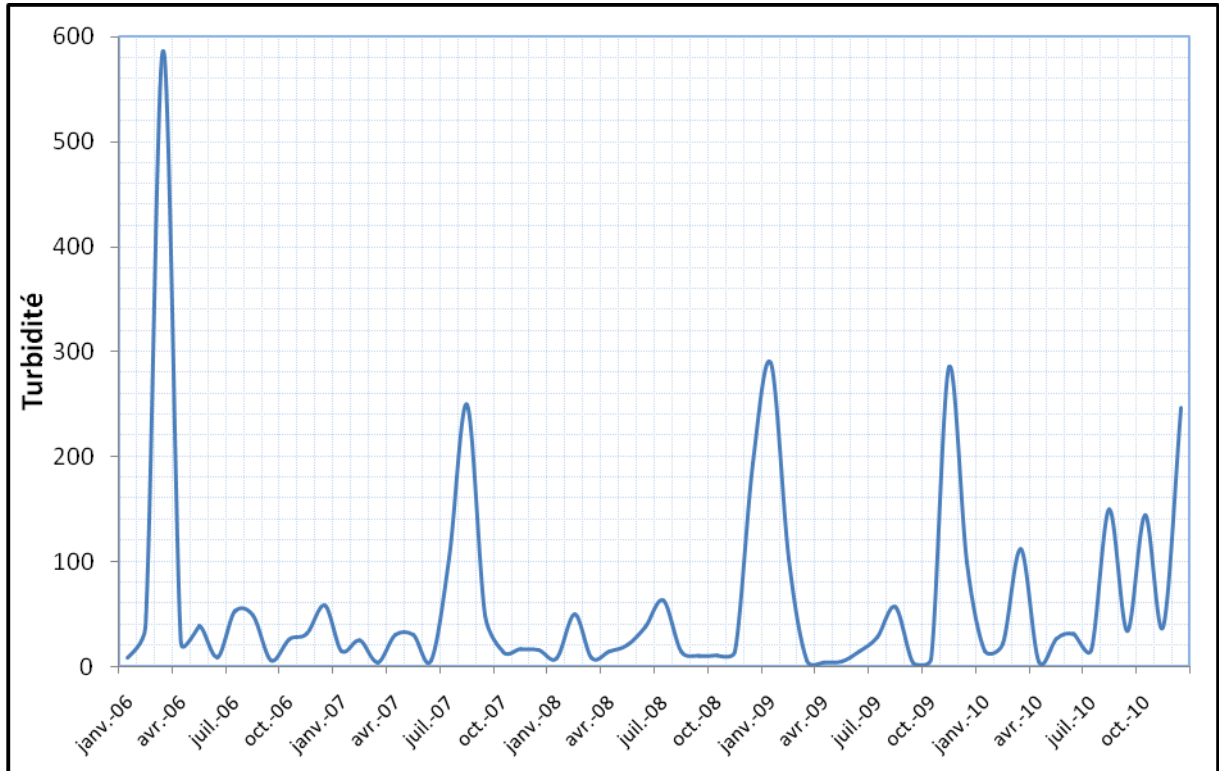


Figure III.4 : Variation mensuelle de la Turbidité de l'eau (2006-2010).

En général, les valeurs de la turbidité mesurées sont très élevées, elles sont comprises dans la fourchette de 3 à 289 NTU (NTU : Nephelometric Turbidity Unit), correspondent les mois de Septembre 2009 et Janvier 2009, seulement un pic maximal est enregistré au niveau du moi Mars 2006 avec une teneur de 586 NTU, ceci est peut être du à un phénomène d'érosion à l'amont du barrage. La moyenne des teneurs enregistrées pendant notre période d'étude est de 61.15 UTU.

III.5. Le Calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est un élément alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates de calcium. Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, etc. [13]

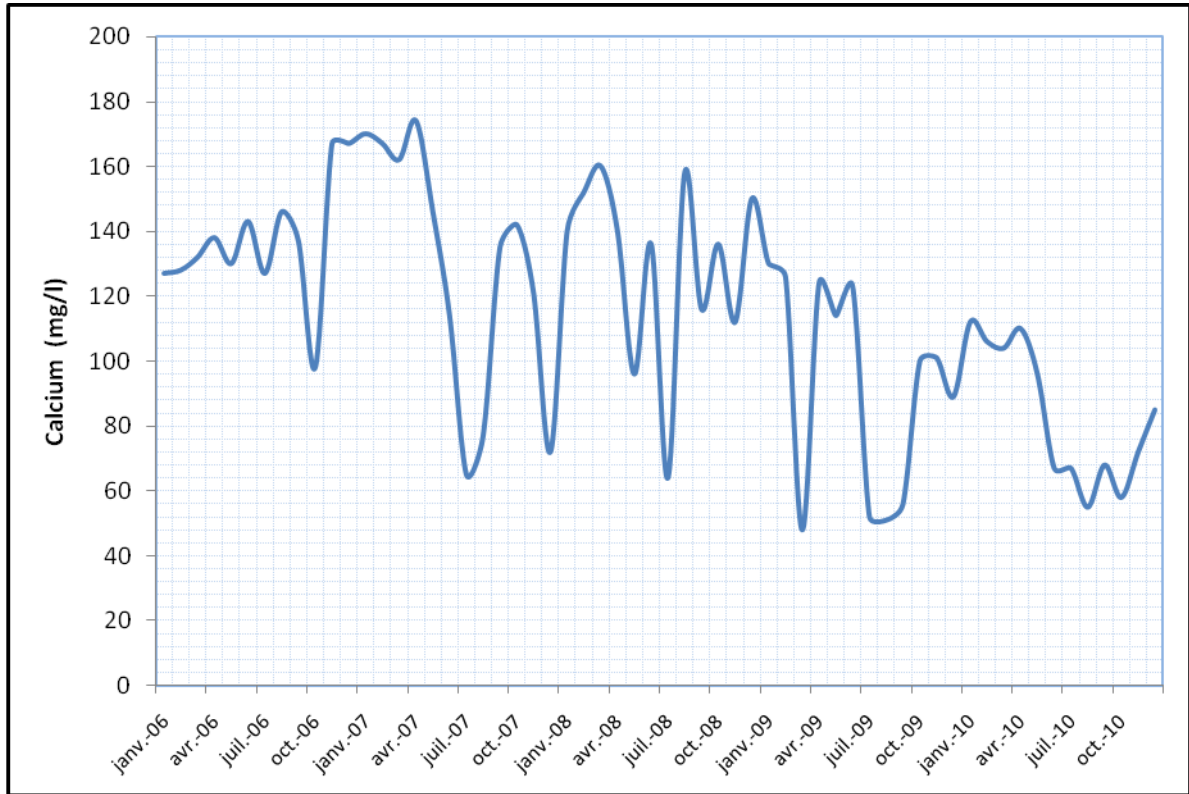


Figure III.5 : Variation mensuelle du calcium dans l'eau (2006-2010).

Les teneurs en calcium sont très importantes au niveau de notre barrage, elles dépassent 30 mg/l dans tous les prélèvements effectués, il s'agit donc d'une eau dure (Rodier, 1984). Ces valeurs très élevées peuvent être expliquées par la nature géologique du site et les rejets de Dahmouni, Ain Bouchekif, Ain Mariem, STEP de Tiaret.

III.6. Le Potassium (K^+) :

Bien que dans les roches ignées, la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/L.

Le potassium est un métal alcalin parmi les plus abondants sur la Terre, mais peut fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombinaé dans les sols (sur les argiles notamment). Il constitue environ de 2,6 % de la croûte terrestre, cependant, étant très réactif, il n'est pas présent dans la nature sous forme de métal libre.

Contrairement à l'azote et au phosphore, le potassium exporté du sol ne cause aucune eutrophisation des écosystèmes aquatiques [14].

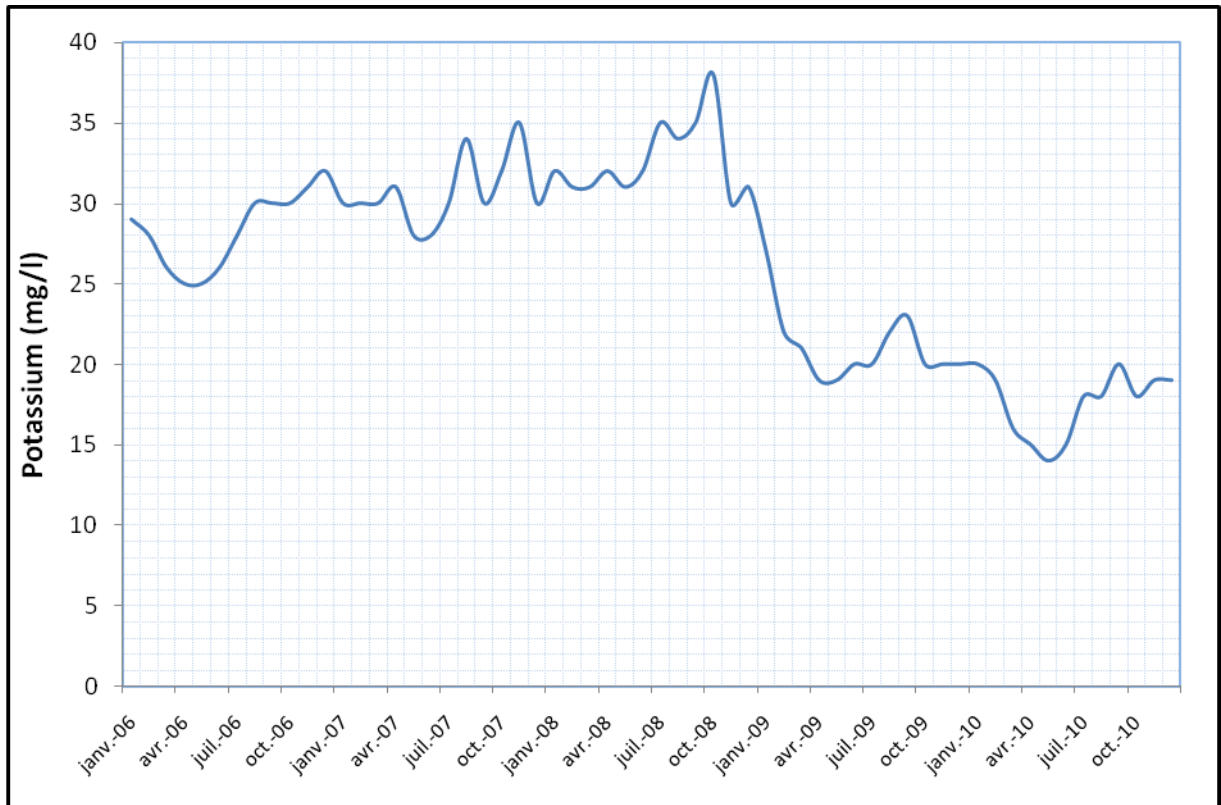


Figure III.6 : Variation mensuelle du potassium dans l'eau (2006-2010).

D'une manière générale les valeurs enregistrées fluctuent entre 19 et 38 mg/l avec une moyenne de 26mg/l, à l'exception du mois de Mai 2010 où la valeur minimale est de 14 mg/l (FigIII.6). Ces teneurs élevées pourraient avoir une double origine, elles résulteraient d'une part du transport par les eaux de ruissellement du potassium contenu dans les particules solides issues de l'érosion des sols et d'autre part de la fraction apportée par les eaux souterraines après lessivage des terrains traverses.

III.7. Le Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature; il constitue environ 2,1 % de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau. Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à, quelquefois, plusieurs centaines de milligrammes par litre. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées [13].

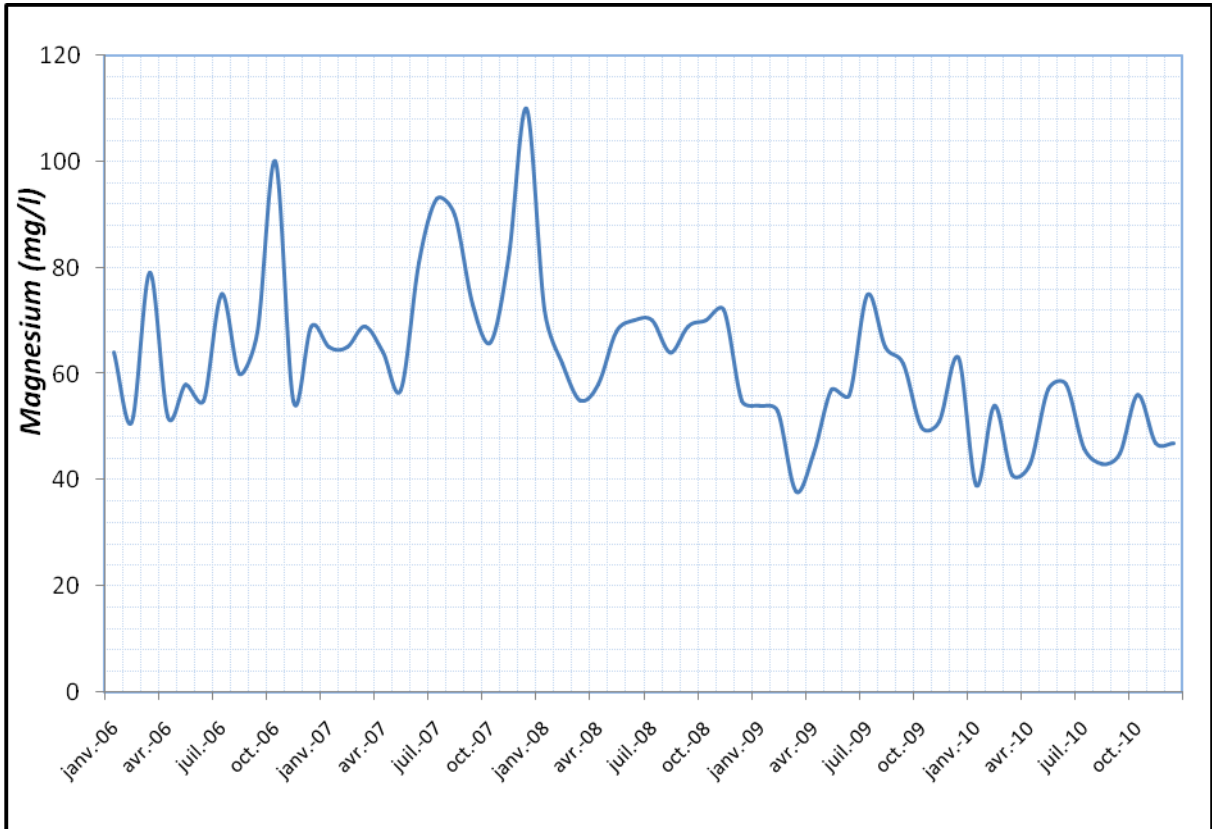


Figure III.7 : Variation mensuelle du magnésium dans l'eau (2006-2010).

Les teneurs obtenues varient entre 38 et 110 mg/l, la valeur maximale est enregistrée en Décembre 2007 soit 110 mg/l et peut être expliquée par la dissolution de la roche après une forte crue. Par ailleurs, la valeur minimale de 38 mg/l correspondant au mois de Mars 2009 dépasse 15mg/l [13]. Significatif pour la dureté de l'eau. Les minimas correspondent à une activité photosynthétique car les organismes vivants utilisent entre autre les sels de magnésium pour leur activité biologique (Figure III.7).

III.8. Le Sodium (Na^+) :

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/L et même au-delà [13]. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sodium peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, et des nombreux usages agricoles, domestiques [14].

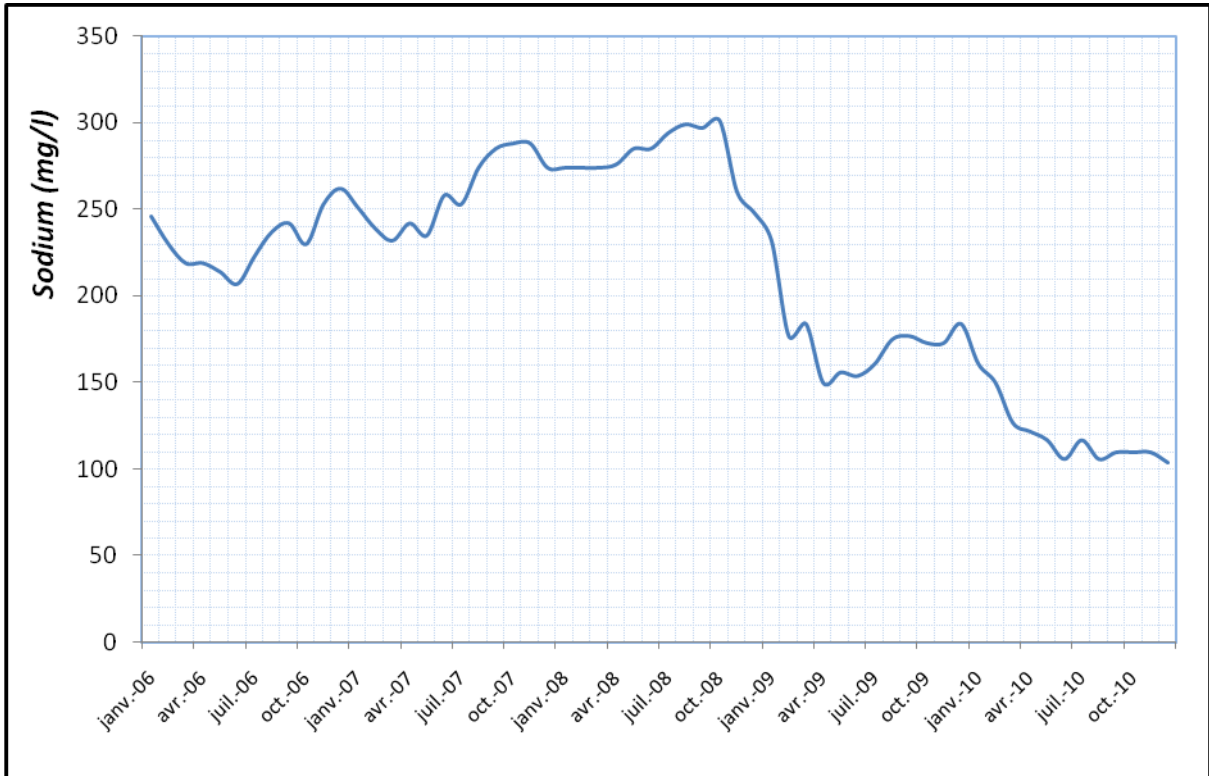


Figure III-8 : Variation mensuelle du sodium dans l'eau (2006-2010).

Les valeurs de Na^+ fluctuent entre 104 et 301 mg/l. On remarque qu'il y a une augmentation continue à partir de mois de Janvier 2006 jusqu'à Octobre 2008 correspondants les valeurs 246 et 301 mg/l, tandis que, on observe une diminution à partir du mois d'Octobre 2008 jusqu'à Décembre 2010 (FigIII.8).

III.9. Les Chlorures (Cl^-) :

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés [13].

Cette composante selon [11].donne une bonne indication du degré d'eutrophisation des milieux aquatiques. Une teneur excessive est très souvent l'indice d'une pollution urbaine ou industrielle particulière. L'ion Cl^- est présent en petite quantité sur la terre.

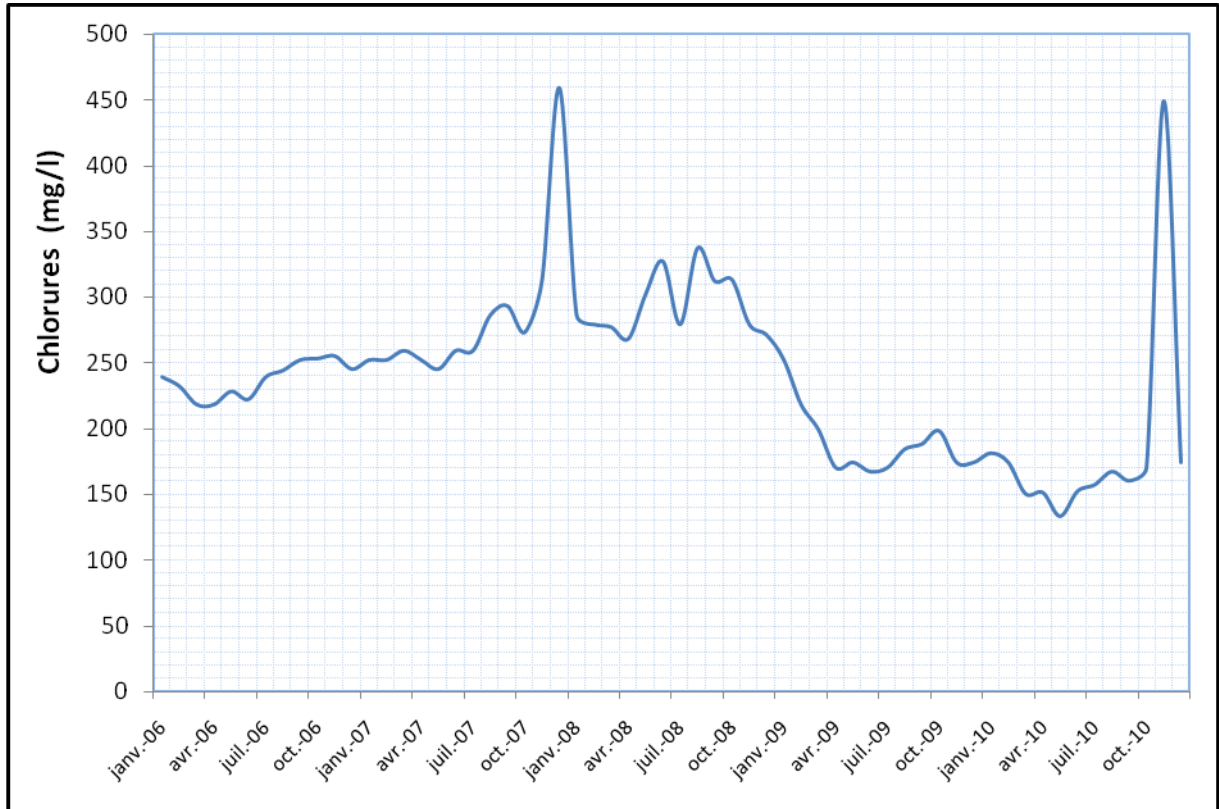


Figure III. 9 : Variation mensuelle de chlorures dans l'eau (2006-2010).

Les teneurs en chlorures des eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations significatives entre les mois et varient entre 133 et 459 mg/l, pour les mois respectivement de Mai 2010, Décembre 2007. Cet intervalle de variation est supérieur à 100 mg/l proposé par [11]. ce qui classe notre eau dans la catégorie 6 caractérisée par des eaux particulières plus ou moins polluées, (Figure III.9).

III.10. Le Sulfate (SO_4^{2-}) :

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé [13].

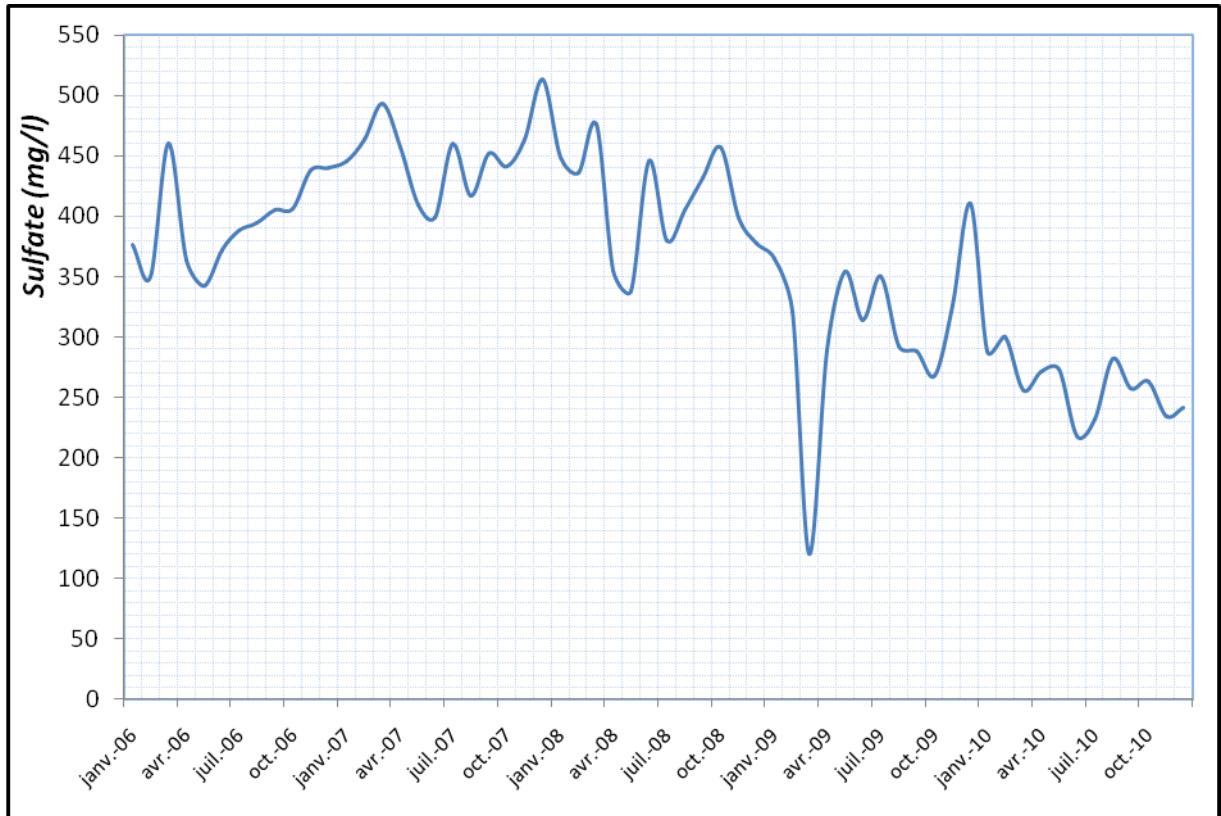


Figure III.10 : Variation mensuelle du sulfate dans l'eau (2006-2010).

Les teneurs en sulfates des eaux analysées atteignent une valeur maximale de 513 mg/l. La moyenne des valeurs enregistrées durant les dates de prélèvement de 2006 à 2010 est égale à 366 mg/l, la valeur minimale de 120 mg/l ce qui signifie, que ces eaux appartiennent à la classe 6 ($120 < \text{SO}_4^{-2} < 250$) à 7 ($[\text{SO}_4^{-2}] > 250$), selon les classifications de [11]. Avec limite de potabilité, eau très séléniteuse ou fortement polluées. Ceci est dû à l'augmentation des déchets sulfurés des rejets urbains et surtout industriels.

III.11. Nitrates NO_3^- :

Etant la forme la plus oxygénée de l'azote, les nitrates stimulent le développement de la flore aquatique et augmentent la productivité du lac [2].

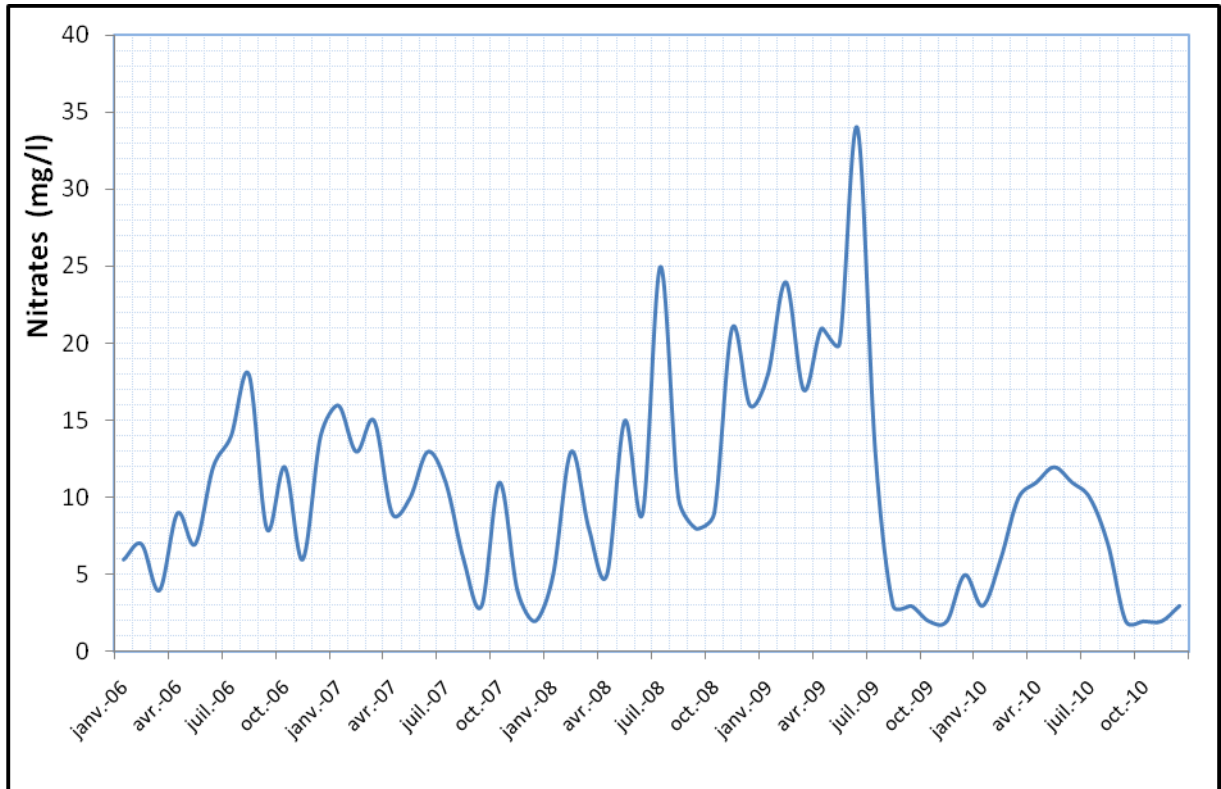


Figure III.11 : Variation mensuelle des Nitrates (2006-2010).

Les valeurs de NO_3^- fluctuent entre 2 et 34 mg/l. les valeurs maximales (18 mg /l, Août 2006 ; 16 mg /l, Janvier 2007 ; 25 mg /l, Juillet 2008 ; 34 mg /l, Juin 2009 et 12mg/l, Mai 2010), Cette augmentation est non seulement liée à l'importance des crues, provoquant le lessivage du sol et des terrains agricoles, mais aussi à l'oxydation de la matière organique.

Par contre, les teneurs chutent de chaque année de mesure, est liée probablement à la forte assimilation par les algues en période des blooms et aux faibles apports en allochtones, ainsi que par l'absence des apports oxygénés d'origine domestique ou bien par leur consommation par le phytoplancton, (Figure III.11).

D'après [11] en classe cette eau dans la classe 5 ($10 < [\text{NO}_3^-] < 15$) et avec une appréciation de cours d'eau pollués.

III.12. Oxygène Dissous (O_2 dis) :

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de pression atmosphérique, de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en O_2 diminue lorsque la température et l'altitude augmente.

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

L'oxygène dissous est un facteur important affectant la distribution, la composition spécifique et l'abondance de la communauté biologique. Il est évidemment nécessaire à la vie piscicole mais aussi à la qualité de l'eau.

Sa concentration dans un réservoir est le résultat des interactions entre la diffusion atmosphérique, l'activité photosynthétique du phytoplancton et l'oxydation biochimique des organismes

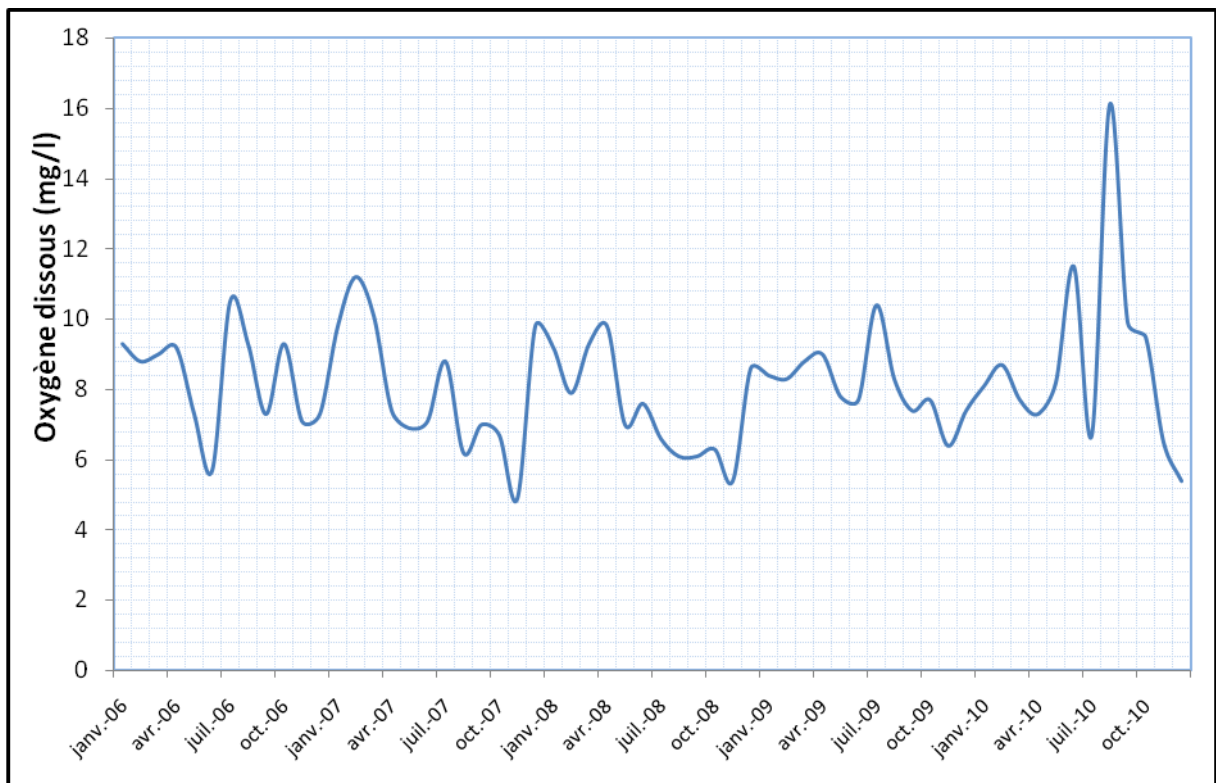


Figure III.12 : Variation mensuelle de l'Oxygène dissous dans l'eau (2006-2010).

Pour les eaux analysées, les teneurs en oxygène dissous présentent de grande variations avec des valeurs qui dépassent dans tous les cas 3 mg/l. On remarque qu'en période de haute température l'eau est plus oxygénée que celle de basse température. Cette élévation d'oxygène dissous peut être expliquée d'une part par une activité photosynthétique très importante et d'autre part par l'échange entre l'air et l'eau. Par ailleurs, les faibles teneurs enregistrées soit en période de forte turbulence de l'eau, pourrait être dues à une augmentation de l'activité des micro-organismes qui dégradent la matière organique en utilisant de

l'oxygène dissous en remarque que l'intervalle varie entre 4.9 et 11.5mg/l sauf il y a une valeur maximale de 16.1mg/l enregistré en Août 2010 (Figure III.12).

III.13. La Demande Biologique En Oxygène (DBO₅) :

Les phénomènes d'autoépuration naturelle dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes, sous l'action de micro-organismes. Il en résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène ou DBO.

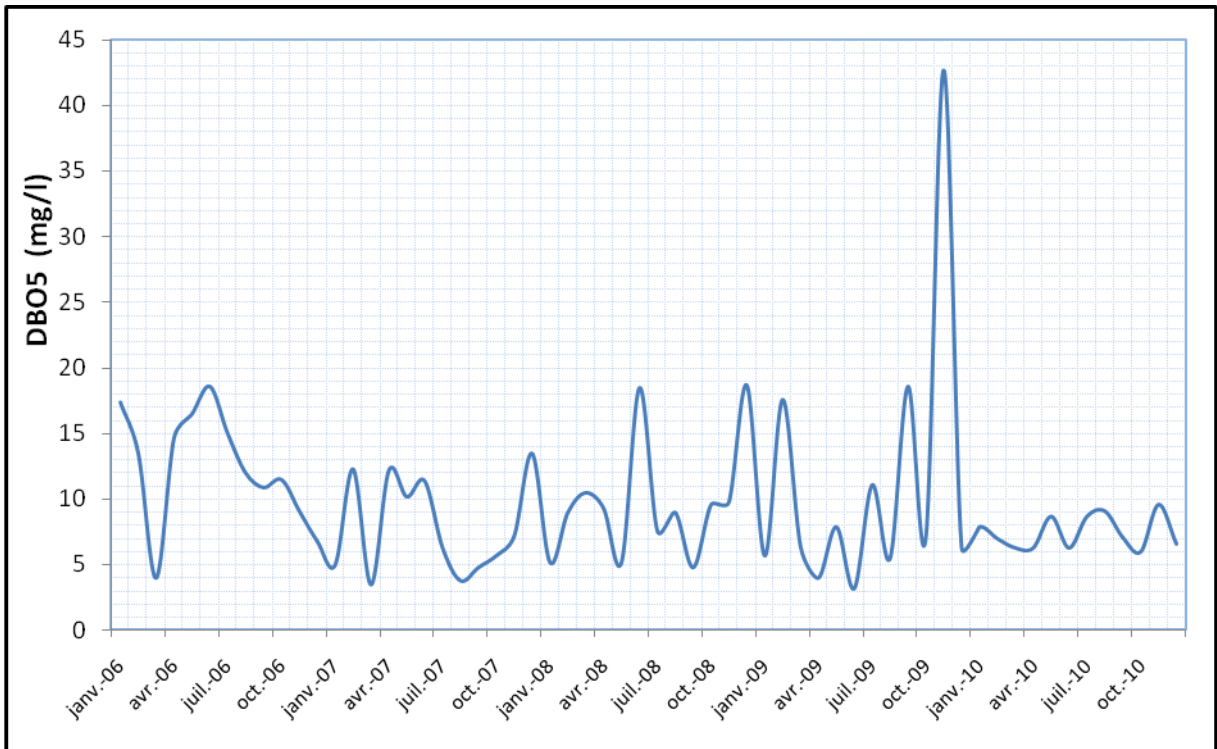


Figure III.13 : Variation mensuelle de la demande biologique en oxygène (2006-2010).

D'après la figure 13, nous remarquons que la plupart des valeurs sont inférieures à la norme relative aux eaux de surface (>15 mg/l) (ANRH, 2008). On a un cas exceptionnel de 42.7mg/l enregistré en Novembre 2009, Ces valeurs élevées correspondent à une charge de matières organiques. Par contre les valeurs qui sont inférieures à 10mg/l ce qui traduit une situation bonne, ceci est expliquer par une autoépuration biologique produite au niveau de la cuvette du barrage.

III.14. La Demande Chimique En Oxygène (DCO) :

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques, que celles ci aient un caractère biodégradable ou non. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène, fournie par le dichromate de potassium, nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires [13].

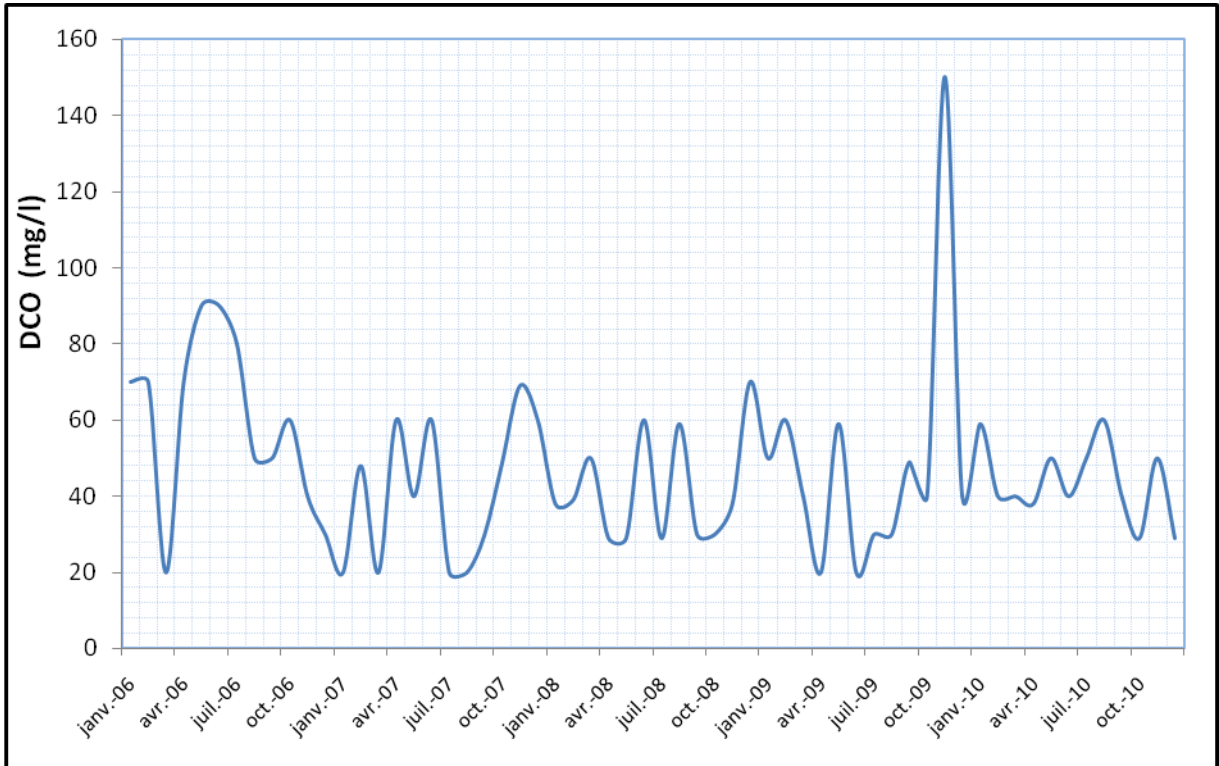


Figure III.14 : Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène (2006-2010).

L'allure de la DCO est pratiquement semblable à celle de la DBO₅, toutefois comme ces valeurs sont toujours supérieures à celles de la DBO₅ ; la DCO est souvent au supérieure des normes recommandées par l'ANRH (2008) pour les eaux de surface (50 mg/l). Les concentrations de la DCO varient entre 20 et 90 mg/l pour la plupart des prélèvements, excepté un pic de 150 mg/l enregistré en Novembre 2009. Ce qui pourrait être expliqué par la présence de quantité importante de matières organiques et substances oxydables, figure III.14.

le calcul du rapport DBO₅/DCO afin de savoir si les eaux résiduaires peuvent être traitées biologiquement ; le rapport calculé indique des valeurs qui varient entre 0.1 et 0.38 ce qui traduit un traitement biologique pendant du choix des micro-organismes adaptés à un milieu défavorable.

III.15. Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR) :

L'analyse de la concentration du sodium dans l'eau d'irrigation ne peut être faite seule. En effet, l'influence du sodium dépend des concentrations en calcium et en magnésium. Aussi, plutôt que de parler de concentration en sodium, nous parlons plutôt d'une valeur qui tient compte des effets mutuels du sodium, du calcium et du magnésium.

On utilise le SAR pour classer les risques liés au sodium dans les sources d'eau d'irrigation. L'eau caractérisée par un SAR supérieur à 10 aura tendance à produire une accumulation de sodium dans le sol. Le sodium agit au niveau de la défloculation du sol argileux ce qui entraîne une diminution de la macro-porosité (air) et du taux d'infiltration de l'eau. Cette action sur la structure du sol est particulièrement néfaste pour les gazons fortement piétinés.

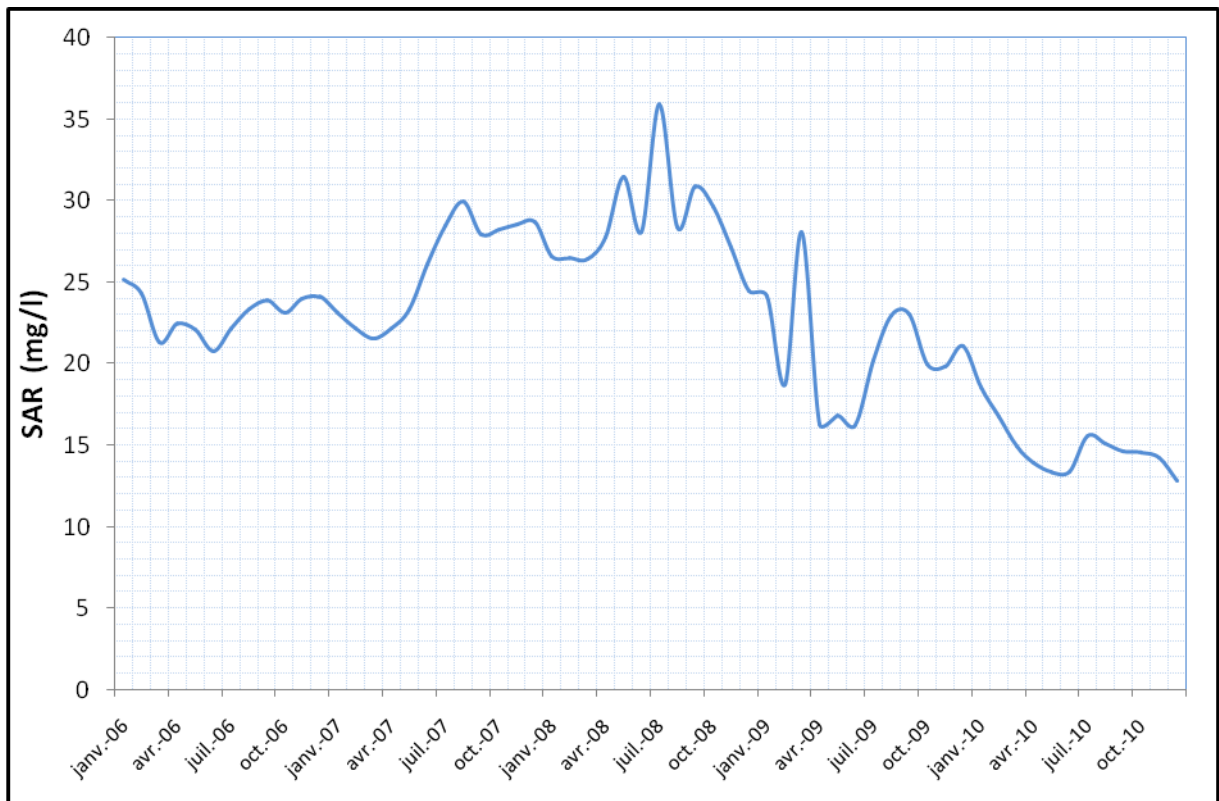


Figure III.15: Variation de SAR (2006-2010).

Les valeurs de SAR en général oscillent entre 12.8 et 35.92. La valeur maximale enregistrée en Juin 2008 et la valeur minimale enregistrée en Décembre 2010. Cette zone présente un grand risque de salinité. La répartition des valeurs de SAR est en fonction de la répartition des valeurs de Na⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺.

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{+2}] + [Mg^{+2}]}{2}}}$$

Conclusion :

Les résultats d'analyse des eaux du barrage de Dahmouni charriées par l'Oued Nahr Ouassel montrent l'existence d'une pollution organique, et azotée assez élevée. Celle-ci est principalement originaire des rejets domestiques et industriels de la ville de Tiaret, Dahmouni, Bouchekif et Ain Meriem, elles sont plus accentuée pendant les périodes de faible débit lorsque l'eau devient un facteur limitant pour toutes les activités agricoles. Malgré le rôle qu'elle joue la station d'épuration des eaux usées (STEP de la ville de Tiaret) dans la réduction de la charge polluante, l'insuffisance de l'épuration de ces eaux usées collectées de la ville de Tiaret et les déversements en aval de la station d'épuration ont abouti à la régénération de la pollution de l'Oued Nahr Ouassel.

Les résultats montrent aussi que les effluents de l'Oued Nahr Ouassel, bien qu'ils contribuent à la fertilité du sol, contiennent des concentrations relativement élevées de la DBO5, nitrates et les ions minéraux, ce qui peut être nuisible à l'eau, au sol et à la vie aquatique du milieu récepteur.

Analyse Statistique Multidimensionnelle en Composante Principales :

Dans le souci de mieux comprendre et gérer la qualité des eaux de surface, on entreprend souvent de longues et fastidieuses campagnes d'analyses. Celles-ci génèrent généralement assez de données dont l'interprétation n'est pas toujours aisée. L'application de l'analyse en composantes principales (ACP) pour une telle tâche pourrait être salutaire. C'est dans l'optique d'une telle application que 14 paramètres physico-chimiques, (T, CE, pH, O₂dis, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, DBO5, DCO, Turbidité), provenant de l'analyse d'échantillons d'eau collectés entre Janvier 2006 et Décembre 2010 dans le barrage Dahmouni wilaya de Tiaret, ont été retenus.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) fait partie des analyses descriptives multivariées. Elle permet d'analyser des tableaux de données numériques quantitatives pour en réduire la dimensionnalité en trouvant un nouvel ensemble de variables plus petit que l'ensemble des variables, qui néanmoins contient la plupart de l'information. Les composantes principales sont obtenues par diagonalisation de la matrice des corrélations bivariées. Cette diagonalisation définit un ensemble de valeurs propres dont l'observation pour chaque composante permet de déterminer le nombre de graphique à examiner [10].

La phase finale de l'ACP consiste en une représentation graphique qui permet d'avoir un aperçu des résultats que les expressions numériques ne fournissent pas. Le logiciel statistique SPSS 18 (SPSS Inc.) pour WINDOWS a été utilisé pour le traitement des données.

IV.1. Corrélations Entre Variables :

L'étude des corrélations linéaires bivariées entre les paramètres étudiés renseignent sur la force des associations entre ceux-ci. La matrice des corrélations des 14 paramètres mesurés durant notre étude est présentée dans le tableau IV.1 Les coefficients de corrélation doivent être interprétés avec précaution.

En effet, ils sont affectés simultanément par les variations temporelles [17]

Cependant, dans le tableau (IV.1) où les coefficients de corrélation de Pearson (P) supérieurs à 0,5 sont représentés en gras, des corrélations intéressantes sont observées.

On note ainsi, une corrélation positive entre la conductivité électrique CE et les paramètres du potassium (K) (0,91), le magnésium (0,55), Sodium (Na) (0,93) et le sulfate (SO₄²⁻) (0,73) ; aussi, une corrélation positive entre le Calcium (Ca⁺²) et les paramètres de la conductivité électrique (0,52), (K 0,52), (Na 0,54) et du sulfate (0,62).

Des corrélations fortes et positives sont observées entre le sulfate et les minéraux que sont Mg, Na, K, aussi, entre les chlorures et les paramètres du Mg, Na, K et la conductivité électrique (r compris entre 0,54 et 0,72), (tableau IV.1).

Chapitre IV Analyse Statistique Multidimensionnelle En Composantes Principales

	Ca mg/l	Cl mg/l	Cond μ s/cm	DBO5 mg/l	DCO mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	NO3 mg/l	O2 dis mg/l	Ph	SO4 mg/l	T °C	Turb (NTU°)
Ca mg/l	1,00													
Cl mg/l	0,26	1,00												
Cond μ s/cm	0,52	0,66	1,00											
DBO5 mg/l	0,07	0,02	0,02	1,00										
DCO mg/l	0,11	0,00	-0,01	0,86	1,00									
K mg/l	0,52	0,72	0,91	-0,00	-0,07	1,00								
Mg mg/l	0,02	0,54	0,55	-0,05	-0,12	0,60	1,00							
Na mg/l	0,54	0,70	0,93	0,02	-0,03	0,96	0,60	1,00						
NO3 mg/l	0,18	-0,11	0,11	-0,15	-0,18	0,05	-0,03	0,08	1,00					
O2 dis mg/l	-0,15	-0,24	-0,30	-0,06	-0,06	-0,25	-0,06	-0,28	0,00	1,00				
Ph	-0,11	-0,26	-0,34	-0,12	-0,15	-0,33	-0,20	-0,33	-0,15	0,08	1,00			
SO4 mg/l	0,62	0,58	0,73	0,01	-0,04	0,80	0,70	0,81	0,00	-0,10	-0,22	1,00		
T °C	-0,38	-0,07	-0,01	-0,04	-0,06	0,02	0,2	-0,01	-0,03	-0,00	0,18	-0,09	1,00	
Turb (NTU°)	-0,09	-0,12	-0,20	0,09	0,03	-0,08	0,05	-0,11	-0,15	0,03	0,02	0,02	-0,21	1,00

Tableau. IV.1 : Matrice de corrélation entre les variables observées dans le barrage Dahmouni (2006- 2010).

IV.2. Graphique des Valeurs Propres :

La figure (Figure IV.1) représente le pourcentage des valeurs propres, dans notre cas les trois premiers axes ont été retenus pour l'explication des variables. Ils représentent successivement 36,64%, 14,39% et 10,52% de l'information donc une variance totale expliquée de 61,54%.

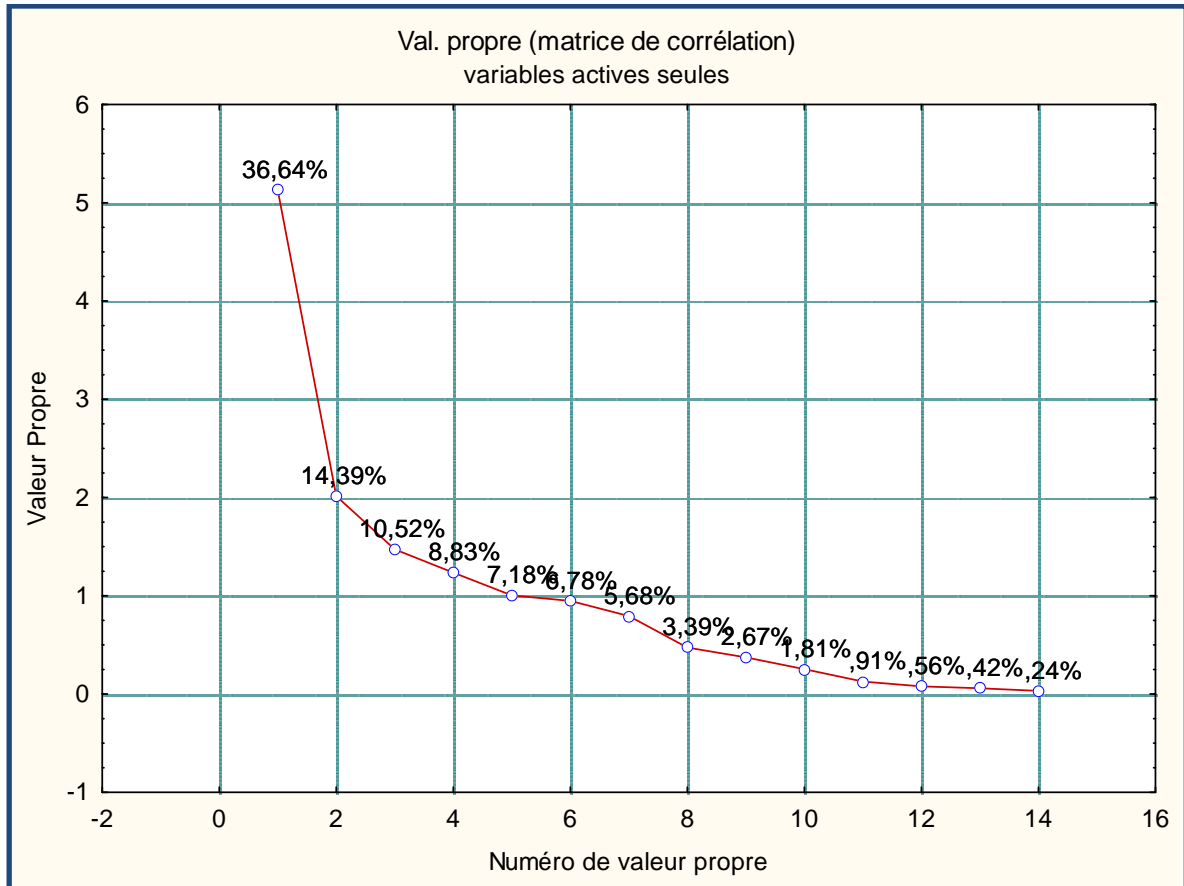


Figure IV.1 : Graphique des valeurs propres pour l'analyse en composante principale.

IV.3. Variance Totale:

Les composantes principales sont obtenues par combinaison linéaire des variables initiales qui sont plus ou moins corrélées. Ces composantes définissent donc un espace de dimension réduite dans lequel sont projetées les variables initiales rendant compte du maximum de l'information.

Tableau IV.2 : Variance totale expliquée des variables étudiées.

Composante	Valeurs propres initiales			
	Valeurs propres	% de la variance	Cumule valeurs propres	% Cumulés
1	5,129656	36,64040	5,12966	36,6404
2	2,014456	14,38897	7,14411	51,0294
3	1,472103	10,51502	8,61621	61,5444

Dans le tableau ci-dessus (Tableau IV.2), sont représentées les valeurs de coefficients de corrélations liant les variables aux trois premières composantes principales, afin de faire ressortir la contribution des variables à la formation des axes principaux.

Nous avons représenté en gras les corrélations les plus significatives, c'est-à-dire celles qui, parmi les variables, expliquent le mieux chacune de ces composantes (Tableau IV.3).

Tableau IV.3 : Coefficients de corrélation entre les variables et les trois premiers axes.

Variables	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3
Ca mg/l	-0,579577	-0,194574	-0,206905
Cl mg/l	-0,771355	-0,008849	0,187540
Cond μ s/cm	-0,931055	0,012976	-0,019059
DBO5 mg/l	-0,025904	-0,913861	0,187698
DCO mg/l	0,016096	-0,933992	0,142484
K mg/l	-0,958116	0,048375	0,042113
Mg mg/l	-0,673273	0,199391	0,464620
Na mg/l	-0,964208	0,020410	0,012306
NO3 mg/l	-0,072110	0,252438	-0,514433
O2 dis mg/l	0,295774	0,120979	-0,010348
Ph	0,386074	0,216367	0,172973
SO4 mg/l	-0,877873	0,015149	-0,005452
T °C	0,061358	0,267690	0,719707
Turb (NTU°)	0,117561	-0,171144	0,014436

IV.4. Signification des Axes Factoriels :

Les cercles de corrélation entre les trois premières composantes principales (F1, F2 et F3) et les paramètres physico-chimiques montrent que :

- L'axe 1 (pourcentage d'inertie (36,64%) décrit essentiellement les paramètres suivants : le sodium ($r = -0.96$), le potassium ($r = -0.96$), la conductivité électrique ($r = -0.93$), les sulfates ($r = -0.88$), les chlorures ($r = -0.77$), le magnésium ($r = -0.67$), le calcium ($r = -0.58$), le Ph (0.39) et L'oxygène dissous avec un coefficient de corrélation 0.30. Nous considérons la composante principale 1 comme un gradient de minéralisation et d'eutrophisation lié à l'intensité de la pollution apportée par des déversements urbains et industriels d'eaux usées, (figure IV.2).
- L'axe 2 (pourcentage d'inertie 14,39%) décrit les paramètres suivants : la DBO5 ($r = -0.83$), la DCO ($r = -0.77$). Elle est donc principalement liée à l'activité biologique dans l'eau et à l'activité anthropique, (figure IV.2).
- L'axe 3 (pourcentage d'inertie 10,52%) décrit les paramètres suivants : La température ($r = -0.72$) et les Nitrates ($r = -0.51$). Les nitrates sont le facteur principal à la création du phénomène de l'eutrophisation (pollution des eaux du barrage), par la suite, la Température s'explique par le fait que lors de la photosynthèse, effectuée par le phytoplancton et qui demande de l'énergie (température). Cette composante principale 3 peut être considérée comme un gradient d'eutrophisation, (figure IV.3).

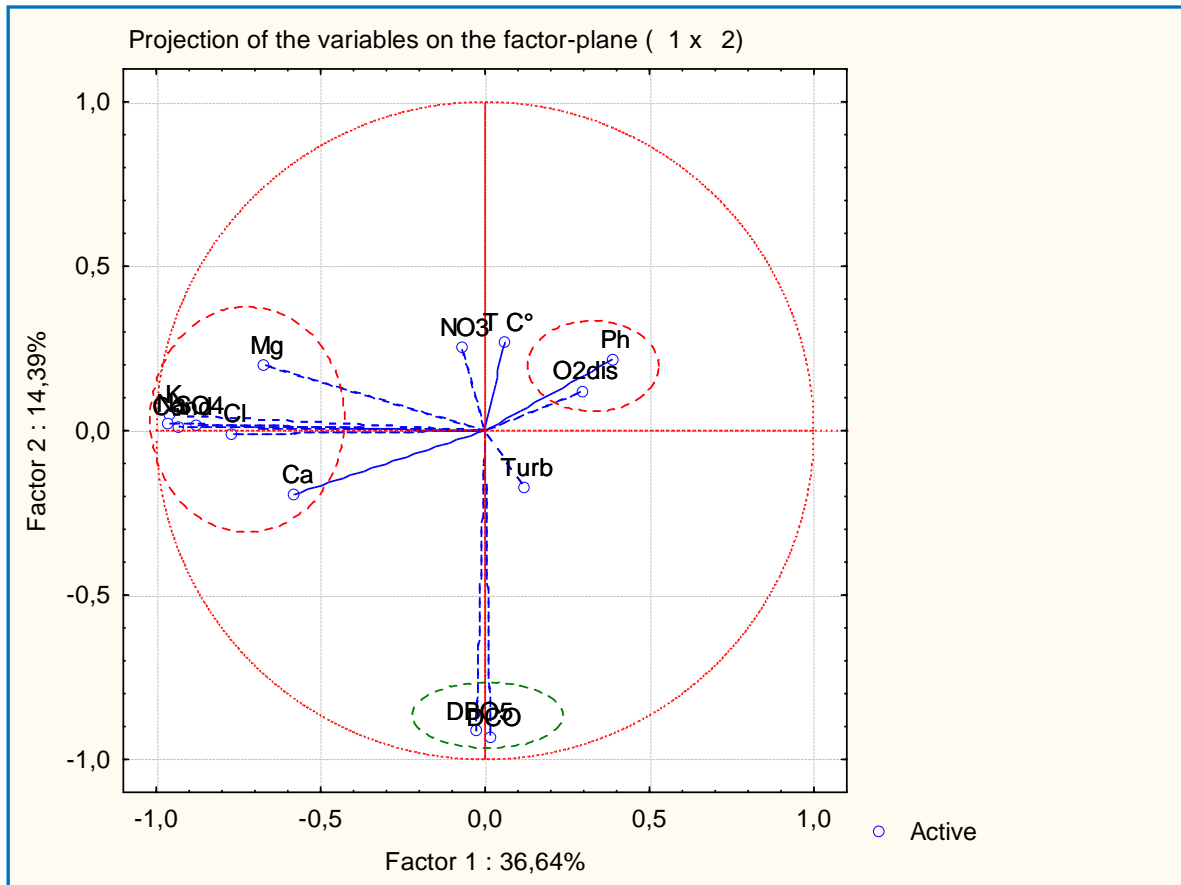


Figure IV.2 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 2) % Inertie totale : 51,029%.

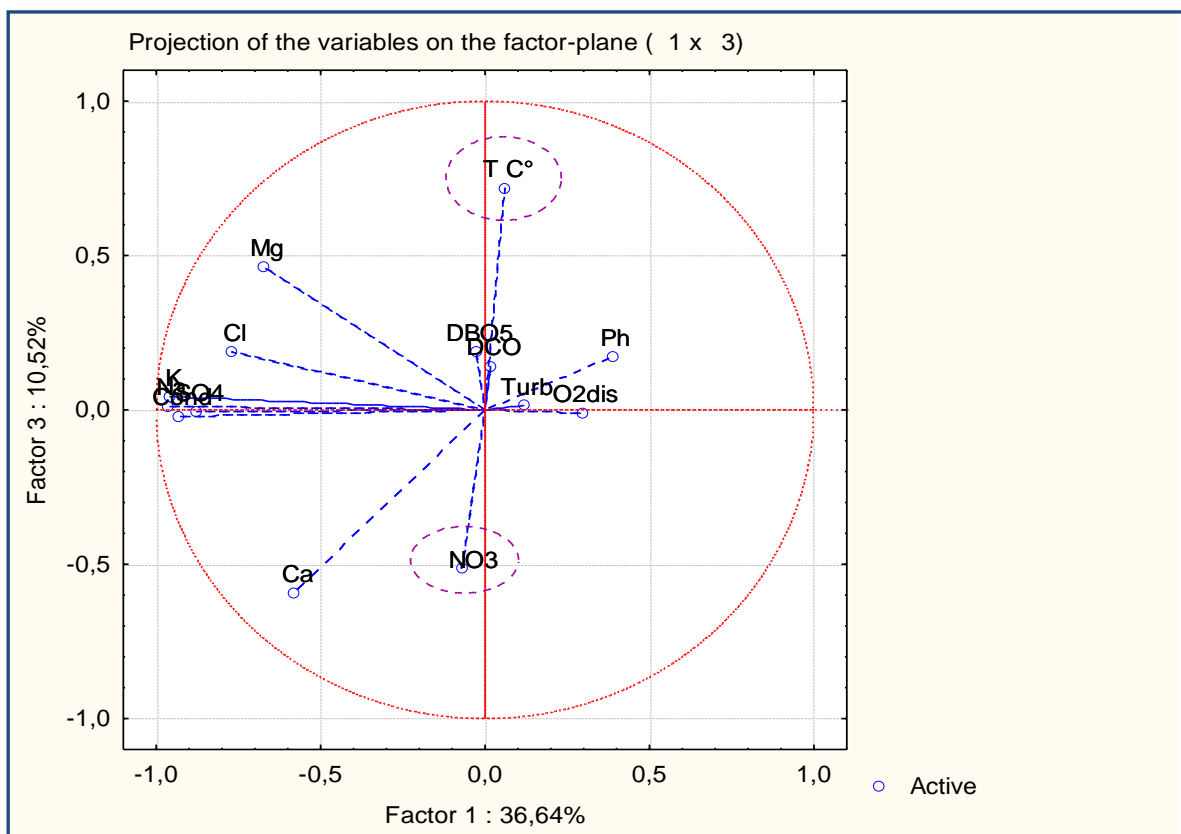


Figure IV.3 : ACP des variables physico-chimiques (facteurs 1 et 3) Inertie totale : 47,16 %.

Conclusion :

L'analyse en composantes principales appliquée aux séries de données mensuelles a porté sur 14 paramètres et nous a permis de détecter trois axes qui portent 61,54 % de l'information contenue dans ces paramètres. Les projections faites sur les trois axes montrent que :

L'axe 1 résume 36,64% de l'information et décrit les paramètres liés à la minéralisation. Il peut être considéré comme un gradient de minéralisation lié à l'intensité de la pollution apportée par des déversements urbains et industriels d'eaux usées.

L'axe 2 résume 14,39% de l'information et décrit la DBO5 et la DCO. Il est principalement lié à l'activité biologique dans l'eau et à l'activité anthropique.

L'axe 3 résume 10,52 % de l'information et est représentatif de la température ($r = -0.72$) et les Nitrates ($r = -0.51$). Cette composante principale 3 peut être considérée comme un gradient d'eutrophisation

L'ACP est donc un outil qui offre la possibilité de simplifier l'étude des milieux aquatiques et d'en alléger les coûts par la réduction du nombre de variables à prendre en compte.

Introduction :

L'eau est une ressource naturelle très limitée dans les régions semi-arides. Elle est très demandée. Elle est nécessaire à toutes activités socio-économiques. Certaines activités sont plus exigeantes en eau et d'autres plus prioritaires, mais le plus souvent l'eau utilisée est dégradée et polluée. Les rejets issus des utilisations domestiques et industrielles de l'eau peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogéniques, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble. Cependant si l'eau est préalablement traitée, elle trouve d'autres utilisations surtout dans le domaine agricole, où elle vient valoriser l'itinéraire technique mis en application pour produire plus.

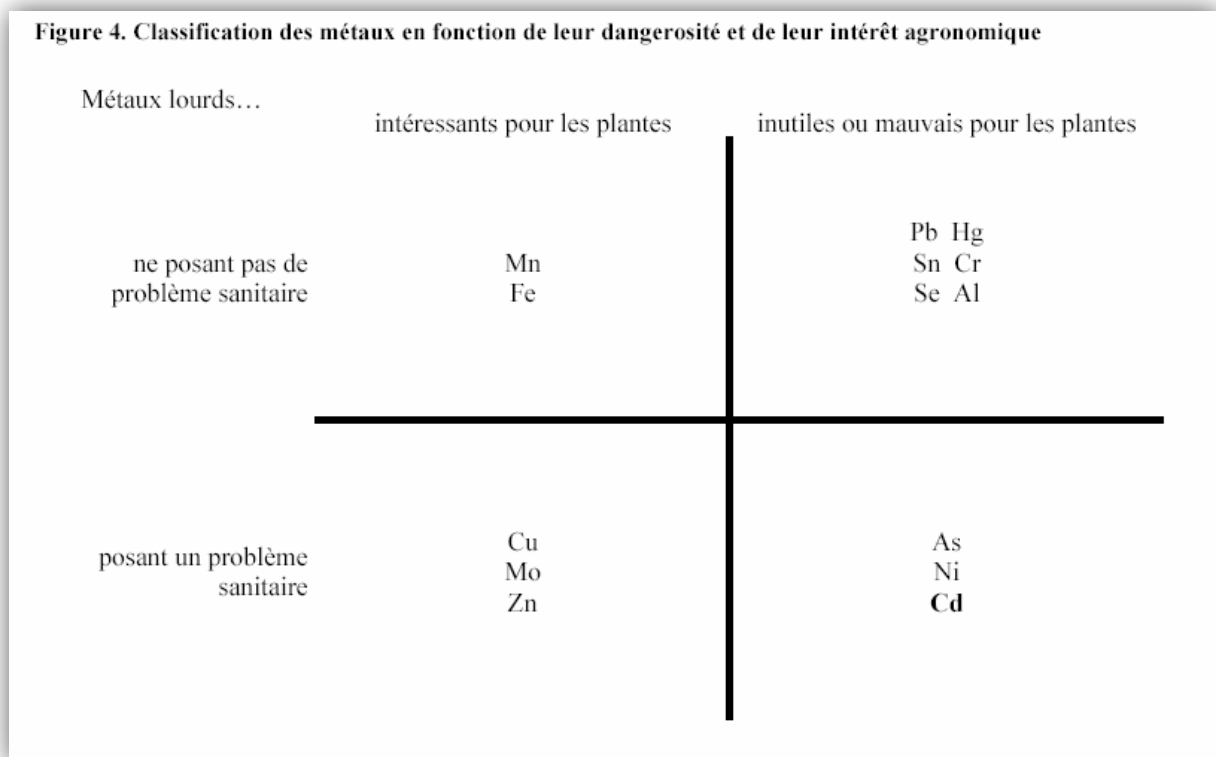
V.1. Risques liés à la réutilisation des eaux usées épurées :**V.1.1. Le risque microbiologique :****V.1.2. Le risque chimique :**

Figure V.1. Classification des métaux lourds en fonction des risques et de l'intérêt agronomique

V.1.3. Le risque environnemental :

V.1.3.1. Les conséquences sur l'environnement :

❖ L'eutrophisation :

L'eutrophisation d'un milieu aquatique, tel que cours d'eau ou mares, désigne simplement son caractère eutrophe (du grec Eu : « bien » et tropheïn : « nourri »), c'est à dire riche en éléments nutritifs, initialement sans caractère négatif, mais souvent employé pour désigner le déséquilibre qui résulte d'un apport excessif de nutriments : azote, carbone, et phosphore. L'eutrophisation est l'enrichissement des eaux en éléments nutritifs, ce qui aboutit à la stimulation d'une multitude de changements symptomatiques, parmi lesquels l'augmentation de la production des algues et des macrophytes, la détérioration de la qualité de l'eau et d'autres modifications qui sont nuisibles et interfèrent avec l'utilisation des eaux affectées.

✚ 1-Processus de l'eutrophisation :

Plusieurs facteurs contrôlent le processus d'eutrophisation, dont le motif central est la prolifération d'algues. Ils se présentent sous deux aspects, chimiques ou physiques. Parmi les facteurs chimiques sont compris les apports anthropiques d'éléments nutritifs, principalement l'azote et le phosphore et leur relation exercée avec le milieu, à savoir la transformation chimique des composés.

Les facteurs physiques comprennent les conditions climatiques, telles que la température et la lumière, et les conditions hydrologiques, telles que le volume et le débit d'eau, le confinement du plan d'eau, les matières en suspension, la turbidité, la transparence, etc. Ces facteurs jouent chacun un rôle plus ou moins important quant à la prolifération des algues. L'environnement physique va néanmoins influencer la transformation chimique des nutriments et leur concentration dans l'eau, d'où la vitesse d'eutrophisation. Il en résultera une certaine quantité d'oxygène à disposition pour le milieu.

Le processus d'eutrophisation et les interactions principales associées dans un lac sont récapitulés dans la figure (Fig.V.2).

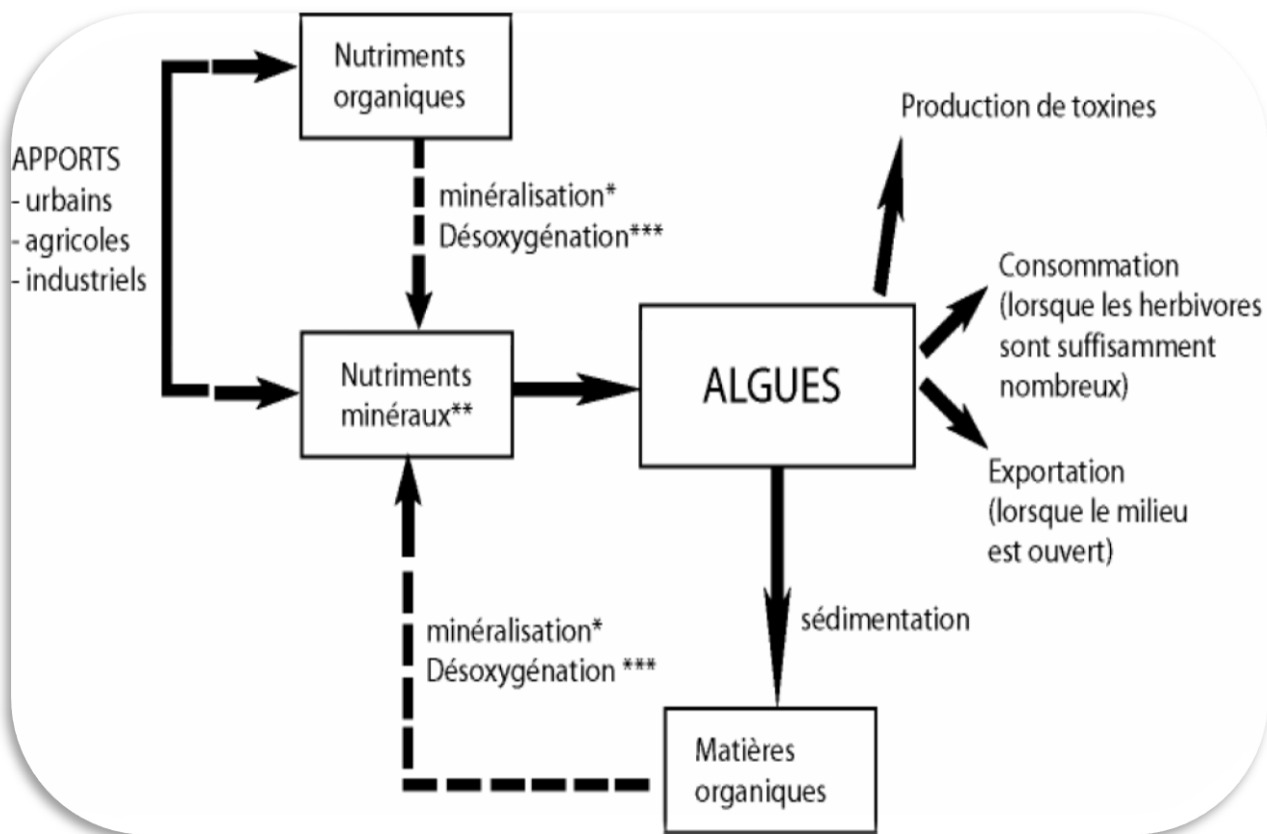


Figure V.2 : Processus de l'eutrophisation (désoxygénation, production de toxines) sur l'environnement aquatique.

✚ 2-Causes de l'eutrophisation :

2.1-les causes directes du phénomène :

La pollution est due à un apport excessif en nutriments et en matières organiques biodégradables principalement issues de l'activité humaine. Ils proviennent principalement des phosphates contenus dans les détergents, les engrais, et des nitrates contenus dans les engrais azotés, mais aussi de l'ammoniac issu de la décomposition des effluents organiques par des bactéries. Elle se manifeste de la manière suivante :

Les matières organiques biodégradables sont dégradées par les bactéries présentes dans le milieu. Mais parce qu'il consomme beaucoup d'oxygène, ce mécanisme provoque un premier appauvrissement en oxygène dissous.

L'excès de nutriments, de son côté, entraîne une multiplication en surface de certaines plantes aquatiques qui, en mourant, augmentent encore les quantités de matières organiques biodégradables présentes dans le milieu. Les bactéries, qui vivent dans les profondeurs où se déposent ces matières organiques, prolifèrent et consomment progressivement tout l'oxygène des eaux profondes qui ne peuvent se réoxygéner en raison du faible brassage des eaux.

On observe alors une différence de plus en plus marquée entre les eaux proches de la surface, très oxygénées, et les eaux profondes, totalement désoxygénées et non éclairées, car la prolifération des algues en surface empêche toute pénétration de lumière. Dans ces profondeurs, la vie disparaît peu à peu : les espèces animales et les bactéries aérobies (qui consomment de l'oxygène) meurent par asphyxiées. Au bout d'un certain temps, seules certaines bactéries anaérobies survivent dans ce milieu dépourvu d'oxygène : elles se multiplient et provoquent la fermentation de toute la matière organique accumulée, libérant des gaz (hydrogène sulfuré et ammoniac) et du méthane.

2.2-les causes indirectes de l'eutrophisation :

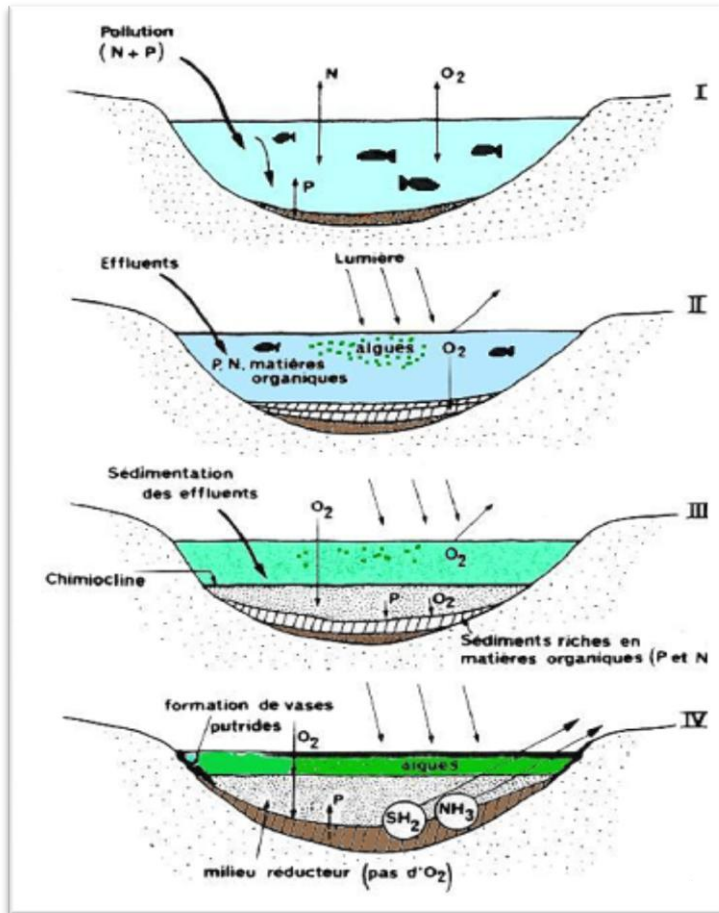
Les principales catégories de pollueurs sont : l'industrie, l'agriculture et les ménages. Les rejets de ces secteurs dans le milieu naturel est la principale pollution qui affecte nos lacs et plus généralement tout le milieu naturel. Ces rejets comprennent :

- Les eaux ménagères, c'est-à-dire des eaux de cuisine, de toilette et de lessive contenant des graisses, savons, détergents et déchets divers. Les eaux-vannes provenant des lieux d'aisances, contenant les matières fécales et les urines.
- L'agriculture, l'irrigation et les produits utilisés, ainsi que, les eaux usées agricoles provenant de l'élevage dont les fumiers et lisiers sont riches en matières organiques azotées mais dont certains composés, les nitrates par exemple, peuvent être entraînés, en raison de leur grande solubilité, par les eaux de lessivage. Les eaux atmosphériques ou de ruissellement provenant du lavage de l'atmosphère (pluies acides) et du lessivage des sols de voirie et de toute surface imperméable (routes, chemins de fer, parkings, surfaces bâties).
- Les rejets industriels riches en nitrates, ammonium, matière organique non traitée et la présence des polyphosphates dans les lessives font de l'eutrophisation un processus fréquent. Atteignant même, à provoquer l'extension de zones mortes, ou le développement d'algues toxiques.

■ Principales phases de l'eutrophisation des eaux :

Les plans d'eau constituent des milieux où se développe une chaîne de vie aquatique très complexe, qui comprend des multitudes d'organismes dépendant de l'équilibre de l'écosystème. Cependant, sur une partie du cours d'eau, les produits non-biodégradables ne

sont pas éliminés et l'eau se retrouve enrichie en résidus minéraux, ce qui provoque l'explosion de la croissance de végétaux (algues vertes, lentilles d'eau). Les besoins en oxygène de ces végétaux peuvent asphyxier le milieu aquatique et entraîner la mort des autres êtres vivants de l'écosystème (Fig.IV.3).



I - Pollution croissante

II - Prolifération d'algues

III – Décomposition anaérobie

IV - Dégradation extrême du milieu avec une simplification des espèces présentes.

Figure. V.3:Schéma des principales phases de l'eutrophisation.

- La première est l'apport de substances nutritives (nitrates et phosphates) par des cours d'eau approvisionnant le lac.
- Suite à cela, on a un enrichissement du milieu aquatique (d'où une forte croissance des plantes aquatiques enracinées, des poissons, du plancton).
- Puis la mort progressive des algues en suspension ce qui conduit à une importante sédimentation de matières organiques vers les couches profondes. On observe aussi une consommation importante de l'oxygène dissous dans l'eau. La vase s'accumule.
- Une désoxygénation des couches inférieures se fait ensuite, entraînant la mort de certaines espèces par asphyxie (comme les truites..) et la prolifération du plancton en surface (où l'oxygène est abondant).

- Peu à peu même les espèces peu exigeantes en oxygène vont avoir du mal à se développer.

□ Principaux effets de l'eutrophisation :

Les principaux effets causés par l'eutrophisation peuvent être résumés comme suit :

1. La diversité des espèces baisse et le biote dominant change.
2. La biomasse végétale et animale augmente.
3. La turbidité augmente.
4. Le taux de sédiments augmente, réduisant la durée de vie du lac.
5. Des conditions anoxiques peuvent se développer.

En raison de la concentration élevée des organismes dans un système eutrophique, il y a souvent beaucoup de concurrence pour les ressources et la pression prédatrice. Ce degré élevé de concurrence et les contraintes chimiques ou physiques rendent les conditions difficiles pour la survie des organismes dans les systèmes eutrophiques. En conséquence, la diversité des organismes est inférieure dans les systèmes eutrophiques que dans les systèmes oligotrophiques.

- ❖ L'empoisonnement et dégradation de la faune par les toxiques ;
- ❖ La radioactivité des eaux du fait du développement du déversement des résidus radioactifs dangereux ;
- ❖ En agriculture, les nitrates entraînent sur les cultures des retards de maturation, une altération de la qualité.

V.2. Traitement des eaux usées :

Le traitement de l'eau usée a pour objectif de réduire le niveau de contamination en métaux lourds et en micro-organismes pour la rendre plus utilisable en agriculture. Différentes méthodes sont utilisées telles que la méthode des boues activées, l'utilisation des algues fixatrices pour éliminer certains métaux lourds, méthodes de stockage et traitement suivies d'utilisation directe ou d'épandage dans la nature. Le traitement tertiaire des eaux usées épurées s'avère souvent nécessaire afin d'améliorer la qualité et de permettre une réutilisation moins restreinte. Le traitement réalisé par filtration sur colonne de sable, montre que plus la couche de sable est importante, meilleur est le rendement qualitatif consécutif à plus grande élimination des matières en suspension.

V.4. La Réglementation :

L'élimination des risques microbiologiques et chimiques est le principal objectif du traitement des eaux usées destinées à être réutilisées. Afin de garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures.

V.4.1. Recommandations de l'OMS:

Les normes d'usage agricole concernent uniquement les quantités de microorganismes. Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Il semble cependant nécessaire de compléter les normes microbiologiques de l'OMS, notamment de leur joindre des normes chimiques

Tableau IV.1. Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinée à l'irrigation (Blumenthal, 2000).

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs par litre – moyenne arithmétique)*	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)*	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics ^d	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	≤ 1	≤ 1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8–10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

* Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.
^b Espèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.
^c Pendant la période d'irrigation.
^d Une directive plus stricte (≤ 200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.
^e Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

V.4.2. Recommandations de l'USEPA :

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency, 1992) a publié, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Development), des recommandations sur la réutilisation des eaux usées traitées, (Tableau IV.2). Contrairement à l'OMS, ces normes ne sont pas basées sur des études épidémiologiques et une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Les normes microbiologiques sont

donc beaucoup plus strictes. Dans les normes de l'USEPA, plusieurs paramètres sont pris en compte : le pH, la DBO, la turbidité ou les MES et microbiologiquement seul les coliformes fécaux permet de juger la qualité de l'eau. Dans leur étude de comparaison du coût et de l'efficacité des normes de l'OMS et de l'USEPA dans le cas de l'irrigation de légumes consommés crus et irrigués par des eaux usées épurées, ont constaté qu'en suivant les recommandations de l'USEPA, un seul cas d'infection à l'hépatite a été évité.

Tableau IV.2. Recommandations de l'USEPA concernant la réutilisation des eaux usées

Type of Use	Reclaimed Water Quality	Treatment
Urban uses, crops eaten raw, recreational impoundments	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH = 6 – 9 ▪ ≤10 mg/L BOD ▪ ≤2 NTU^a ▪ No detectable fecal coli/100 mL^b ▪ ≥1 mg/L Cl₂ residual^c 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secondary ▪ Filtration ▪ Disinfection
Restricted access area irrigation, processed food crops, nonfood crops, aesthetic impoundments, construction uses, industrial cooling, ^d environmental reuse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH = 6 – 9 ▪ ≤30 mg/L BOD ▪ ≤30 mg/L TSS ▪ ≤200 fecal coli/100 mL^c ▪ ≥1 mg/L Cl₂ residual^c 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secondary ▪ Disinfection
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by spreading	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site specific and use dependent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site specific and use dependent ▪ Primary (minimum)
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by injection	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site specific and use dependent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site specific and use dependent ▪ Secondary(minimum)
Groundwater recharge of potable aquifers by spreading	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site specific ▪ Meet drinking water standards after percolation through vadose zone 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secondary ▪ Disinfection ▪ May also need filtration & advanced wastewater treatment
Groundwater recharge of potable aquifers by injection, augmentation of surface supplies	Includes the following: <ul style="list-style-type: none"> ▪ pH = 6.5 – 8.5 ▪ ≤2 NTU^a ▪ No detectable fecal coli/100 mL^b ▪ ≥1 mg/L Cl₂ residual^c ▪ ≤3 mg/L TOC ▪ ≤0.2 mg/L TOX ▪ Meet drinking water standards 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secondary ▪ Filtration ▪ Disinfection ▪ Advanced wastewater treatment

^a Should be met prior to disinfection. Average based on a 24-hour time period. Turbidity should not exceed 5 NTU at any time.

^b Based on 7-day median value. Should not exceed 14 fecal coli/100 mL in any sample.

^c After a minimum contact time of 30 minutes.

^d Recirculating cooling towers.

^e Based on 7-day median value. Should not exceed 800 fecal coli/100 mL in any sample.

Source: Adapted from U.S. Environmental Protection Agency [2004]

V.4.3. Directives de la FAO :

La FAO établit en 1974 des directives concernant la qualité physicochimique et d'éléments traces métalliques de l'eau d'irrigation dans lesquelles l'accent était mis sur l'influence à long terme de la qualité de l'eau, sur la production agricole, sur les conditions du sol et les techniques culturales. Ces directives générales sont présentées dans les tableaux IV.3, et IV.4

Tableau V.3. Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO.

Problème d'irrigation	Unité	Degré de restriction à l'usage			
		aucune	modérée	sévère	
Salinité					
Ec _w	ds/m	0.7	0.7-3.0	> 3	
TDS	mg/l	< 450	450-2000	> 2000	
Infiltration'					
SAR	0 à 3	et l'Ec	> 0.7	0.7-0.2	< 0.2
	3 à 6		>1.2	1.2-0.3	< 0.3
	6 à 12		> 1.9	1.9-0.5	< 0.5
	12 à 20		> 2.9	2.9-1.3	< 1.3
	20 à 40		> 5.0	5.0-2.9	< 2.9
Toxicité spécifique					
\Par absorption racinaire					
irrigation de surface					
Sodium (évaluer par SAR)	SAR	< 3.0	3.0-9.0	> 9.0	
Chlorure (Cl)	mg/l	< 142	142-355	> 355	
	méq/l	< 4.0	4.0-10.0	> 10.0	
Par absorption foliaire					
- Irrigation par aspersion					
Sodium (évaluer par SAR)	SAR	< 3	> 3		
Chlorure (Cl)	mg/l	< 100	>100		
	méq/l	< 3.0	>3.0		
Bore (B)	méq/l	< 0.7	0.7-3.0	> 3	
Autres effets					
Azote (NO ₃ -N)	mg/l	< 5	5.0-30	> 30	
Bicarbonates (uniquement irrigation par aspersion audessus des frondaisons)	mg/l	< 90	90-520	> 520	
	méq/l		1.5-8.5	> 8.5	
PH		Gamme normale 6.5 -8.4			

Tableau V.4. Concentrations maximales d'éléments à l'état de traces recommandées pour les eaux d'irrigation.

Elément	Conc. max(g/l)	
Al	0.5	Peut provoquer la stérilité des sols acides (Ph<5.5), mais les sols sodiques précipiteront l'ion et élimineront la toxicité à Ph>7.0.
As	0.10	La toxicité à l'égard des plantes varie de 12mg/l pour le sudan à 0.05mg/l pour le riz.
Be	0.10	La toxicité vis-à-vis des cultures varie de 5mg/l pour le chou à 0.05mg/l pour le haricot.
Cd	0.01	Toxique pour les haricots, les betteraves et les navets à de faibles concentrations (0.1mg/l dans la solution nutritive). Des limites prudentes sont recommandées en raison des possibilités des concentrations, dans les végétaux et les sols, dangereuses pour l'homme.
Co	0.05	Toxique pour la tomate à 0.1mg/l dans la solution nutritive.
Cr	0.10	N'est en général pas considéré comme un élément essentiel de la croissance. En raison d'un manque d'information sur ses effets toxiques, on recommande des limites prudentes.
Cu	0.20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations de 0.1 à 1.0mg/l.
F	1.0	Neutralisé par les sols à Ph>7.
Fe	5.0	Pas toxique pour les plantes dans les sols aérés, mais peut contribuer à l'acidification des sols et à la baisse de la disponibilité du phosphore et du molybdène essentiels. Peut provoquer, en aspersion « haute », des dépôts peu esthétiques sur les plantes, l'équipement et les bâtiments.
Li	2.5	Toléré par la plupart des cultures jusqu'à 5mg/l, mobile dans le sol. Toxique pour les agrumes à des concentrations faibles (<0,075mg/l). Agit comme le bore.
Mn	0.20	Toxique pour un certain nombre de plantes, à partir de quelques dixièmes de mg/l à qqesmg/l, mais en général seulement dans les

		sols acides.
Mo	0.01	Non toxique pour les cultures à des concentrations normales dans le sol et l'eau. Peut être toxique pour le bétail lorsque le fourrage pousse sur des sols à forte concentration en molybdène disponible.
Ni	0.20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations variant de 0,5 mg/l à 1, 0 mg/l, toxicité réduite avec un pH neutre ou alcalin.
Pb	5.0	Peut inhiber la croissance des cellules végétales des concentrations élevées
Se	0.02	Toxique pour les cultures à des concentrations aussi faibles que 0,025 mg/l et toxique pour le bétail si le fourrage est cultivé sur des sols avec un niveau relativement élevé de sélénium apporté. Essentiel aux animaux mais à des concentrations très basses.
Sn	---	Exclu efficacement par les plantes; tolérance spécifique inconnue.
V	0.10	Toxique vis-à-vis de nombreux végétaux à des concentrations faibles
Zn	2.0	Toxique pour de nombreuses plantes à des concentrations très variables, toxicité réduite à pH > 6,0 et dans les sols à texture fine ou organiques.
<p>La concentration maximale est basée sur une dose d'application d'eau correspondant à de bonnes pratiques d'irrigation (10000 m³par hectare et par an). Si l'application dépasse largement cette norme, on devra diminuer en conséquence les concentrations maximales. Aucun ajustement à faire pour des dotations inférieures à 10 000 m³/ha/an.</p>		

V.5.Effets de l'irrigation à l'eau usée sur les composantes du milieu cultivé :

En Algérie, beaucoup de freins agronomiques et environnementaux empêchent l'essor de la technique de l'irrigation à l'eau usée. Cette dernière participe aussi aux changements de certaines caractéristiques de la qualité du sol, à savoir « sa capacité à fonctionner dans un écosystème particulier pour produire de la biomasse.

V.5.1. Effets de l'irrigation à l'eau usée sur la composante biologique :

Les microorganismes du sol sont la microflore (les bactéries, les champignons) et la microfaune telluriques (les nématodes, les protozoaires). Les populations de la microflore du sol sont fortement perturbées par les techniques agricoles. Les modifications des conditions climatiques en irrigation, des écarts de température plus faibles et des teneurs en eau plus élevées, sont favorables à une augmentation de l'activité et de la biomasse microbiennes dans les premiers centimètres de sol. Cette augmentation s'observe pour les populations bactériennes comme pour les populations Fongiques. Cependant, en irrigation, les champignons sont dominants dans les cinq premiers centimètres de sol. La colonisation racinaire par les mycorhizes est plus élevée en sol irrigué qu'en sol non irrigué.

Cette variabilité s'explique par la dépendance de la microfaune vis-à-vis de nombreuses caractéristiques du milieu cultivé dépendant de l'irrigation du sol. Par exemple, le développement de la microfaune est associé aux conditions physiques du sol qui régissent Sa motilité (e.g. la taille des pores, la présence d'un film d'eau liquide sur la paroi de ces derniers) et, aux macros organismes qui s'en nourrissent. Les effets de l'irrigation du sol sur les macros organismes animaux ont été étudiés principalement sur les annélides ou vers de terre pour leurs rôles essentiels dans l'agro système. La quantité de vers de terre augmente fortement dans un sol irrigué par rapport à un sol non irrigué. Cette augmentation s'explique par des conditions climatiques plus favorables, par l'absence de dommages occasionnés aux vers de terre et par la présence d'une litière en surface. L'écart entre les situations culturales est d'autant plus grand que l'ancienneté du système en irrigation du sol est importante.

V.5.2. Effets de l'irrigation à l'eau usée sur la composante chimique :**V.5.2.1 Les matières organiques mortes :**

Comparé à un sol non irrigué, les teneurs en azote et carbone organiques augmentent en irrigation à l'eau usée, dans les cinq à dix premiers centimètres de sol. L'accumulation de matières organiques en surface s'accompagne de leur diminution en profondeur. Cette stratification des matières organiques résulte principalement du maintien d'une quantité élevée de résidus en surface d'un sol irrigué.

V.5.2.2. Les éléments minéraux :

L'irrigation à l'eau usée du sol conduit à un enrichissement en éléments minéraux des premiers centimètres de sol par rapport à une situation sans irrigation. D'un autre côté, les quantités d'éléments minéraux peuvent être réduites en profondeur, notamment le phosphore et le potassium. La même variabilité s'observe pour le transfert des herbicides en profondeur :

en irrigué, les pertes d'herbicides peuvent être réduites ou augmentées par rapport à un sol non irrigué. En fait, ces contradictions sur le comportement des polluants s'expliquent par le fait que la présence de l'eau joue sur des phénomènes qui réduisent le risque de pollution (e.g. l'augmentation de la quantité de matières organiques en irrigué à l'eau usée accroît l'adsorption de la plupart des pesticides) et sur d'autres qui l'accroissent (e.g. les écoulements préférentiels peuvent augmenter en irrigué). La balance entre les deux dépend étroitement des conditions expérimentales telles que le type de sol, la topographie ou le régime des précipitations.

V.5.3. Effets de l'irrigation à l'eau usée sur la composante physique :

En modifiant la structure du sol, l'irrigation affecte la qualité du sol, particulièrement la circulation de l'air et de l'eau, la pénétration des racines dans le sol et l'accessibilité des nutriments aux végétaux.

V.5.3.1. Structure et propriétés hydriques d'un sol irrigué :

La stabilité des agrégats est corrélée à la quantité de carbone organique présent dans le sol. Comme cette quantité augmente sensiblement en irrigué, les agrégats sont plus stables dans cette situation culturale. Si la stabilité des agrégats est accrue en irrigué, l'absence de l'eau du sol conduit, en revanche, à une diminution de la porosité de l'horizon de surface par rapport à un sol Irrigué continuellement ;

Généralement, une conséquence de la compaction du sol en non irrigué est la pénétration plus difficile des racines dans le sol.

Conclusion :

La STEP de Tiaret, ne peut actuellement que faire un prétraitement des eaux usées, donc toute la matière organique et les métaux lourds se trouvent encore dans l'eau qui est rejetée.

De se même problèmes, se transmettent à l'aval de la station, et aux de la retenue du barrage.

VI.1 La qualité de l'eau d'irrigation :

La qualité de l'eau dépend 7 facteurs :

- ❖ pH ;
- ❖ la salinité (CE) ;
- ❖ l'alcalinité (SAR) ;
- ❖ la dureté (les carbonates et bicarbonates) ;
- ❖ les éléments toxiques ;
- ❖ les nutriments ;

VI.1.1. La dureté :

L'abondance des ions bicarbonates (HCO_3^-) dans l'eau d'irrigation mérite aussi d'être évaluée. Dans le cas où l'eau d'irrigation contient un taux élevé de bicarbonates, on constate une tendance à la précipitation du calcium et du magnésium ce qui fait augmenter le SAR. On considère que l'eau d'irrigation est inadéquate pour l'irrigation lorsque la concentration résiduelle de NaHCO_3 est supérieure à 2,5 mEq / L. Par contre, si la concentration est en dessous de 1,25 mEq / L, l'eau est probablement sécuritaire.

VI.1.2 Les éléments toxiques :

Certains éléments de l'eau d'irrigation peuvent être directement toxiques à la culture. Établir des limites de toxicité pour l'eau d'irrigation est compliqué de par les réactions qui peuvent se passer quand l'eau atteint le sol. Les éléments potentiellement dangereux de l'eau peuvent être inactivés par des réactions chimiques ou bien s'accumuler dans le sol jusqu'à atteindre des niveaux de toxicité pour les plantes.

Les éléments toxiques sont :

- Sodium (Na) ;
- Chlorure (Cl) : Les chlorures peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation, à plus forte raison lorsque c'est par aspersion.
- Bore (B) : Une eau d'irrigation contenant plus de 1mg/l de bore (B) peut causer une accumulation toxique pour les cultures sensibles.

VI.1.3 Les métaux lourds :

Manganèse (Mn^{+2}) Fer (Fe^{+3}), le plomb (Pb), le sélénium (Se), l'étain (Sn), le mercure (Hg), le chrome (Cr^{+3}), Aluminium (Al^{+3}), Cuivre (Cu^{+2}), molybdène (Mo), Zinc (Zn^{+2}), l'arsenic (As), Nickel (Ni) et le cadmium (Cd).

VI.1.4 Les nutriments : N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Cu, Mo, Zn et Si.

VI.2. Les classifications des eaux d'irrigation :

VI.2.1 La classification de l'USDA(1954) :

Tableau VI.1 : la conductivité électrique

classe	La conductivité électrique en $\mu\text{mhos/cm}$	Définition
C1	0-250	Eau à faible salinité, elle peut être utilisée pour la plupart des cultures sur la plupart des sols.
C2	250-750	Eau de salinité moyenne, elle peut être utilisée si il se produit un lessivage modérée les plantes ayant une résistance modérée au sel peuvent être cultivée.
C3	750-2250	Eau à forte salinité, il est nécessaire de prendre des dispositions spéciales pour abaisser la salinité tel que le drainage, choisir les plantes ayant une forte résistance au sel.
C4	2250-5000	Eau à très forte salinité, elle ne convient par à l'irrigation.

La conductivité électrique moyenne : $CE_{\text{moy}}=1561.12\mu\text{s/cm}$, c-a-d : Eau à forte salinité, il est nécessaire de prendre des dispositions spéciales pour abaisser la salinité tel que le drainage, choisir les plantes ayant une forte résistance au sel.

Le SAR : (le rapport d'adsorption du sodium) \Rightarrow Le $SAR_{\text{moy}}= 22.50$, c'est à dire : Eaux pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols, à l'exception des sols pauvres en argile. Emploi exigent la mise en œuvre d'un aménagement spécial assurant un bon drainage et fort lessivage.

L'addition de matière organique, d'amendements chimiques est souvent nécessaire.

Tableau VI.2 : la teneur en sodium(le SAR) : Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation. (Classification USDA).

Classe	Interprétation
S1: $0 < SAR \leq 10$	Eaux utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols. Danger d'alcalinisation réduit, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées.
S2 : $10 < SAR \leq 18$	Le danger d'alcalinisation des sols est appréciable dans les sols à textures fine et à forte capacité d'échange, surtout dans la condition de faible lessivage. Eau utilisable sur les sols de texture grossière, ou sur les sols organiques ayant une bonne perméabilité.
S3: $18 < SAR \leq 26$	Eaux pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols, à l'exception des sols pauvres en argile. Emploi exigent la mise en œuvre d'un aménagement spécial assurant un bon drainage et fort lessivage. L'addition de matière organique, d'amendements chimiques est souvent nécessaire.
S4: $SAR > 26$	Eaux souvent inutilisables pour l'irrigation, présentant un fort danger d'alcalinisation. Ces eaux sont utilisée pour l'irrigation, seulement si leur salinité permet l'addition de calcium ou si le sol en contient suffisamment.

(Source : Durant, 1983)

Tableau VI.3 : interprétation des classes issus de la projection sur le diagramme de RIVERSID, modifiée par Durant et Gefli (1974). (Classification USDA).

Classes	Interprétation
C1S1	Eau présentant une bonne qualité pour l'irrigation, utilisable avec précautions pour les plantes sensibles.
C1S2, C2S1	Eau de qualité bonne à moyenne a utilisé avec précaution pour les sols mal drainés et pour les plantes sensibles
C1S3, C2S2, C3S1	Qualité moyenne à médiocre a utilisé avec précaution ; nécessite un drainage avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse.
C1S4, C2S3, C3S2, C4S1	Eau de qualité médiocre à mauvaise, utilisée avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensibles, l'emploi pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage et/ou apport de gypse.
C2S4, C4S2, C3S3	Eau de qualité très mauvaise utilisée que pour les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes avec nécessité de doses de lessivages et/ou apport de gypse.
C3S4, C4S3	Qualité très mauvaise a n'utilisé que pour les circonstances exceptionnelles.
C4S4	Eau déconseillée pour l'irrigation.

Selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation on classe l'eau dans la classe C3S4

C'est à dire : Qualité très mauvaise a n'utilisé que pour les circonstances exceptionnelles.

Tableau VI.4: Les normes des eaux d'irrigation fixée par la FAO.

Paramètre de l'eau	Symbole	Unité	Valeur maximale admissible
Conductivité électrique	CE	dS/m	3
Total des sels dissous	TDS	mg/l	2000
Calcium	Ca ⁺⁺	mg/l	400
Magnésium	Mg ⁺⁺	mg/l	60,75
Sodium	Na ⁺	mg/l	920
Carbonates	CO ₃ ⁻	mg/l	3
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	mg/l	610
Chlore	Cl	mg/l	1065
Sulfates	SO ₄ ⁻	mg/l	960
Nitrates	NO ₃ ⁻	mg/l	10
Ammonium	NH ₄ ⁺	mg/l	5
Phosphate	PO ₄ ⁻	mg/l	2
Potassium	K	mg/l	2

Acidité	pH		6- 8,5
Coefficient d'absorption du	SAR		15
Bor	B	mg/l	2

VI.2.2. La classification de Christiansen et al (1977):

Tableau VI.5 :

Classe	CE en mmhos/cm	Na en %	SAR	Na ₂ CO ₃	CL en méq/l	ES en méq/l	Bore en ppm
1	0.5	40	3	0.5	3	4	0.5
2	1.0	60	6	1.0	6	8	1.0
3	2.0	70	9	2.0	10	16	2.0
4	3.0	80	12	3.0	15	24	3.0
5	4.0	90	15	4.0	20	32	4.0
6	Valeur supérieures aux limites de 5						

Tableau VI.6 : Classification proposée par un groupe de chercheurs américains (AYERS, ASCE 1977, IR 2 pp. 135-154) Université de Californie.

Problème d'irrigation	Unité	Degré de restriction à l'usage		
		aucune	modérée	sévère
Salinité				
Ec _w	ds/m	<0.7	0.7-3.0	> 3
TDS	mg/l	< 450	450-2000	> 2000
Infiltration				
SAR	et Ec	> 0.7	0.7-0.2	< 0.2
0 à 3				
3 à 6		>1.2	1.2-0.3	< 0.3
6 à 12		> 1.9	1.9-0.5	< 0.5
12 a 20		> 2.9	2.9-1.3	< 1.3
20 à 40		> 5.0	5.0-2.9	< 2.9
Toxicité spécifique				
\Par absorption racinaire				
irrigation de surface				
Sodium (évaluer par SAR)	SAR	< 3.0	3.0-9.0	> 9.0
Chlorure (Cl)	mg/l	< 142	142-355	> 355
	még/l	< 4.0	4.0-10.0	> 10.0
Par absorption foliaire				
- Irrigation par aspersion				

Sodium (évaluer par SAR)	SAR	< 3	> 3	
Chlorure (Cl)	mg/l	< 100	>100	
	még/l	< 3.0	>3.0	
Bore (B)	még/l	< 0.7	0.7-3.0	> 3
Autres effets				
Azote (NO ₃ -N)	mg/l	< 5	5.0-30	> 30
Bicarbonates (uniquement irrigation par aspersion au dessus des frondaisons)	mg/l	< 90	90-520	> 520
	még/l		1.5-8.5	> 8.5
PH		Gamme normale 6.5 -8.4		

VI.3 Les Diagrammes :

VI.3.1. Diagramme de Piper :

Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.

Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillons.

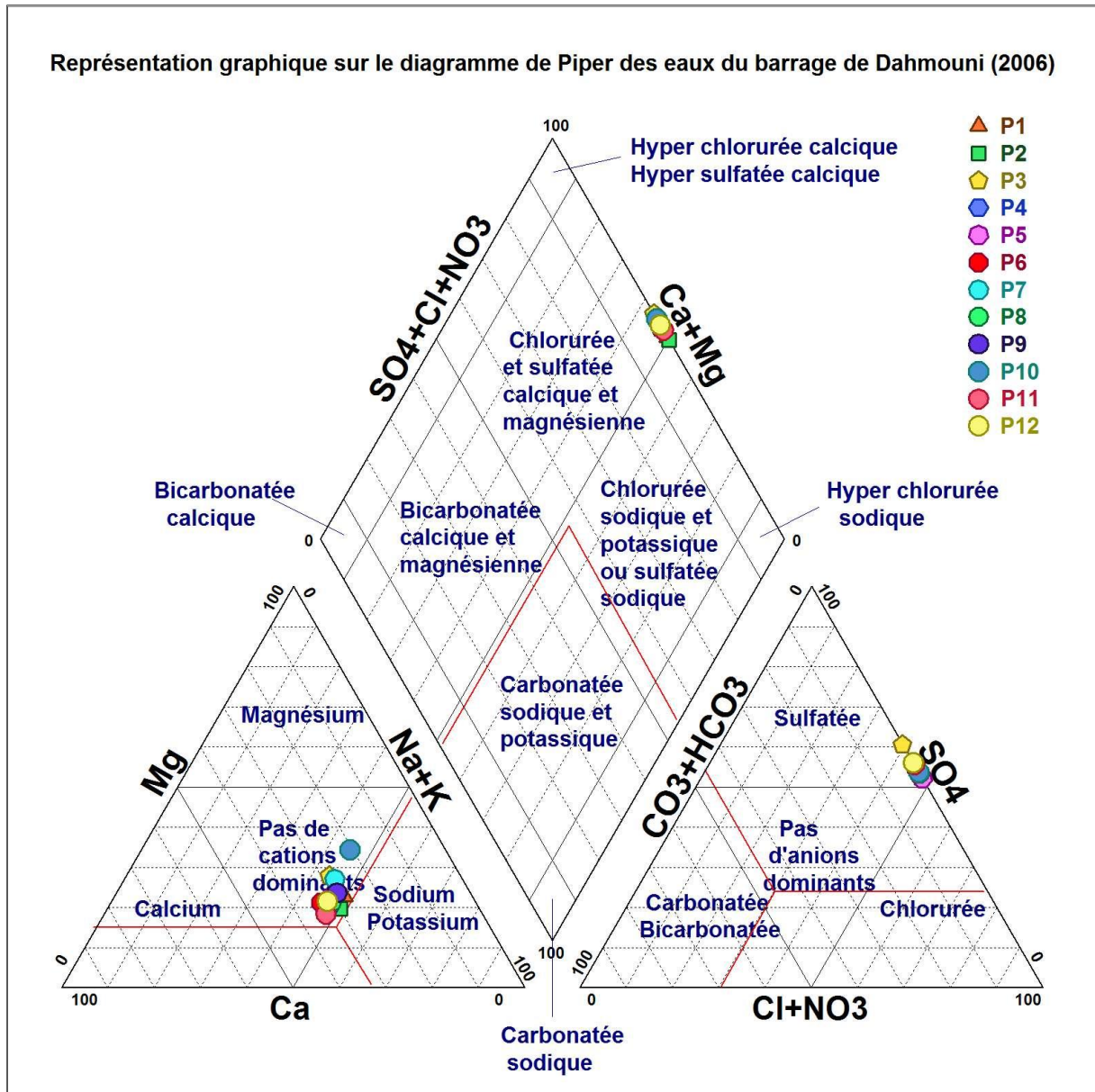


Figure VI.1 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2006).

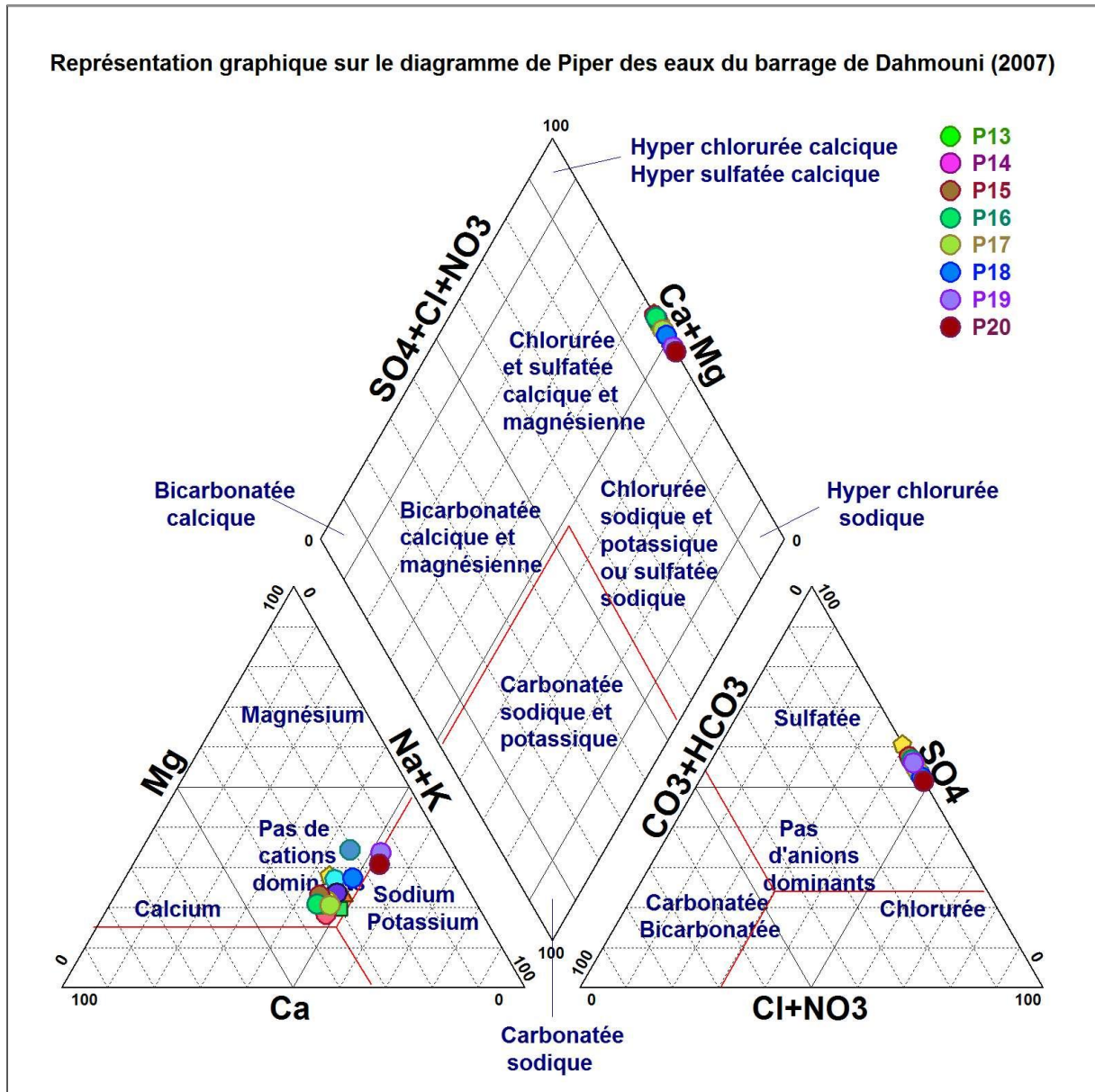


Figure VI.2 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2007).

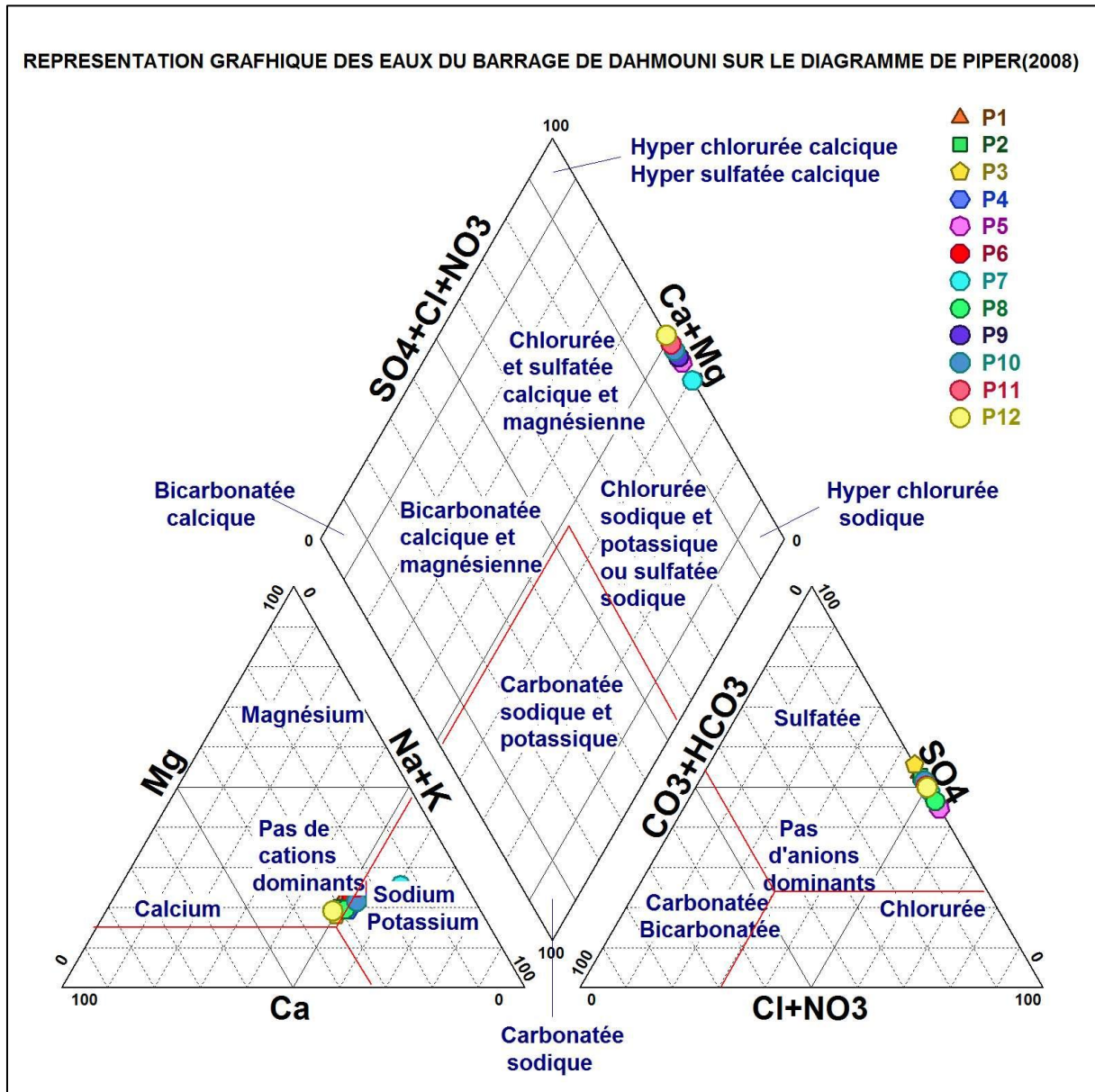


Figure VI.3 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2008).

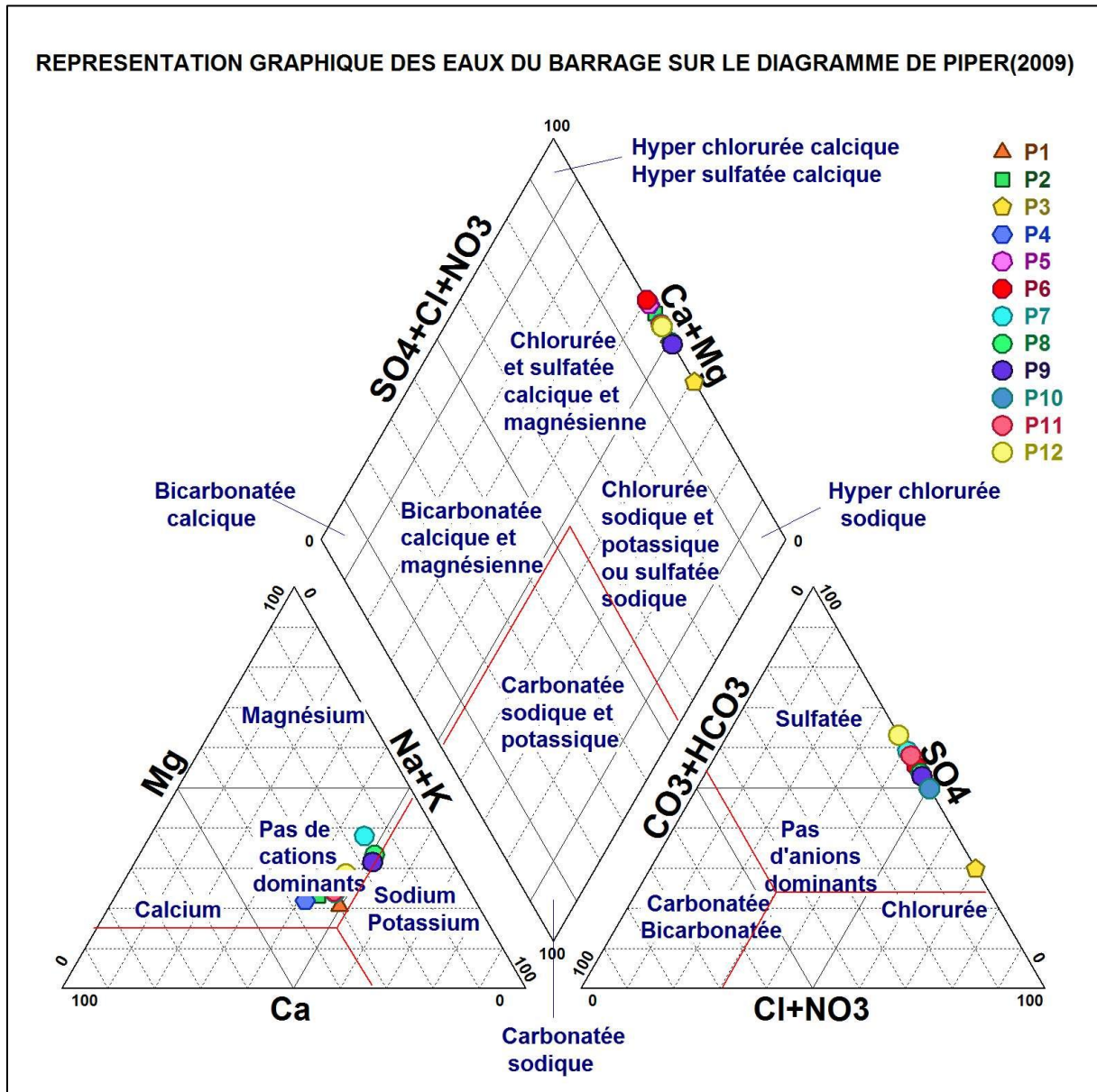


Figure VI.4 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2009).

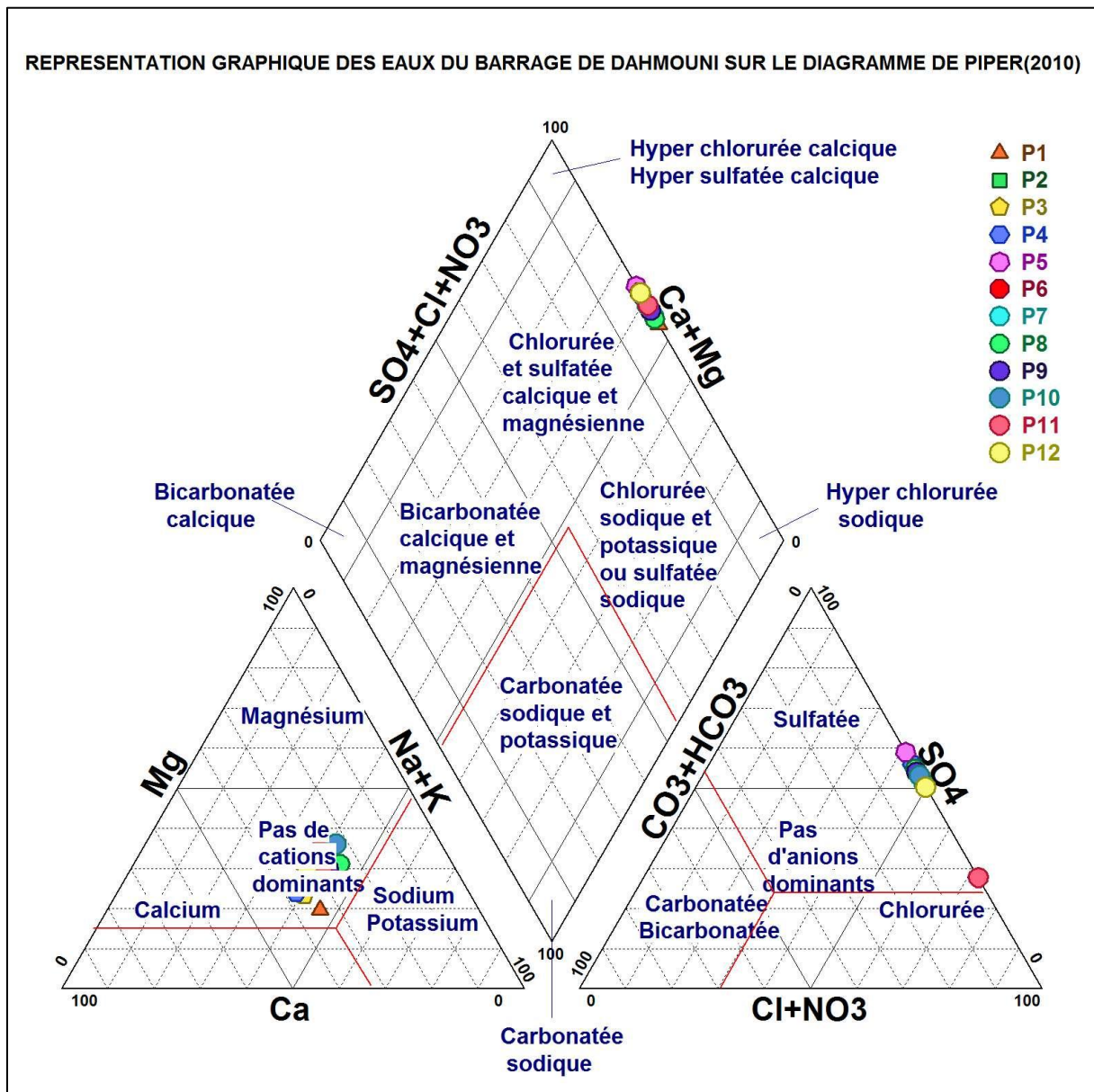


Figure VI.5 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de PIPER (2010).

Les diagrammes montrent que les eaux du barrage sont chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne il n'y a pas l'évolution de la qualité en fonction du temps.

Cela ne nous semble pas correcte car la STEP à fonctionnée en 2008.

VI.3.2 Diagramme de Schoeller Berkaloff :

Le diagramme de Schoeller Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne brisée. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques.

Un groupe d'eau de minéralité variable mais dont les proportions sont les même pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

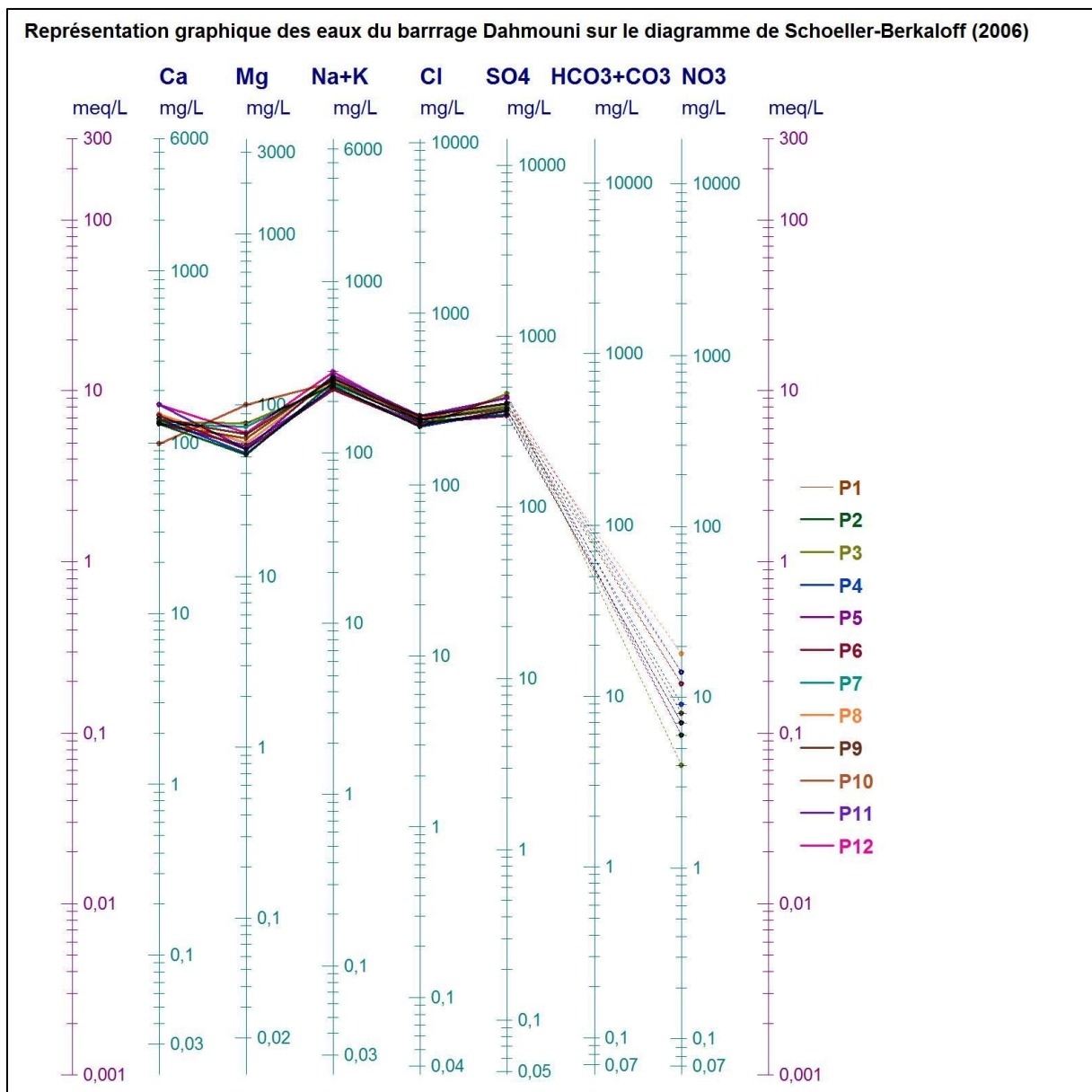


Figure VI.6: Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2006).

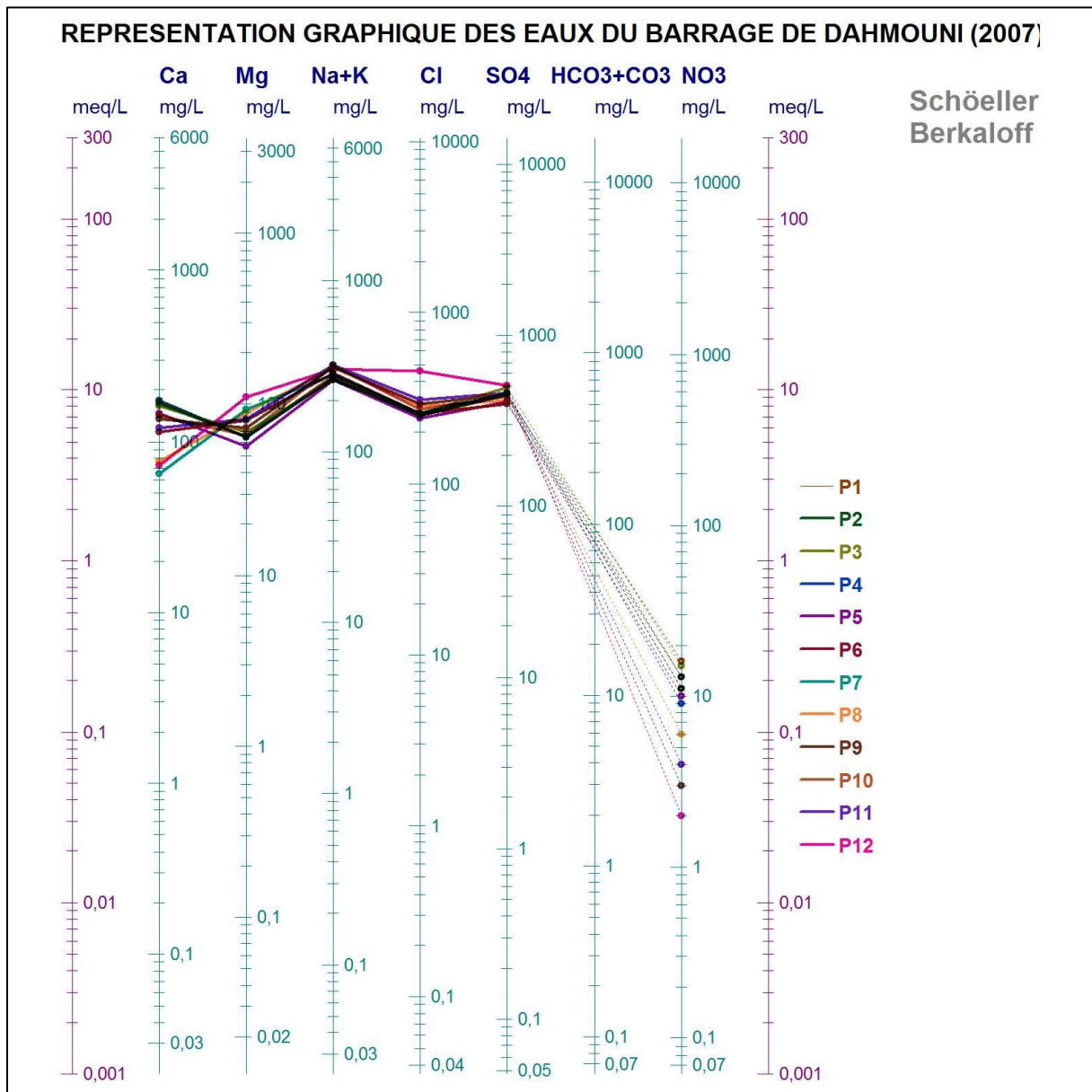


Figure VI.7: Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2007).

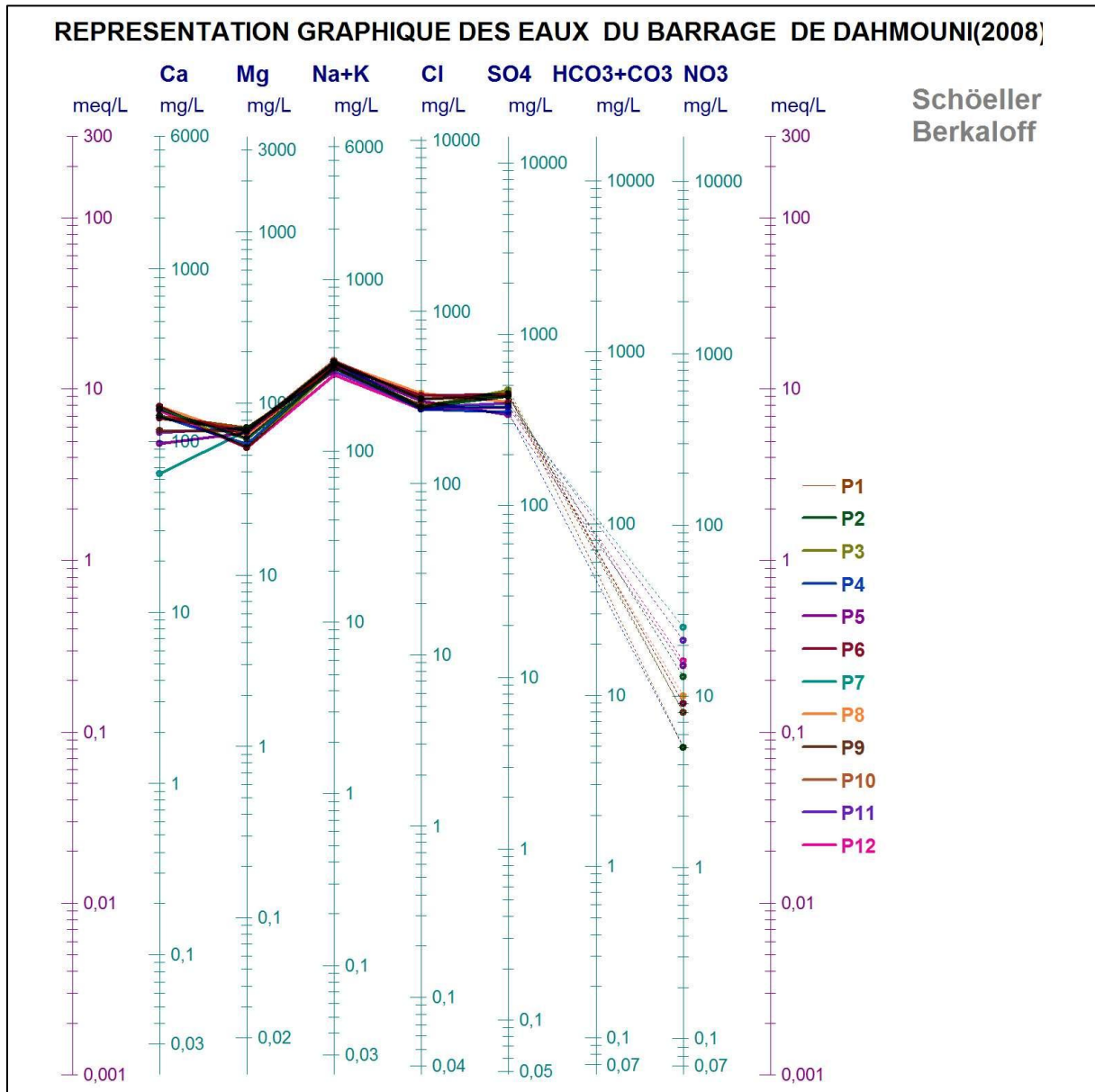


Figure VI.8 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de Piper SCOELLER BERKALOFF(2008).

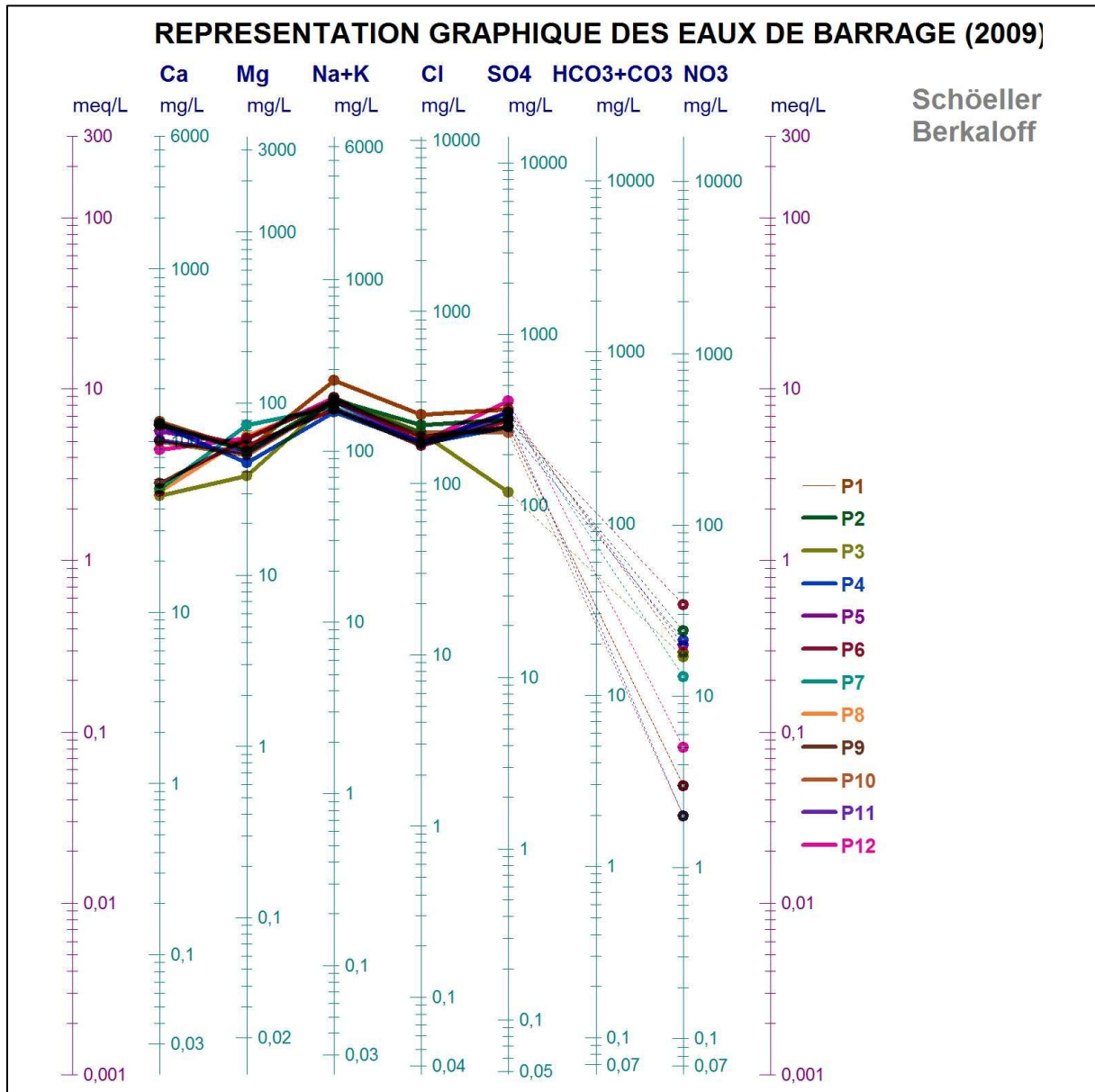


Figure VI.9 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de Piper SCOELLER BERKALOFF(2009).

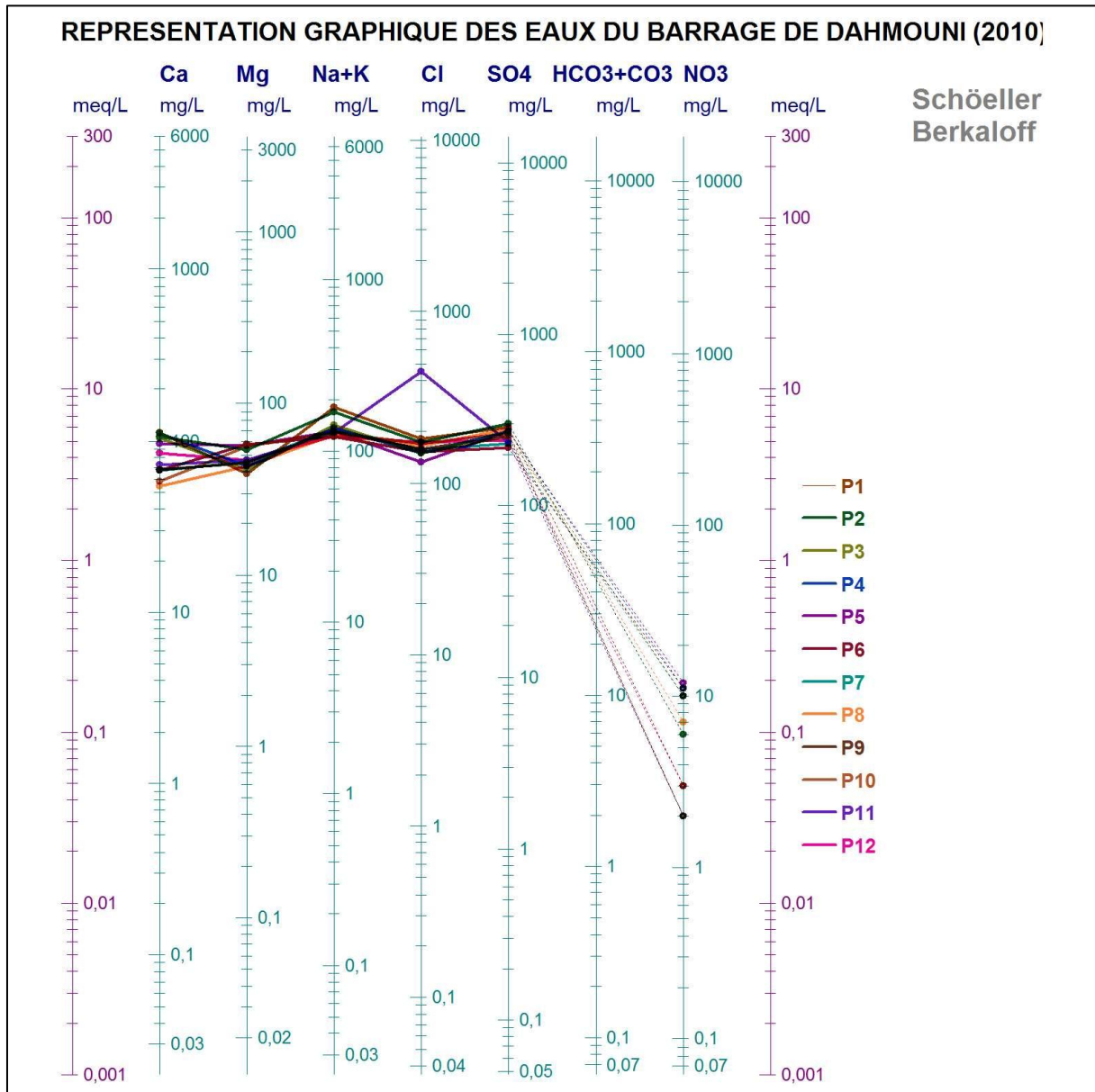


Figure VI.10 : Représentation Graphique des Eaux du Barrage de Dahmouni sur le Diagramme de SCOELLER BERKALOFF (2010).

Introduction :

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

Le climat est l'un des facteurs qui influe le plus sur le volume d'eau que la culture perd par évapotranspiration. Les pratiques agronomiques, les techniques d'irrigation, les engrais, les infestations dues aux insectes et aux maladies peuvent aussi influencer le taux d'évapotranspiration.

VII.1. Etude hydrologique :

L'hydrologie est une science qui étudie la phase du cycle de l'eau qui débute avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Elle englobe les précipitations, les eaux de surface, l'évaporation et l'évapotranspiration, les eaux de souterraines.

Actuellement, l'hydrologie est devenue une science importante de l'art de l'ingénieur intéresse à l'exploitation et au contrôle des eaux naturelles. Des études hydrologiques plus ou moins poussées sont indispensables pour toute mise en œuvre de projets hydroélectriques, de distribution d'eau, de protection contre les crues, d'assainissement, de drainage, d'irrigation, de barrages et de navigation fluviale.

L'étude hydrologique dans notre cas a pour but de déterminer les précipitations mensuelles de fréquence au dépassement de 80%, Détermination de l'année de calcul, L'homogénéisation des séries pluviométriques. Aussi dans ce chapitre on détermine les besoins en eaux des cultures.

VII.1.1. Homogénéité de la série pluviométrique :

L'homogénéité est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision consécutive.

 Test de Wilcoxon :

On utilise ce test pour la vérification de l'homogénéité de la série pluviométrique.

 Les étapes de ce test :

Soient 2 variables aléatoires Y et X, représentant respectivement 2 séries de précipitations annuelles de taille N_1 et N_2 .

Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec $N_2 > N_1$.

On classe les éléments de ce nouvel échantillon Y unions X par ordre décroissant et on associe à chacune des valeurs le rang qu'elle occupe dans cette nouvelle série.

On calcule les quantités W_y et W_x :

W_y : Représente la somme des rang de Y et c'est celle qui nous intéresse et est égale à :

Avec :

$$W_y = \sum_{i=1}^n rang$$

$$W_x = \sum_{i=1}^{n-1} rang$$

.....VII-1

$$W_{max} = (N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{min}$$

$$W_{min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} - U_{1-\alpha/2} \frac{(N_1 * N_2)(N_1 + N_2 + 1)}{12}$$

VII-2

L'hypothèse d'homogénéité est rejetée si l'une des deux inégalités suivantes n'est pas vérifiée :

$$W_{min} < W_y < W_{max}$$

Tableau VII.1 : Test de Wilcoxon

Rang	Série d'origine P(mm)	Série X(mm)	Série Y (mm)	TRI(mm)	X union Y
1	285,6	285,6	534	534	Y
2	278,1	278,1	261,5	522,2	Y
3	176,2	176,2	258,9	509	Y
4	295,3	295,3	378,7	481,8	Y
5	465,5	465,5	327,3	468,1	X
6	364,8	364,8	373,2	465,5	X
7	414	414	522,2	414	X
8	309,5	309,5	276,2	389,6	X
9	209,4	209,4	217,4	378,7	Y
10	245,1	245,1	376,1	376,1	Y
11	315,9	315,9	279,8	373,2	Y
12	229	229	261,2	364,8	X
13	189,2	189,2	509	327,3	Y
14	271,1	271,1	481,8	315,9	X
15	468,1	468,1	222,6	309,5	X
16	389,6	389,6		295,3	X
17	534			285,6	X
18	261,5			279,8	Y
19	258,9			278,1	X
20	378,7			276,2	Y
21	327,3			271,1	X
22	373,2			261,5	Y
23	522,2			261,2	Y
24	276,2			258,9	Y
25	217,4			245,1	X
26	376,1			229	X
27	279,8			222,6	Y
28	261,2			217,4	Y
29	509			209,4	X
30	481,8			189,2	X
31	222,6			176,2	X

<i>N1= SERIE Y</i>	<i>N2=SERIE X</i>	<i>Wmin</i>	<i>Wy</i>	<i>Wmax</i>
15	16	189,92	215	290,08

$W_{min} < W_y < W_{max}$
 $\hookrightarrow 189.92 < 215 < 290.08$
vérifiée

La condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de Dahmouni est homogène.

VII.1.2. Choix de type de loi :

Ces critères de choix sont liés à un ajustement graphique d'abord et ensuite à un test de dispersion. L'allure des points sur du papier à probabilité permet d'accepter ou de rejeter la loi (toute sinusite, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement). Et lorsque plusieurs d'entre elles sont adéquates les critères de choix peuvent être les suivant :

- ✚ A qualité égale, la loi qui a le moins de paramètres est à retenir,
- ✚ A qualité égale et nombre de paramètres égal, il faut comparer les estimations des deux lois. si ces estimations sont voisines, il faut retenir la plus simple ; si elles sont nettement différentes, il faut prendre une nouvelle loi quitte à prendre un paramètre supplémentaire.

On essaie toujours d'ajuster une loi normale à un échantillon ou de se ramener à une loi normale par changement de variable. Généralement la loi de probabilité ajustable à l'échantillon est d'autant plus près à la normalité que la variable concerne une longue échelle de temps et que le coefficient de variation soit inférieur à 0,5.

VII.1.2.1. Ajustement a la loi log Normale ou loi de Galton : Le procédé de calcul consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ;
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série initiales \bar{X} et σ ;
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées ;
- Calculer la fréquence expérimentale par la formule de Hazen.

Avec : $\hookrightarrow F(x)$: représente la fréquence ;

$\hookrightarrow m$: Numéro d'ordre ;

$\hookrightarrow N$: Taille de la série.

$$F(x) = \frac{m - 0.5}{N} * 100$$

VIII-3

VII.1.2.2. Calcul des caractéristiques empirique de l'échantillon :

a. La moyenne arithmétique

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{X_i}{n}$$

b. L'écart type :

➤ Si ; $n < 30$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}$$

➤ Si $n > 30$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}$$

Pour les calculs on a utilisé le logiciel **HYDROLAB**. Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de DAHMOUNI sont regroupés dans le tableau et la figure suivantes :

Ajustement à une loi Log-normale								
Taille n=31 xo=0		Moy.log(xo)=2.496466431 E.T. log(xo)=0.134309599			I.C. à (en%)=95		U Gauss=1.960	
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
285.6	176.2	1	0.016	-2.142	176.2	161.742	125.408	191.11995
278.1	189.2	2	0.048	-1.661	189.2	187.659	151.655	216.96851
176.2	209.4	3	0.081	-1.401	209.4	203.376	167.842	232.71816
295.3	217.4	4	0.113	-1.211	217.4	215.66	180.566	245.13141
465.5	222.6	5	0.145	-1.057	222.6	226.174	191.473	255.86339
364.8	229	6	0.177	-0.925	229	235.619	201.258	265.6092
414	245.1	7	0.210	-0.807	245.1	244.361	210.288	274.73766
309.5	258.9	8	0.242	-0.700	258.9	252.624	218.783	283.47456
209.4	261.2	9	0.274	-0.600	261.2	260.558	226.891	291.97306
245.1	261.5	10	0.306	-0.506	261.5	268.268	234.716	300.34605
315.9	271.1	11	0.339	-0.416	271.1	275.838	242.337	308.6829
229	276.2	12	0.371	-0.329	276.2	283.334	249.816	317.05907
189.2	278.1	13	0.403	-0.245	278.1	290.814	257.205	325.54221
271.1	279.8	14	0.435	-0.162	279.8	298.329	264.552	334.19634
468.1	285.6	15	0.468	-0.081	285.6	305.929	271.899	343.08513
389.6	295.3	16	0.500	0.000	295.3	313.665	279.287	352.27477
534	309.5	17	0.532	0.081	309.5	321.597	286.768	361.84734
261.5	315.9	18	0.565	0.162	315.9	329.79	294.396	371.89603
258.9	327.3	19	0.597	0.245	327.3	338.313	302.222	382.51876
378.7	364.8	20	0.629	0.329	364.8	347.243	310.308	393.8338
327.3	373.2	21	0.661	0.416	373.2	356.68	318.728	405.98803
373.2	376.1	22	0.694	0.506	376.1	366.744	327.575	419.16931
522.2	378.7	23	0.726	0.600	378.7	377.597	336.969	433.62552
276.2	389.6	24	0.758	0.700	389.6	389.455	347.071	449.69559
217.4	414	25	0.790	0.807	414	402.625	358.109	467.86285
376.1	465.5	26	0.823	0.925	465.5	417.564	370.416	488.85352
279.8	468.1	27	0.855	1.057	468.1	435	384.525	513.8358
261.2	481.8	28	0.887	1.211	481.8	456.209	401.36	544.87516
509	509	29	0.919	1.401	509	483.764	422.768	586.18279
481.8	522.2	30	0.952	1.661	522.2	524.279	453.457	648.74656
222.6	534	31	0.984	2.142	534	608.288	514.786	784.52775
Fréquence		U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0.2		-0.,841	241.7968933	207.6434	272.0487008	241.797	0.20	1.,3
0.5		0.,000	313.6652772	279.2874	352.2747693	313.665	0.50	2.,0
0.8		0.,841	406.8948059	361.6481	473.8215402	406.895	0.80	5.,0

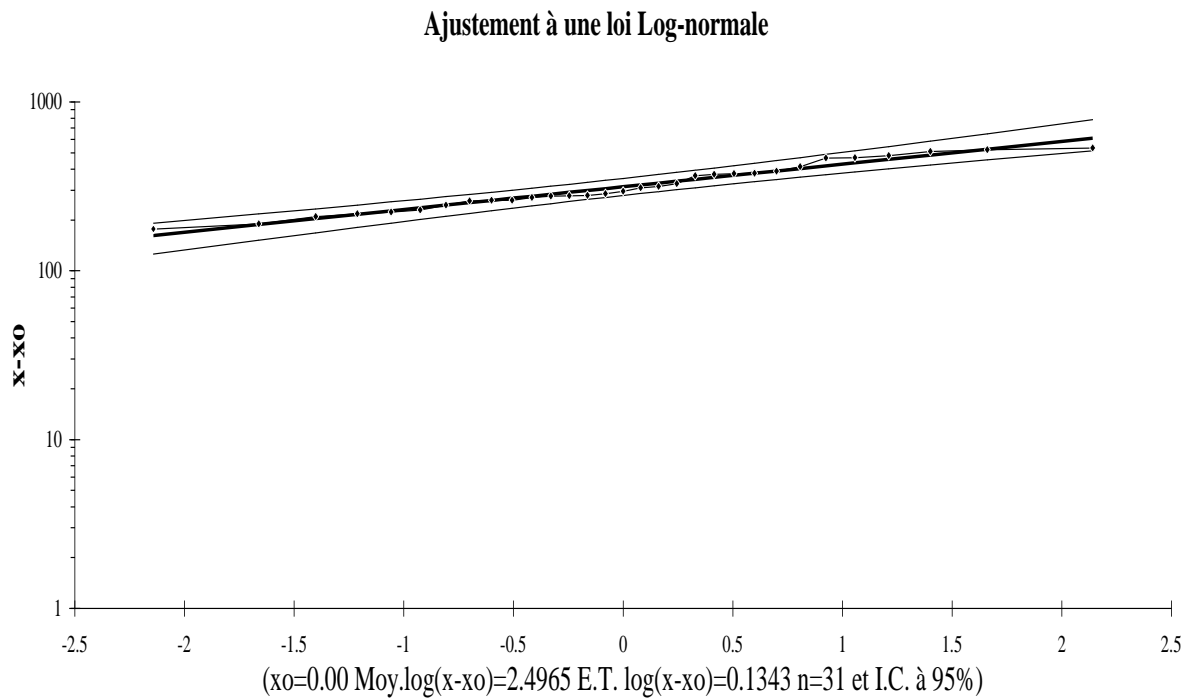


Figure VII.1 : Ajustement à une loi log- normale

VII.1.3. Test d'adéquation ou test de Pearson:

Lorsqu'on a procédé à un ajustement d'une loi de probabilité théorique, le problème qui se pose est de savoir si cette loi s'adapte adéquatement. L'examen graphique ne peut suffire, il faut pouvoir tester par le calcul la qualité de l'ajustement réalisé. Ce test d'adéquation consiste à prendre une règle de décision concernant la validation d'une hypothèse relative à l'accord global d'une distribution empirique avec une distribution théorique spécifiée a priori ou ajustée sur les observations

Statistique de χ^2 :

✓ On calcule $\chi^2_{\text{calculé}}$.

✓ On calcule le nombre de degré de liberté γ :

✓ On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson voir (Annexe 4) .

Avec :
$$\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha)$$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivant:

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.10,$$

Degré de liberté : $\gamma=4$,

Nombre de classes : 7.

Sur le tableau de **Pearson** (Annexe 4) $\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$ pour $\alpha = 0.05$ et $\gamma=4$

$$\Rightarrow \chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}} \Rightarrow 3.10 < 9.488$$

.....VIII-4

L'adéquation de la loi est bonne autrement dit l'ajustement est bon pour une probabilité $1-\alpha$ soit 95%.

VII.1.4. Détermination de l'année de calcul :

Après la vérification de l'adéquation de la loi *Galton*, nous la retenons pour l'estimation de la Pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région
 Comme nous sommes dans une région semi aride et que la pratique montre que pour ce type de climat la probabilité de calcul doit être prise entre 75% et 90%.
 La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80 %.

$$P_{\text{mensuelle } 80\%} = P_{\text{moy mensuelle}} * P_{80\%} / P_{50\%}$$

.....VIII-5

Tableau VII.2. : Précipitation moyenne mensuelle et précipitation mensuelle 80% :

Moi	sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Total
							s			n	l		Annuel
$P_{\text{moy mensuelle}}$ (mm)	22,3 0	31,83	40,6 7	42,5 9	43,1 8	42,3 1	29,3 3	34,2 8	25,3 0	6,7 7	2,8 6	7,18	328,59
$P_{\text{mensuelle } 80\%}$ (mm)	17,1 9	24,54	31,3 5	32,8 3	33,2 9	32,6 1	22,6 1	26,4 3	19,5 0	5,2 2	2,2 1	5,53	253,30

D'après l'ajustement à la loi **Log-Normal (Galton)** on a trouvé :
 $P_{80\%} = 241.7968933 \text{ mm}$
 $P_{50\%} = 313.6652772 \text{ mm}$
 Donc le rapport $(P_{80\%} / P_{50\%}) = 0.770876$.

Conclusion :

Dans ce chapitre on applique le test d'homogénéité de : Mr *Wilcoxon* sur la série pluviométrique moyenne annuelle de station de Dahmouni, qui vérifie l'homogénéité de la série.

Lorsqu'on a procédé à un ajustement d'une loi de probabilité théorique à l'aide du logiciel **HYDROLAB**. On a montré que l'adéquation de la loi est bonne avec le Test d'adéquation ou Test de Pearson, Puisque la loi de *Galton* est la plus adéquate on passe à la détermination de la pluie mensuelle pour la fréquence 80 %. Parce que on utilise ce dernier ($P_{80\%}$) pour le calcul de pluie efficace.

On détermine les besoins en eau des cultures pour connaître la valeur des besoins en eau des cultures est à la base de :

- ✚ projet d'irrigation : conception des réseaux d'irrigation (calcul du débit de dimensionnement des ouvrages),
- ✚ gestion des réseaux d'irrigation : prévision à court terme (programmation des apports d'eau), pilotage des irrigations,
- ✚ planification de l'utilisation des ressources hydrauliques : volume d'eau nécessaire pour l'irrigation, surfaces irrigables au vu des ressources, etc.

D'après Doorenbos et Pruitt (1975) la déterminer des besoins en eau des cultures c'est l'estimation de l'évapotranspiration en vue de la programmation de l'irrigation doit se faire en se fondant sur le calcul de l'évapotranspiration maximale et de la pluie efficace (P_{eff}).

VII.2. Besoin en eau d'irrigation :

Le besoin d'irrigation, noté (B) est défini comme étant le volume d'eau qui devra être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement d'autres ressources telles que les remontées capillaires (l'apport d'une nappe phréatique), la réserve en eau initiale dans le sol, et la fraction de lessivage (lorsque la salinité influe sur la disponibilité en eau pour les plantes). Le calcul de ces besoins d'irrigation repose sur un bilan hydrique, qui exprime la différence entre les besoins en eau de la culture et les apports d'eau d'origine naturelle, donné par la formule :

$$B = P_{eff} + RFU - ETM$$

.....VIII-6

B : besoin en eau ;

P_{eff} : Pluies efficaces en (mm) ;

RFU : la réserve facilement utilisable ;

ETM : l'évapotranspiration maximale.

VII.2.1. Réserve facilement utilisable (R.F.U) :

La réserve utile (RU) : C'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage (H_r) et le point de flétrissement (H_{pf}).

Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme réserve facilement utilisable (R.F.U) la quantité d'eau égale à 1/3 ou 2/3 de la RU, soit 1/4 à 1/3 de l'humidité équivalente.

La RFU à des valeurs très variables qui dépendent essentiellement :

- ✓ La nature du sol;
- ✓ La profondeur du sol capable de recevoir des racines ;
- ✓ La nature des cultures, dont dépend la profondeur réelle des racines ;
- ✓ L'excédent hivernal.

La réserve d'eau se détermine comme :

$$RU = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Z \cdot d_a$$

.....VIII-7

Avec :

H_{cc} : humidité à capacité aux champs (m).

H_{pf} : humidité du sol au point de flétrissement (m)

Z: profondeur d'enracinement (m)

d_a : densité apparente du sol (g/cm^3).

Nous ne considérons que la réserve facilement utilisable (RFU) correspond aux 2/3 de la réserve utile totale (R.U) nous obtenons :

$$RFU = 2/3 \cdot RU$$

.....VIII-8

VII.2.2. Evapotranspiration maximale(ETM) :

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donné, à un stade végétatif dans des conditions climatiques données prise en compte par l'ETP.

VII.2.3. L'évapotranspiration potentielle ou de référence (ETP ou ET_0):

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d' l'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15 cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

Avec :

$$ETM = K_c * ET_0$$

.....VIII-9

Pour cela, il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus communiquement employées, sont :

- ↳ Méthodes des lysimètres ;
- ↳ Méthodes des stations expérimentales ;
- ↳ Méthodes directes de l'évaporation ;
- ↳ Méthodes empiriques.

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont:

- Turc,
- Blaney R Cridle,
- Thornthwaite,
- Penman et Monteith modifiée.

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé ; CROPWAT version 8.0, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de M^r Penman&Monteith modifiée.

✚ Méthode de Mr Penman&Motheit modifiée :

En Angleterre, précisément en 1948, M^r Penman&Motheit a proposé une étude théorique de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montrés que la formule telle qu'elle est, s'applique mieux dans les régions humides, non loin de l'océan et essentiellement recouverte de végétation, que dans les zones arides ou semi-arides de faible humidité.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de M^r Penman&Motheit modifiée, qui prenne en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent compte des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

De M^r Penman&Motheit, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C * [W * R_n + (I + W) * F(u) * (ea - ed)] \quad \dots\dots\dots VIII-10$$

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

R_n : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

$F(u)$: Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

ed : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence $(ea - ed)$ constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Dans le tableau VII.3, nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel Cropwat 8.0, selon la formule de Penman&Monteith, modifiée.

Tableau VII.3. : Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman & Monteith :

Evapotranspiration de référence ET ₀ de Penman et Monteith					
Pays : ALGERIE		Station climatique : DAHMOUNI			
Altitude : 970m		Latitude : 25.41N°		Longitude : 1.46E°	
MOIS	Humidité %	Vent(m/s)	Insolation heur/J	Radiation MJ/m ² .jour	ET ₀ (mm/mois)
Janvier	76	5.0	5.6	12.2	48.73
Février	72	4.5	6.9	15.7	57.61
Mars	64	4.6	8.3	19.9	95.12
Avril	57	4.9	8.8	22.5	117.45
Mai	43	4.1	9.8	24.7	172
Juin	34	4.0	11.1	26.7	219.79
juillet	37	3.6	11.7	27.6	240.12
Août	59.4	3.5	10.3	24.9	191.73
Septembre	52.2	3.9	8.9	21.3	159.28
Octobre	63	4.1	7.9	17.6	108.81
Novembre	73	4.8	6.5	13.7	64.07
Décembre	79	4.8	5.8	11.9	46.04

K_c : Représente le coefficient cultural, dépendant du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

Pluies efficaces : Pour tenir compte des pertes, le programme Cropwat.8, nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, etc.

Pour le calcul de pluie efficace on a 4 formule:

1- Formule propose un pourcentage fixe :

$P_{eff} = A * P_{moy}$ dans laquelle A et une fraction donnée par l'utilisateur. En général.

$0.7 < A < 0.9$

2- formule a été développée à partir de données provenant de zones arides et semi-arides :

$$P_{eff} = 0.6 * P_{moy} - 10 \quad \text{pour} \quad P_{moy} < 70 \text{mm/mois} ;$$

$$P_{eff} = 0.8 * P_{moy} - 25 \quad \text{pour} \quad P_{moy} > 70 \text{mm/mois}.$$

3-formule empirique développée localement : Les coefficients utilisés sont déterminés à partir d'une analyse des données climatiques locales :

$$P_{eff} = A * P_{moy} + B \quad \text{pour} \quad P_{moy} < x \text{ mm/mois} ;$$

$$P_{eff} = C * P_{moy} + D \quad \text{pour} \quad P_{moy} > x \text{ mm/mois}.$$

4-formule a été mise au point par le département américain de l'agriculture(USDA) :

$$P_{eff} = P_{moy} * (1 - 0.2 * P_{moy} / 125) \quad \text{pour} \quad P_{moy} < 250 \text{ mm/mois} ;$$

$$P_{eff} = 125 + 0.1 * P_{moy} \quad \text{pour} \quad P_{moy} > 250 \text{ mm/mois}.$$

Tableau VII.4. : Les précipitations efficaces Calculées A L'aide de la première formule :

MOIS	ET0(mm/mois)	P _{80%} (mm/mois)	P _{eff} (mm/mois)
Janvier	48.73	33.3	26.4
Février	57.61	32.6	26.8
Mars	95.12	22.6	18.08
Avril	117.45	26.4	21.12
Mai	172	19.4	15.52
Juin	219.79	5.2	4.16
Juillet	240.12	2.2	1.76
Août	191.73	5.5	4.4
Septembre	159.28	17.2	13.76
Octobre	108.81	24.5	19.6
Novembre	64.07	31.4	25.12
décembre	46.04	32.8	26.24

$$P_{eff} = 0.8 * P_{80\%}$$

.....VIII-11

VII.2.4. L'évapotranspiration réelle ou de culture ou maximale : (ETR, ETM ou ETC) :

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. C'est l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions : agronomiques, pédologiques, et climatiques.

VII.2.5. Choix des cultures : Les choix des cultures à mettre en place doit concilié entre les critères suivant :

- A. Les conditions climatiques de la région étudiée ;
- B. La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation ;
- C. L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

VII.2.6. Efficience d'irrigation:

Les besoins bruts du périmètre, dépendent de l'efficacité de l'irrigation, c'est à dire des pertes d'eau qui se produisent à partir du point du captage, jusqu'à la satisfaction des besoins du rapport plante/sol. L'efficacité d'un réseau d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans ce réseau.

La différence entre les deux volumes indique les pertes, qui évidemment devront être les plus limitées, afin d'éviter le gaspillage plus particulièrement, si les ressources en eau s'avéraient rares.

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante :

$$E_i = E_t \times E_d$$

.....VIII-1

Avec :

E_i : Efficience d'irrigation en (%) ;

E_t : Efficience de transport en (%) ;

E_d : Efficacité de type de distribution en (%) ;

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent. On considère une efficience globale égale à **0.75**.

Tableau VII.5 : besoin en eau d'irrigation de périmètre de DAHMOUNI (RIVE GAUCHE)

MOIS	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
ET0(mm/mois)	48,73	57,61	95,12	117,45	172	219,79	240,12	191,73	159,28	108,81	64,07	46,04
P80%	33,3	32,6	22,6	26,4	19,4	5,2	2,2	5,5	17,2	24,5	31,4	32,8
Pe _{eff}	26,64	26,08	18,08	21,12	15,52	4,16	1,76	4,4	13,76	19,6	25,12	26,24
Kc(pomme de terre)			0,5	1,1	0,8	0,8						
ETM(mm)			47,56	129,20	137,6	175,83						
RFU			30	0	0	0						
B=P _{eff} +RFU-ETM			0,52	-108,08	-122,08	-171,67						

Les besoins de la pomme de terre

Kc(Orge)	0,7	0,7	1	1,15	0,7	0,7					0,5	0,6
ETM(mm)	34,11	40,33	95,12	135,07	120,40	153,85					32,04	27,62
RFU	66,71	59,24	45	0	0	0					75	68,09
B=P _{eff} +RFU-ETM	59,24	44,99	-32,04	-113,95	-104,88	-149,69					68,09	66,71
Kc(vesce avoine)	0,7	0,7	1	1,15	0,7	0,7					0,5	0,6
ETM(mm)	34,11	40,33	95,12	135,07	120,40	153,85					32,04	27,62
RFU	66,71	59,24	45	0	0	0					75	68,09
B=P _{eff} +RFU-ETM	59,24	44,99	-32,04	-113,95	-104,88	-149,69					68,09	66,71

Les besoins de l'orge et avoine

MOIS	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
<i>B(pomme de terre)</i>			0,52	108,08	122,08	171,67						
<i>B(orge)</i>	59,24	44,99	32,04	113,95	104,88	149,69					68,09	66,71
<i>B(vesce avoine)</i>	59,24	44,99	32,04	113,95	104,88	149,69					68,09	66,71
<i>Total(mm/mois)</i>	118,48	89,98	64,60	335,98	331,84	471,05					136,18	133,42
<i>Total(m³/ha)</i>	1184,8	899,8	646	3359,8	3318,4	4710,5					1361,8	1334,2
<i>Surface(ha)p,terre</i>	400ha											
<i>Surface(ha)orge</i>	400ha											
<i>Surface(ha)vesce avoine</i>	400ha											
<i>BESOINS (m³)</i>	473920	359920	258400	1343920	1327360	1884200					544720	533680

Les besoins totales

cultures	Total annuel (mm)	surface (ha)	B (m ³ /ha)	BESOINS NETS (m ³)	BESOINS BRUTS (m ³)
pomme de terre	402,35	400	4023,5	1609400	2145866,667
orge	639,59	400	6395,9	2558360	3411146,667
vesce avoine	639,59	400	6395,9	2558360	3411146,667
			la somme=16815,3m ³ /ha	la somme =6726120m ³	la somme=8968160m ³
					la somme=8,96816Mm ³

Total annuel

<i>les besoins du mois de pointe</i>					
<i>cultures</i>	<i>Surface (ha)</i>	<i>besoins en eau de mois de pointe(m3/ha)</i>	<i>efficience(%)</i>	<i>besoins bruts de point de pointe (m3/ha)</i>	<i>besoins bruts de point de pointe (m3)</i>
<i>pomme de terre</i>	<i>400</i>	<i>1716,7</i>	<i>75%</i>	<i>2288,93</i>	<i>915573,3333</i>
<i>orge</i>	<i>400</i>	<i>1496,9</i>		<i>1995,87</i>	<i>798346,6667</i>
<i>avoine</i>	<i>400</i>	<i>1496,9</i>		<i>1995,87</i>	<i>798346,6667</i>
					<i>la somme =2512266,67m3</i>
					<i>la somme =2,51Mm3</i>

Les besoins du mois de pointe

Concernons le lessivage en prend 20% de besoins.

Nous n'avons pu calculer le LR, car on possède pas la valeur de la conductivité de l'extrait de pate saturée .une approximation de 20 nous semble raisonnable.

Conclusion:

Cette étude à pour but principal de déterminer les besoins des cultures, les besoins bruts et nets, ainsi le volume nécessaire pour le mois de pointe. Ces derniers sont importants à connaître, car ils peuvent nous indiquer si la quantité d'eau est suffisante ou pas. donc les calculs permettent de confirmer que le volume d'eau stocké au niveau du barrage est suffisant pour l'irrigation de notre périmètre.

Introduction :

Les économies d'eau ont une grande importance dans les recherches d'amélioration des techniques d'irrigation, tout particulièrement dans les pays arides. En effet plus le climat est aride est semi aride, plus la ressource en eau est limitée et plus les besoins en irrigation sont importants pour la production agricole. Il faut donc valoriser au mieux l'eau dont on dispose. L'évolution des techniques d'irrigation y contribue grâce aux meilleures performances des équipements, à condition que ces équipements soient bien choisis et bien utilisés. Une analyse de cette évolution pour chacun des trois modes d'irrigation (de surface, par aspersion, micro-irrigation) met en évidence l'intérêt des progrès technologiques.

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en deux grandes catégories: l'irrigation gravitaire et l'irrigation sous pression. Dans la pratique, on distingue l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion, Figure VIII.1 qui suit représente les différents modes d'irrigation.

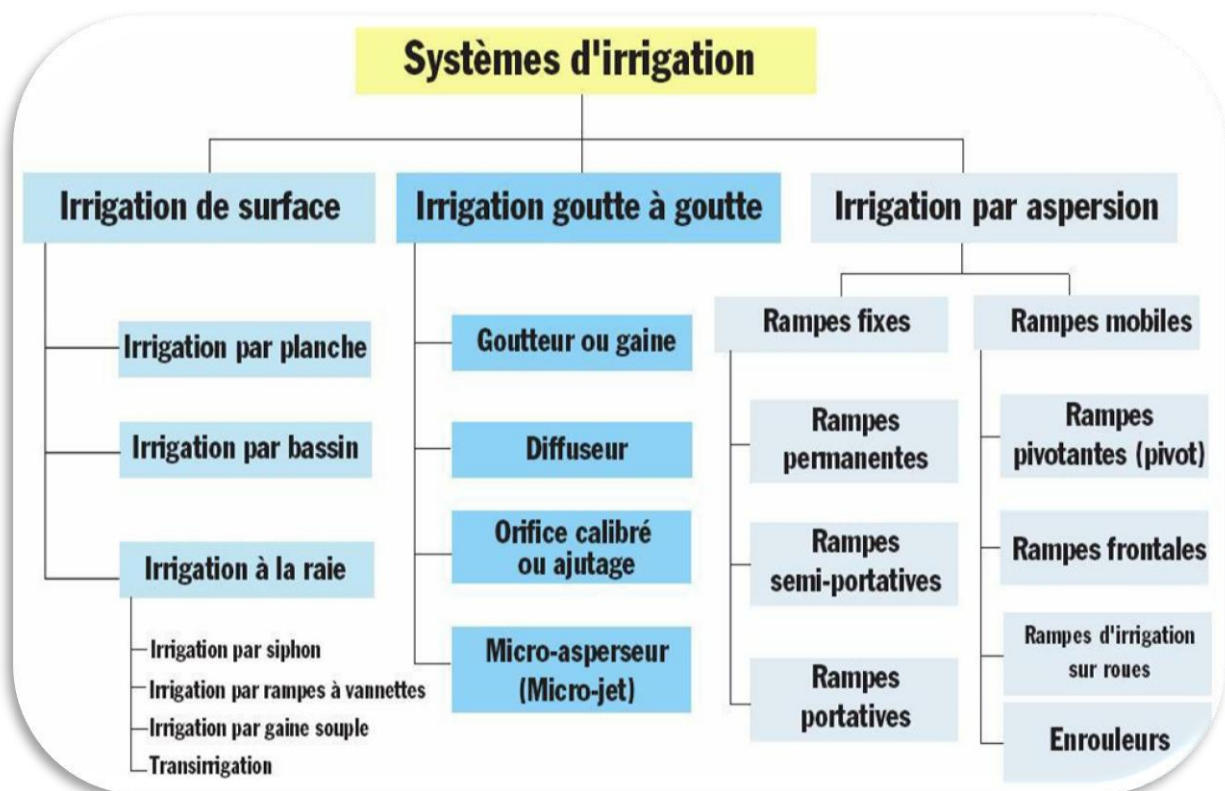


Figure VIII.1 : les modes d'irrigation

Le système d'irrigation que nous utiliserons est l'irrigation localisée de ce fait nous ne détaillerons que cette méthode.

VIII.1. L'irrigation localisée :

L'irrigation localisée est un système permettant de fournir l'eau à une partie du sol, c'est la zone racinaire. La plus grande partie de sol superficiel restant ainsi sec.

L'eau est distribuée ponctuellement au niveau de la plante au moyen de goutteurs. Un débit convenable de **1 à 10 (l/h)** est fourni pendant une certaine période, sous une faible pression de **1 à 2 bars**. L'humidité élevée du sol, peut être maintenue en permanence. La tension eau/sol, de la zone racinaire se trouve à peu près à la capacité au champ pendant tout le temps de végétation.

Une installation d'irrigation localisée comprend les éléments suivants :

✚ Tête de distribution :

C'est l'ensemble du dispositif de branchement sur le réseau général, avec réglage et contrôle de pression et du débit. Elle peut alimenter une ou plusieurs parcelles, est constituée de :

✚ Manomètres :

Deux manomètres sont placés au début et à la fin de la tête, pour contrôler les variations de pression, provoquées par les différents appareils.

✚ Vannes :

Les vannes des tuyaux secondaires peuvent être commandées automatiquement, en fonction des besoins.

✚ Complexe d'injection de l'engrais :

Un mélangeur d'engrais est branché sur la tête de distribution, permettant l'injection des engrais solubles dans le réseau d'irrigation. La quantité d'eau livrée au mélangeur est égale à environs **5 à 20%** du débit total. L'injection des engrais dans le réseau consiste à profiter de l'énergie cinétique de l'eau du tuyau principal. Dans ce cas, c'est la vitesse qui réglera la livraison de la solution fertilisante.

✚ Filtre :

Le filtre est un accessoire indispensable pour éviter l'obstruction des goutteurs, la section de passage de l'eau étant très petite. On distingue plusieurs sortes de filtres, dont l'efficacité dépend de la nature d'eau : filtre à maille, filtre à gravier ou à sable et filtre à tourbillon (vortex ou cyclone).

✚ Canalisation principale (d'amenée) :

La canalisation d'amenée transporte l'eau entre la station en tête et les différents postes d'arrosage, de gros diamètre, en polyéthylène ou en chlorure de polyvinyle ; elle est généralement enterrée.

✚ Canalisation secondaire (porte rampe) :

Les tuyaux secondaires et tertiaires sont fixes ; on enterre généralement les tuyaux pour ne pas nuire au travail des engins motorisés et pour éviter tous dommages. Ces tuyaux sont en PVC ou en polyéthylène. Le diamètre dépend du débit et des pertes de charge totales, et varie entre 25 et 90 mm pour le polyéthylène souple et quand il s'agit de tuyaux plus importants le diamètre sera en PVC rigide, de 12 à 300mm.

✚ Rampe d'alimentation :

Dans la plupart des cas, en irrigation localisée le système (rampe/porte rampes) est permanent, et la couverture de la parcelle est intégrale.

Les rampes sont enterrées de 5 à 10cm de profondeur ou le plus souvent posées sur le sol. Elles sont généralement en polyéthylène souple, placées parallèlement entre les rangs de cultures.

VIII.2. Conditions d'arrosage par le système localises :

Les conditions d'arrosage dans les systèmes localisés, sont :

- ✓ Le type du sol (perméabilité, topographie, etc....) ;
- ✓ Les dimensions de la parcelle ;
- ✓ Les besoins en eau ;
- ✓ Le type de culture (en ligne, arbustive, couvrante, herbacé, etc....) ;

✓Le coût d'investissement.

Pour répondre à ces limites, on dispose de différents types de matériels que l'on classe généralement d'après : son mode de fonctionnement, sa technique de fixation et sa manière de desserte :

VIII.2.1. Matériel de distribution :

Le matériel de distribution transporte et répartie l'eau sur la parcelle au voisinage de la culture. Il existe : les tubes poreux, les gaines et les rampes équipées de distribution.

VIII.2.1. Tubes poreux :

Les tubes poreux sont constitués d'un tuyau de 15 à 25 mm de diamètre dont la paroi à structure poreuse laisse passer l'eau. L'inconvénient de ce système est l'hétérogénéité de la porosité de leur paroi, ce qui entraîne une forte variabilité des débits et sont à déconseiller

VIII.2.2. Gaines :

Les gaines assurent un rôle de transport et de distribution, fabriquées en polyéthylène et ont une durée de vie limitée de 1 à 5 ans, initialement destinées aux cultures maraîchères. Le choix de l'épaisseur dépend du type de culture et de la durée de vie recherchée.

Ces gaines sont aplaties au repos, se gonflent sous l'effet de la pression lors de la mise en marche et leur section prend une forme elliptique. On distingue :

- *les gaines suintantes,
- *les gaines perforées à simples et doubles parois,
- *les gaines à cheminement long.

VIII.2.3. Rampes équipées de distributeurs :

Les rampes équipées de distributeurs assurent le transport de l'eau sur la parcelle, portent et alimentent les distributeurs. Elles sont fabriquées en polyéthylène à basse densité (PEBD).

La pression de fonctionnement des rampes (tubes poreux, gaines, rampes équipées de distributeurs) ne dépasse pas généralement 2bars.

VIII.2.4. Goutteurs : Les goutteurs délivrent des débits assez faibles et la quantité délivrée varie entre 0,5 à 20(l/h). L'espacement entre goutteurs dépend de : la distribution de l'eau dans le sol, du débit, type de sol et l'espacement entre les plantes.

Les goutteurs se caractérisent par : leur débit, leur mode de fonctionnement hydraulique et leur loi de débit.

VIII.2.4.1. Débit de goutteurs:

Le débit des goutteurs, inférieur à 12 l/h, sous 1 bars de charge, ne permet pas un écoulement goutte à goutte ou par jet très fin et une infiltration ponctuelle de l'eau dans le sol.

Pratiquement, les débits nominaux des goutteurs habituels ont pour valeurs :

*2 l/h pour les cultures maraîchères ou sous serres,

*4 l/h pour les cultures pérennes.

VIII.2.4.2. Mode de fonctionnement hydraulique des goutteurs :

Selon leur fonctionnement, on distingue deux types : les goutteurs à circuit long et les goutteurs à circuit court.

❖ Goutteur à circuit long :

Dans un goutteur à circuit long, l'eau suit un cheminement de grande longueur de 0,1 à 2m, où la pression dans la rampe est dissipée sous forme de perte de charge. Il existe :

* goutteur à circuit long uniforme.

* goutteur à circuit long non uniforme.

❖ Goutteur à circuit court :

Dans un goutteur à circuit court, l'eau passe par un orifice de section réduite à travers duquel, la vitesse augmente, ce qui provoque un jet très fin. Actuellement ce type de goutteurs sont très peu utilisés, car ils sont sensibles à l'obstruction.

VIII.2.4.3. Mode de fixation des goutteurs sur la rampe :

On distingue trois types de fixation des goutteurs sur la rampe :

*les goutteurs en dérivation.

*les goutteurs en ligne.

*les goutteurs en intégré.

VIII.2.5. Mini diffuseurs :

Avec les distributeurs ordinaires, il est parfois difficile d'obtenir une extension latérale suffisante de la zone humidifiée dans les sols sableux grossiers, sans une augmentation excessive du nombre de goutteurs.

On peut palier à cette difficulté, en utilisant de très petits asperseurs à jet fixe, appelés mini diffuseurs.

Les mini diffuseurs sont caractérisés par leur débit, leur mode de fonctionnement et de fixation sur rampe, les dimensions et la forme des surfaces arrosées.

VIII.2.5.1. Débits :

Selon les modèles et les constructeurs, le débit nominal est compris entre [20 -150(l/h)].

VIII.2.5.2. Mode de fonctionnement :

Les mini diffuseurs fonctionnent comme de petits asperseurs statiques et ne couvrent qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures, ces appareils sont à cheminement court.

VIII.2.5.1. Fixation sur la rampe :

Les mini diffuseurs sont toujours montés en dérivation sur la rampe. Ils sont soit fixés directement sur la rampe (rampe suspendue), soit reliés à celle-ci par un tube conducteur.

VIII.2.6. Ajustage calibrés (procédé Bas Rhône) :

Parmi les autres dispositifs imaginés pour résoudre les difficultés d'uniformité de distribution rencontrées avec les gaines perforées, on trouve les distributeurs constitués d'un ajustage calibrés, à géométrie fixe, inséré dans la rampe.

VIII.2.6.1. Débits :

Ce système est constitué par canalisation en polyéthylène de diamètre de 23/25, 18/20mm, sur la quelle sont fixés des ajustages calibrés en laiton et leur diamètre varie de 1,2 à 2,1mm. Ils sont placés sur la rampe à des écartements réguliers, de 2,5 à 5,5m et recouverts d'une bague cannelée appelée, brise-jet.

Le régime d'écoulement est pratiquement turbulent selon le diamètre et la pression qui s'y exerce. Le débit est de l'ordre de 30 à 100 (l/h).

VIII.2.6.2. Mode de fonctionnement :

Quand l'eau passe par le distributeur, l'énergie hydraulique est convertie en énergie cinétique. L'eau sort d'abord sous forme d'un jet, brisé par un déflecteur (brise-jet), et se transforme en goutte.

Le débit est déterminé par la pression ainsi que par le diamètre de passage et la forme de l'orifice.

VIII.3. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :**VIII.3.1 Avantages de l'irrigation localisée :**

- ✓L'irrigation localisée permet une utilisation plus rationnelle de l'eau ;
- ✓L'économie d'eau ; les pertes par évaporation ou par percolation sont limitées ;
- ✓Le contrôle précis des quantités d'eau apportées ;
- ✓Pression de fonctionnement faible ; la pression nominale de fonctionnement de la plupart de goutteurs est voisine de 10 mce ;
- ✓Facilité de travail ; les différents travaux culturels et les passages de matériels restent possible à tout moment (désherbage, traitement, taille, récolte, etc....) ;
- ✓Enherbement réduit ; la localisation de l'eau limite le développement des adventices ;
- ✓Arrosage sous paillage plastique et bâche ; l'irrigation s'adapte très bien aux cultures avec paillage plastique ou sous bâche (fraise, tomate, etc..) ;
- ✓Possibilité de fertilisation et traitement en cours d'irrigation ;
- ✓Accumulation des sels et localisation de ces derniers en périphérie de la zone humide ;
- ✓Possibilité d'utilisation des eaux salées ;
- ✓Meilleure utilisation des sols difficiles ;
- ✓Réduction des frais d'exploitation et utilisation de plus faibles débits ;
- ✓Possibilité d'automatisation ;
- ✓Meilleure adaptation à l'irrigation de nuit.

VIII.3.2. Inconvénients de l'irrigation localisée :

- ✓L'irrigation localisée ne peut être envisagée sans une filtration préalable de l'eau utilisée pour l'irrigation.

✓ Sensibilité à l'obstruction ; les causes en sont : le sable, le limon, la matière organique, les algues, les précipitations d'engrais non dissouts, etc., une enquête récente a révélé que l'obstruction était due aux causes :

- ↳ Biologiques dans 37% des cas ;
- ↳ Chimiques dans 22% des cas ;
- ↳ Physiques dans 31% des cas ;
- ↳ Incertitude dans 10% des cas.

✓ Risque de salinisation ; particulièrement à la périphérie de la zone de sol humidifié, en causant parfois de sérieux dommages aux cultures à enracinement superficiel.

✓ Développement racinaire limité ; les racines se concentrent dans la zone humidifiée, les rendements s'en ressentent et les cultures peuvent, par vent violent, être déracinées.

✓ L'influence du climat atmosphérique ; l'irrigation localisée n'assure pas la protection des cultures contre le gel, le froid gingembre

✓ Installation en fonction des conditions de terrain "topographie", et de la géométrie de la parcelle.

✓ Coût d'investissement ; les coûts d'investissement pour une installation localisée sont élevés et la possibilité de rotation et d'amortissement de ce matériel sur plusieurs parcelles comme c'est le cas pour l'aspersion, sont limités.

VIII.4. Impact de l'irrigation goutte à goutte sur le sol :

Le système assure l'humidification de la partie du sol qui doit être exploitée par les racines, le reste du sol demeure pratiquement sec.

Le nombre de goutteurs et leur répartition peuvent influencer considérablement ce processus. Considèrent que la dynamique de l'eau est très complexe. Elle est fonction de plusieurs facteurs notamment les propriétés physiques, hydrodynamiques et même morphologiques du sol, des paramètres liés au mode d'irrigation et ceux dépendant de la culture.

En irrigation goutte à goutte, les risques de lessivage liés au maintien d'une humidité élevée au niveau du bulbe d'arrosage et l'accumulation des sels à la périphérie du bulbe humide, ainsi que dans les parties du sol non humidifiées peuvent être importants.

VIII.5. Impact de l'irrigation goutte à goutte sur le végétal :

Par le biais de l'irrigation goutte à goutte, la distribution du système racinaire peut être modifiée. Il a été constaté que les racines ont tendance à se concentrer dans la zone arrosée par les goutteurs.

Pour beaucoup de cultures, l'irrigation est quotidienne, en période très sèche où l'évapotranspiration est intense. Mais, dans tous les cas, le temps de retour ne dépasse pas trois jours. On a ainsi, un volume d'humidité constamment élevé dans les limites du volume du sol mouillé. Ce qui permet le développement d'un réseau serré de ramification racinaires et surtout de radicules. De ce fait, on atteint un bon niveau de disponibilité en eau et en éléments nutritifs.

Dans la pratique de l'irrigation fertilisante, le système goutte à goutte permet de mieux contrôler la quantité d'engrais. On réalise dans l'ensemble, une économie d'engrais, ensuite une distribution uniforme à toutes les plantes ; donc une utilisation optimale du fertilisant.

Une déficience ou un excès, tant au niveau des quantités d'eau disponibles que de la qualité de celle-ci, affectent le fonctionnement des racines et l'alimentation minérale de la plante.

Le mode d'apport de l'eau est également susceptible d'exercer une influence sur l'absorption racinaire. Une bonne répartition des racines dans le profil facilite l'absorption par la plante des réserves contenues dans le sol.

Milieu très riche en potassium, on observe une mauvaise utilisation de cet élément avec les faibles humidités.

L'irrigation localisée modifie le comportement dans le sol de certains éléments minéraux, en particulier le phosphore et le potassium, et leur absorption par la plante, action plus renforcée lorsque ces éléments sont incorporés dans l'eau (irrigation fertilisante).

L'action favorable de cette technique sur la teneur en éléments minéraux des feuilles, la quantité des bourgeons, le calibre et la qualité des fruits.

En cas d'une bonne alimentation hydrique des plantes, les racines sont généralement plus rapprochées les unes des autres et donc plus accessibles aux éléments à absorber.

Les mêmes auteurs signalent que l'existence d'un régime hydrique satisfaisant favorise la mobilité et la disponibilité de certains éléments comme le phosphore et le potassium.

VIII.6. Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- ❖ La pente du terrain à irriguer ;
- ❖ Ressource en eau (qualité, quantité, le débit dont on dispose ;
- ❖ Nature du sol (perméabilité) ;
- ❖ Nature des cultures ;
- ❖ Facteurs économiques ;
- ❖ Rentabilité de l'opération.

VIII.7. Composition d'une installation d'irrigation localisée:

VIII.7.1. Point de fourniture d'eau :

La ressource en eau, constituée par un petit barrage ou un cours d'eau.

VIII.7.2. L'unité de tête : Reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des portes rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais soluble, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. Une fraction du débit est dérivée de la conduite principale, envoyée dans le réservoir, s'y enrichit en engrais puis est réinjectée dans la conduite principale. Avoir un bon filtre principal est une chose primordiale dans toutes les unités de tête. Le filtre à sable (ou à gravier), avec vannes permettant un nettoyage par contre courant, est le meilleur, mais, avec de l'eau claire, un simple filtre à tamis peut suffire. Quant l'eau contient beaucoup de sable, on doit installer des filtres spéciaux, appelés des sableurs, qui fonctionnent suivant le principe au vortex.

VIII.7.3. La conduite principale :

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses portes rampes. Elle peut être en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

VIII.7.4. Portes rampes :

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

VIII.7.5. Les rampes :

Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé. Il existe d'autres types de rampes qui assurent à la fois le transport et la distribution de l'eau, par exemple les rampes (ou gaines) poreuses ou perforées (à simple ou double section).

VIII.7.6. Les goutteurs : Les goutteurs apportent l'eau à la surface du sol de manière ponctuelle. Le rôle des goutteurs est de fournir un faible débit (quelques litres par heure). La pression de l'eau est dissipée dans le goutteur puis l'eau est évacuée à l'extérieur à pression nulle.

Au niveau de chaque poste on dénombre un seul goutteur par plante d'un débit égal à 4 l/h pour chacun.

VIII.7.7. Les distributeurs :

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers. Ils peuvent être des goutteurs à très faible débit (quelques l/h), dont il existe de très nombreux types différents, des ajutages ou des minis diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

VIII.8. Les équipements de contrôle des conduites :

VIII.8.1. Les vannes :

Les vannes placées en dérivation sur le réseau.

VIII.8.2. Les ventouses :

Elles sont destinées à évacuer les poches d'air et sont placées aux points hauts systématiquement entre deux vannes.

VIII.8.3. vidange :

Elles ne sont envisagées que pour les diamètres supérieurs à 200 mm. Pour les branches extrêmes de petit diamètre les vidanges seront faites par pompage ou par des bornes placées à des points bas de distribution.

VIII.8.4. Les bornes d'irrigation :

La borne d'arrosage constitue un appareil compact, plus particulièrement étudié pour les réseaux fonctionnant à la demande et cumulant plusieurs fonctions, l'arrêt ou mise en service de la borne, desserte à un ou plusieurs usagers disposant chacun d'une prise individuelle, régulation de la pression, limitation du débit prélevé par chaque prise à la valeur maximale affectée à l'utilisateur par conséquent comptage des volumes débités par chaque prise.

VIII.9. Choix du système de distribution :

Dans notre cas on a choisi le système de distribution avec des réservoirs de tête. Dans ce système, les pompes refoulent directement vers le réservoir de stockage puis la distribution sera gravitaire à partir des réservoirs vers le réseau de distribution.

VIII.10. Choix du type de réseau :

Suivant la structure et l'importance du périmètre on distingue trois schémas de réseaux de distribution (les réseaux ramifiés, les réseaux maillés et les réseaux mixtes (ramifiés + maillés). Le réseau de distribution dans notre cas d'étude est le réseau ramifié. Un réseau ramifié est constitué d'une conduite principale et une série de tronçons disposés à partir de la

conduite principal appelé conduites secondaire. Il présente une indétermination sur les grandeurs et les signes (sens) des débits et des pertes de charge dans chaque tronçon.

VIII.11. Choix du matériau des conduites :

Le choix des matériaux utilisé est en fonction de la pression, de l'agressivité des eaux ou du sol, et de l'ordre économique (coût, disponibilité sur le marché), ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes) permettent de faire le bon choix.

Parmi les matériaux à utiliser on distingue entre autre : L'acier, la fonte ductile, le PVC (polyvinyle de chlorure) et le PEHD (polyéthylène haute densité).

VIII.12. Le tracé du réseau de distribution :

Le tracé de réseau de distribution par conduite sous /pression : Définition : c'est une canalisation destinée à transporter l'eau à sous pression liant entre la source et aux ilots à irriguer par l'intermédiaire des bornes. Semblable a celui en alimentation potable avec une différence en irrigation en évite les réseaux mailles et en utilise les réseaux ramifiés mais aussi le débit sont important par apport a celui de l'AEP. En tenant les plans suivant :

VIII.13. Le plan de bornage :

Les pratiques d'irrigation des agriculteurs peuvent être analysées et formalisées à la fois sur un plan stratégique et sur un plan plus tactique telle que la conduite des Irrigations durant une campagne donnée en tenant compte des différentes contraintes et particulièrement (les fuite et les pertes qu'en peut pas éviter certainement).

VIII.14. Les conditions hydrauliques de bornage :

- Le débit étant en fonction de la superficie de la parcelle et les besoins en eau de la culture.
- Le réseau mis en place doit assurer une pression minimale qui sera en fonction du système de l'irrigation à la parcelle.
- Il faut installer un régulateur de pression pour disperser la charge excédentaire.
- Prendre un rayon des bornes entre (300 ; 400) m

 **Le tracé du réseau :** nous avons tenu compte des points suivant :

- L'implantation des plantes est en fonction de trois paramètres :
- Facteur technique : rayon de la borne.
- Facteur économique : ne pas exagérer dans l'implantation.
- Facteur sociale : chaque irrigant doit avoir sa borne.

✚ Calcul des débits :

Calcul des débits spécifiques : généralement ne dépasse pas 1.5 l/s, on le calcul suivant la formules suivante :

Avec :

q_s = Débit spécifiques ;

$$q = \frac{B * 10000}{T * t * K * 3600}$$

B = Besoins mensuels nets en eau des cultures ;

T : Durée d'irrigation (T=26) ;

t : Durée d'irrigation en heurs (t=20h) ;

K : Coefficient correcteur du débit=0.75.

$$q = \frac{471.05 * 10000}{20 * 26 * 3600 * 0.75}$$

$$q_s = 3.35 \text{ l/s/ha}$$

⇒

$$q_s > 1.5 \text{ l/s}$$

B : (besoins en eau des cultures), le mois de pointe Juin avec 471.05 mm/mois.

D'ou on prend : les besoins de la plante la plus exigeante (pointe) ; dans notre cas : c'est la pomme de terre avec **171.67** mm /mois de Juin).

$$q = \frac{171.67 * 10000}{20 * 26 * 3600 * 0.75}$$

⇒

$$q_s = 1.22 \text{ l/s/ha}$$

$q_s = 1.22 \text{ l/s/ha} < 1.5 \text{ l/s}$ (verifier).

Débits caractéristiques : C'est une caractéristique de chaque ilot

$$Q = q_s * s$$

Q : Débit caractéristique ;

q_s : Débit spécifique (1.22l/s/ha) ; S : Surface de chaque ilot.

Tableau VIII.1 : débits de bornage

LES BORNES	DEBIT SPECIFIQUES(l/s/ha)	SURFACE (ha)	DEBIT CARACTERISTIQUES (l/s)
01	1,22	8	9,76
02	1,22	15	18,3
03	1,22	14	17,08
04	1,22	18	21,96
05	1,22	11	13,42
06	1,22	11	13,42
07	1,22	9	10,98
08	1,22	8	9,76
09	1,22	8	9,76
10	1,22	11	13,42
11	1,22	9	10,98
12	1,22	24	29,28
13	1,22	17	20,74
14	1,22	20	24,4
15	1,22	16	19,52
16	1,22	25	30,5
17	1,22	28	34,16
18	1,22	16	19,52
19	1,22	12	14,64
20	1,22	12	14,64
21	1,22	12	14,64
22	1,22	18	21,96
23	1,22	18	21,96

24	1,22	16	19,52
25	1,22	10	12,2
26	1,22	7	8,54
27	1,22	10	12,2
28	1,22	11	13,42
29	1,22	13	15,86
30	1,22	15	18,3
31	1,22	16	19,52
32	1,22	15	18,3
33	1,22	14	17,08
34	1,22	15	18,3
35	1,22	18	21,96
36	1,22	15	18,3
37	1,22	14	17,08
38	1,22	25	30,5
39	1,22	14	17,08
40	1,22	17	20,74
41	1,22	14	17,08
42	1,22	20	24,4
43	1,22	13	15,86
44	1,22	19	23,18
45	1,22	13	15,86
46	1,22	10	12,2
47	1,22	20	24,4
48	1,22	17	20,74
49	1,22	16	19,52
50	1,22	23	28,06
51	1,22	24	29,28
52	1,22	20	24,4
53	1,22	25	30,5
54	1,22	14	17,08

55	1,22	21	25,62
56	1,22	18	21,96
57	1,22	27	32,94
58	1,22	11	13,42
59	1,22	18	21,96
60	1,22	15	18,3
61	1,22	16	19,52
62	1,22	22	26,84
63	1,22	11	13,42
64	1,22	9	10,98
65	1,22	11	13,42
66	1,22	14	17,08
67	1,22	16	19,52
68	1,22	15	18,3
69	1,22	13	15,86
70	1,22	6	7,32
71	1,22	9	10,98
72	1,22	17	20,74
73	1,22	20	24,4
74	1,22	16	19,52
75	1,22	12	14,64
76	1,22	18	21,96
77	1,22	15	18,3
78	1,22	17	20,74
79	1,22	13	15,86
80	1,22	10	12,2

Le découpage du périmètre en ilots nous a permis d'établir le plan de bornage et de calculer dans un premier temps les débits caractéristiques.

Les pressions nécessaires au niveau de chaque borne, les vitesses et les pertes de charge dans les canalisations sont calculées à l'aide du logiciel EPANET. Leur rôle est la simulation hydraulique du réseau de distribution.

Données d'entrée d'EPANET :

- Les altitudes des différents nœuds s-à-d : les bornes : Voir tableau VII-2,
- Débit caractéristique de chaque borne (tableau VII-3),
- Les diamètres et les longueurs de chaque canalisation,
- Les unités : système international.
- Tenir compte des conditions suivantes : la vitesse : $0.5\text{m/s} < V < 1.5\text{m/s}$, la pression : il faut assurer une pression minimal au point le plus défavorable ($10\text{m.c.e}=1\text{bar}$).

Dans notre étude la vitesse : $0.51\text{m/s} < V < 1.44\text{m/s}$, la pression : la pression minimal : 10.81m.c.e (le nœud 205), la pression maximal : 58.07m.c.e (le nœud 112).

Résultats obtenus par EPANET (Annexe)

Nous avons dans le paragraphe précédent déterminé les dimensions du réseau d'adduction, et afin de vérifier la disponibilité de la pression des bornes nous calculons dans ce chapitre les dimensions du réseau à la parcelle.

Le système d'irrigation choisi est l'irrigation localisée. Le calcul hydraulique est le suivant :

VIII.15. Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée d'un îlot type :

La longueur de la parcelle choisie est de 444 m, et d'une largeur de 305 m. cette parcelle comporte la pomme de terre.

Culture : pomme de terre :

Espacement entre deux plantes : 0,35 m ;

Espacement entre les rangs des plantes : 0,8 m ;

Caractéristique de goutteur :

Débit nominale : 1 l/h ;

Pression nominale : 10mce.

VIII.15.1. Besoins journaliers :

Tenant compte des caractéristiques climatiques et pédologique, les besoins sont :

B_j =besoins du mois de pointe/nombre de jours du mois

$$B_j=171.67/30=5.72\text{mm/j}$$

VIII.15.2. Besoins journalier en tenant compte de la réduction K_r :

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 100 %, donc $K_r = 1$.

$$K_r = 0.1 + 0.9 * C_s, \quad C_s = \text{couverture du sol en \%}$$

$$\text{Ou } K_r = C_s + 0.5 * (1 - C_s)$$

$$B_{j_i} = B_j * 1 = 5.72 * 1 = 5.72\text{mm/j} \quad B_{j_i} : \text{besoin journalier pour l'irrigation localisée.}$$

C_s = couverture du sol dépend du type de culture, et stade physiologique de la culture.

Représente la fraction de la surface du sol réellement couverte par le feuillage des plantes en projection verticale, C_s exprime en %.

VIII.15.3. Dose nette pratique : Dose nette maximale

$$D_p = \text{RFU} * P / 100 = 30 * 80 / 100 = 24\text{mm.}$$

$$\text{RFU} = 30\text{mm}$$

$$P = \text{pourcentage de sol humidifié en \%} \quad P = 80\%.$$

VIII.15.4. Dose nette réelle :

$$D_r = 90\% \text{ ou } 80\% \text{ de la dose max} = 0.8 * 24 = 19.2\text{mm.}$$

VIII.15.5. Dose brute :

$$D_b = D_r / C_u * \text{eff} = 19.2 / 0.85 = 22.59\text{mm.}$$

C_u : coefficient d'uniformité %,

eff: efficacité, rendement du système.

VIII.15.6. Fréquence des arrosages : espacement entre 2 arrosages

$$F_r = \text{dose nette} / B_{j_i} = 19.2 / 5.72 = 4\text{jours}$$

VIII.15.7. Durée d'arrosage :

$$D_{\text{arrosage}} = D_b * s_a * s_r / q_g = 22.59 * 0.35 * 0.8 / 1 = 6,33\text{heures.}$$

D_b : Dose brute,

q_g : Débit d'un goutteur (l/h);

S_a : Espacement entre deux plantes (0.35m) ;

S_r : Espacement entre les rangs des plantes (0.8m).

VIII.15.8. Durée d'arrosage journalier :

$D_j = \text{durée d'arrosage} / F_{\min} = 6,33 / 4 = 1,58 \text{ heures.}$

F_{\min} : Fréquence d'arrosage.

VIII.15.9. Nombre de poste :

$N_{\text{POSTE}} = 24 * F / \text{temps de travail} = 24 * 4 / 20 = 5 \text{ postes}$

Pour des raisons de commodité et de bonne gestion du réseau nous adoptons un nombre de poste paire soit 6 postes, mais le débit de la borne n'étant pas suffisant nous subdivisons l'ilot en 12 postes.

VIII.15.10. Surface de la parcelle :

L'ilot choisi a une superficie de 13 ha.

$S_p = \text{surface totale} / \text{nombre de poste} = 13 / 12 = 1.08 \text{ ha}$

11-Surface irriguée par une rampe :

$A_1 = L_r * S_r = 100 * 0.8 = 80 \text{ m}^2$

VIII.15.12. Nombre de rampe par poste

$N_r = \text{surface poste} / A_1 = 1.08 / 0.008 = 136 \text{ rampe}$

VIII.15.13. Nombre de goutteurs par rampe :

$N_g = \text{longueur de la rampe} / \text{espacement entre culture} = 100 / 0.35 = 286 \text{ goutteurs}$

VIII.15.14. Débit d'une rampe :

$Q_r = N_g * q_g = 286 * 1 = 286 \text{ l/h}$

Q_r : Débit de rampe ;

N_g : Nombre de goutteurs par rampe ;

q_g : Débit d'un goutteur.

15- nombre de goutteurs par porte rampe :

N_{pr} = longueur de la porte rampe / Espacement entre les rangs des plantes = $111/0.8 = 139$ rampes.

N_{pr} : Nombre de porte rampe.

VIII.15.16. Débit d'une porte rampe :

$Q_{pr} = N_{pr} * Q_r = 139 * 286 = 39754 \text{ l/h} = 11.04 \text{ l/s}$.

Q_{pr} : Débit de porte rampe ;

N_{pr} : Nombre de porte rampe ;

Q_r : Débit de rampe.

Le débit de la borne desservant notre ilot est égale à 16 l/s supérieur a celui nécessaire pour les portes rampes qui est calculé (11.04 l/s) c'est à dire il satisfait la demande.

VIII.15. Calcul hydraulique :

$$10\% = \frac{dq}{q}$$

$$0.5 * \Delta H / H = \frac{dq}{q}$$

$$\Rightarrow 0,10 * 10 = 0,5 * \Delta H \Rightarrow \Delta H = 1/0.5 = 2 \text{ m.c.e}$$

Perte de charge singulière : $p.c.s = 10\% * \Delta H = 0.2 \text{ m}$;

Perte de charge linéaire : $p.c.l = \Delta H - p.c.s = 1.8 \text{ m}$;

Perte de charge des portes rampes = $1/3 * p.c.l = 0,6 \text{ m}$;

Perte de charge des rampes = $2/3 p.c.l = 1.2 \text{ m}$

Canalisation :

Diamètres des rampes : Le diamètre de la rampe est par la formule suivante :

Avec :

$$\varnothing^{-4.75} = \left(\frac{2.75 * P.d.c.r}{0.478 * Lr * Qr^{1.75}} \right) = \left(\frac{2.75 * 1.2}{0.478 * 100 * 286^{1.75}} \right)$$

P.d.c (r) : la perte de charge dans la rampe ;

Q_r : débit de la rampe en l/h ; $L(r)$: la longueur de la rampe en m.

Donc : le diamètre de la rampe égal a $\varnothing_{rampe} = 14.01\text{mm}$ le diamètre normalisé le plus proche c'est= 16mm $\Rightarrow \varnothing_{rampe} = 16\text{mm}$.

Diamètres des portes rampes : $\varnothing_{porte rampe} = 100\text{mm}$.

CONCLUSION GENERALE

La croissance démographique dans le monde à provoquée un boom industriel multisectoriel pour la satisfaction des populations. L'Algérie n'est pas en reste dans cette dynamique de production pour se protéger des besoins de consommations et de modernisation.

Tous ces élans ont malheureusement des impacts négatifs sur l'écosystème à force de surexploitation et non respect des cycles de régénération. Ces déséquilibres sont engendrés par la pollution due aux rejets anthropiques, agricoles, industriels et urbains.

Les actions de ruissellements, du lessivage et d'infiltrations des différents rejets deviennent une grande menace pour la santé publique, en arrivant à s'accumuler dans les réserves hydriques. L'étude des paramètres physico-chimiques s'impose comme une urgence pour connaitre l'état du barrage.

Les eaux superficielles du bassin de Nahr Ouassel charrient des rejets domestiques, industriels et les eaux de la STEP non traités et parfois même toxiques générés par une forte pression d'urbanisation et une activité industrielle.

Sur cette base, nous avons essayé de traiter à travers cette étude, les différentes formes de la pollution des eaux du barrage Dahmouni. Ce barrage est destiné actuellement à l'irrigation, Le périmètre de Dahmouni est irrigué à partir de ce barrage. Ce bassin est drainé par l'Oued Nahr Ouassel.

La région d'étude est caractérisée par un climat semi- aride à hiver tempéré où les précipitations moyennes annuelles ont une valeur de 543 mm, la température moyenne annuelle est de l'ordre de 15.13 C°, l'évapotranspiration est de 104.67mm et l'humidité relative moyenne mensuelle de l'ordre de 59.4%. Les vents dominants dans la région d'étude sont caractérisés par une vitesse moyenne annuelle du vent varie de 2.5 à 3.5 (m/s).

La cuvette du barrage reçoit annuellement un apport moyen de l'ordre 13.30Mm³.

Par ailleurs, le barrage reçoit des quantités d'eau polluées, des différentes sources et natures (domestiques, agricoles et industrielles), qui resteront toujours surveillées.

L'étude des paramètres physico-chimiques des eaux du barrage de Dahmouni révèle des valeurs élevées des éléments Cl, SO₄, NH₃, Na, DBO₅ et DCO indiquant des eaux fortement minéralisées avec une conductivité (989-2150 µs/cm) donc polluées et séléniteuses. Ces eaux, riches en éléments nutritifs et avec un pH légèrement alcalin (7,1– 8.5).

Cette prolifération entraîne une diminution de l'oxygène dissous qui est également un signe d'eutrophisation. Cependant le rapport DBO5/DCO variant entre 0,1 et 0,38 indique la possibilité d'un traitement biologique.

Les concentrations observées en k, Mg, Na résultent d'un apport par les eaux souterraines d'une part, et par le lessivage des terrains carbonatés d'autre part.

L'Analyse en Composantes Principales fait partie des analyses descriptives multivariées. Elle nous a permis d'analyser des tableaux de données numériques quantitatives pour en réduire la dimensionnalité en trouvant un nouvel ensemble de variables plus petit que l'ensemble des variables, qui néanmoins contient la plupart de l'information. Les projections faites sur les trois axes montrent que :

- ✓ L'axe 1 résume 36,64 % de l'information et décrit les paramètres liés à la minéralisation. Il peut être considéré comme un gradient de minéralisation et d'eutrophisation lié à l'intensité de la pollution apportée par des déversements urbains et industriels d'eaux usées.
- ✓ L'axe 2 résume 14,39 % de l'information et est représentatif de la DCO, la DBO5. Il est principalement lié à l'activité biologique dans l'eau et à l'activité anthropique.
- ✓ L'axe 3 résume 10,52 % de l'information et décrit la température ; le pH et les Nitrates. Les nitrates sont le facteur principal à la création du phénomène de l'eutrophisation. Il montre une corrélation positive entre ces paramètres et peut être considéré comme un gradient d'eutrophisation.

Les besoins annuels estimés dans notre périmètre sont environ de $8,97\text{Mm}^3$. Ce volume peut être produit à partir de barrage.

Le dimensionnement d'un réseau de distribution fait par plusieurs étapes successives et plus détaillé. Ce réseau permet de transporter les eaux de barrage vers le périmètre de Dahmouni. Le choix du système d'irrigation dans ce projet s'est fait à partir de plusieurs conditions, comme la topographie et la qualité d'eau d'irrigation. Puis ce que la pente est importante. Le réseau de distribution appliqué dans cette étude est l'irrigation localisée.

Enfin, la complexité du problème de pollution du bassin versant de Nahr Ouassel et ses conséquences sur le milieu et sur le barrage de Dahmouni, peut être résolue en procédant par étapes, ainsi nous recommandons :

- ➔ A court terme : il faut absolument remettre en fonction la station d'épuration de Tiaret, et de pousser l'usine industrielle à fournir d'avantages d'efforts pour réduire la pollution.

- A moyen terme : d'essayer de réduire la pollution à sa source, en préconisant à chaque unité son propre traitement avec l'apprentissage d'une meilleure gestion, tout en maîtrisant les méthodes de récupération.
- A long terme : de réaliser une station de relevage qui englobe les rejets des unités concernées.
- Concernant le périmètre il faut faire le lessivage pour réduire le degré de la salinité.

Références bibliographiques

- [1]ANGELIER E., Ecologie des eaux courantes , 2000.. Edition Tec et Doc,Paris. 199 p.
- [2]ARRIGNON J., Aménagement écologiques et piscicoles des eaux douces **1982.**, 3ème édition Gauthier Villars, 49-125p.
- [3]Bernard B., Eutrophisation des milieux aquatiques ,**1996.**: Bilan des Connaissances et Stratégie de Lutte, Décembre 1996).
- [4]Blaber, S. J. M. & T. G. Blaber. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. Journal of Fish Biology **1980-** 17 : 143-162.
- [5]Christopher Mason, **2002.** Biologie of freshwater pollution.
- [6]CNEEXO, Manuel des analyses chimiques en milieu marin **1983.** 395 p.
- [7]DUSSART.B., Limnologie : l'étude des eux continentales- Gauthier Villars, Paris-**1966.** 676p.
- [8]Kowalkowski, T. Application of chemometrics in river water classification-(**2006**).. Water Res 40, 744-752.
- [9]LACAZE J-C. Eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestation, conséquences et moyens de lutte, **1996.** Edition Ellipse. 191 p.
- [10]Menció, A. & Mas-Pla, J. Assessment by multivariate analysis of groundwater-surface water interactions in urbanized Mediterranean streams ; (**2008**).. Journal of Hydrology 352, 355-366P.
- [11]NISBET. M et VERNEAU. J, Composants chimiques des eaux courantes, discussions et propositions des classes entant que base d'interprétation des analyses chimiques ,**1970.** Annale de limnologie: 1.6 fasc 2, 161-190p.
- [12]POURRIOT R. et MEYBECK M. Limnologie générale.Masson, **1995.**, Paris. 848p
- [13]RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer **1996.** 8ème édition, Dunod, Paris. 1383p.
- [14]RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer **2005.** 8ème édition, Dunod, Paris. 1365 p.
- [15]Strobl, R. O. & Robillard, P. D. Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: A review , (**2008**).. Journal of Environmental Management 87, 639-648P.
- [16]Touaibia Bénina,manuel pratique d'hydrologie, Mars 2004,29-34,61-88,89-91.

[17]Vega,M., Pardo,R., Barrado,E., Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis, **1998**.. Water research 32,3581-3598P.

LA PLUVIOMETRIE DE STATION DE DAHMOUNI

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1981	4.3	0	0	58.8	37.6	71.4	0	75.6	37.9	0	0	0	285.6
1982	4.3	41.4	79.2	82.4	0	29	28.8	9.4	3.6	0	0	0	278.1
1983	0	0.2	9	30.6	22.5	69.6	33.8	8.1	2.4	0	0	0	176.2
1984	0	39.1	52.4	11.8	67	34	42.9	6	41	0	1.1	0	295.3
1985	26.5	19.8	42.9	29.3	116.9	82.5	92.9	25.9	9.2	6.6	0	13	465.5
1986	10.1	39.9	30.2	29.3	107.9	90.2	10.8	3.8	12.5	5.5	23.7	0.9	364.8
1987	2.5	65.9	116	33.5	42.1	23.2	32.4	38.8	40	17.1	0	2.5	414
1988	1.2	19.9	35.1	21.1	7.6	24.3	46.7	48.8	21	22.1	6.3	55.4	309.5
1989	40	3.4	30	19.3	81.2	3.5	20	10	2	0	0	0	209.4
1990	20.5	0.9	29.6	72.2	22.9	51.9	30	8.4	0	0	0	8.7	245.1
1991	0.1	89.8	17.2	11.5	18.4	24.6	38.2	62.8	41.3	4.6	7.4	0	315.9
1992	6	8	46	41.5	0	29.9	4.5	39.2	53.9	0	0	0	229
1993	26.2	10	22.7	37.2	24.2	45	3	17.3	2.6	0	0	1	189.2
1994	66.4	96	15.3	10.6	40.9	0	10	15	0	9.6	0	7.3	271.1
1995	19.5	15	2.9	39.8	50.7	137.3	35.3	86.4	41.3	23.9	8	8	468.1
1996	4.1	19	8	51.5	63.3	4.7	0	164.8	34	0	0	40.2	389.6
1997	73.5	40.7	138.5	56.6	30.8	37.2	22.5	39.7	94.5	0	0	0	534
1998	0	10.4	13.8	22	82.8	18.1	100.1	0	6.5	0	0	7.8	261.5
1999	24.6	70.2	29.5	95	0	0	0	20.7	18.9	0	0	0	258.9
2000	28.2	24.2	61.3	45	98.8	55.2	2	38.3	22.5	0	0	3.2	378.7
2001	89.4	27.3	66	39	7	6.4	23.1	29.7	26	0	0	13.4	327.3
2002	2.3	14	39.4	37.9	84.2	79.9	1	54.7	10.3	46.4	2.1	1	373.2
2003	5.3	76.8	147	84.1	22.4	30.2	18.5	37.3	61.1	33.8	0	5.7	522.2
2004	41.6	18.8	19.5	93.9	17.2	22.1	43.5	4.6	4	3.5	7.5	0	276.2
2005	30.2	24.7	10.8	52.4	8	27.1	35.1	4.8	6.8	11.9	5.6	0	217.4
2006	16.7	49.9	52.7	20.9	55.3	46.9	14.4	34.7	73.9	0	3.7	7	376.1
2007	11	7.6	3.4	32.2	12.9	53.2	41.4	87.3	13.4	0	9.8	7.6	279.8
2008	17.2	50.6	29.1	8.7	17.5	23.6	28.2	7.2	50.5	12.3	12.5	3.8	261.2
2009	40.4	64.2	37.5	59.1	107.5	32.2	77	67.6	17.1	1.7	0	4.7	509

2010	75.3	9	36.3	68.7	53.5	93.8	50.8	15.8	36	10.8	1	30.8	481.8
2011	3.8	30.1	39.5	24.3	37.5	64.5	22.4	0	0	0	0	0.5	222.6

Les paramètres physico-chimiques

mois	Ca mg/l	Cl mg/l	Cond µs/cm	DBO5 mg/l	DCO mg/l	K mg/l	Mg mg/l
janv-06	127	239	1490	17.4	70	29	64
févr-06	128	232	1500	13.5	70	28	51
mars-06	132	218	1440	4	20	26	79
avr-06	138	218	1550	14.7	70	25	52
mai-06	130	228	1580	16.5	90	25	58
juin-06	143	222	1560	18.6	90	26	55
juil-06	127	239	1670	15	80	28	75
août-06	146	244	1760		50	30	60
sept-06	137	252	1730	10.9	50	30	68
oct-06	98	253	1810	11.5	60	30	100
nov-06	167	255	1740	9.1	40	31	55
déc-06	167	245	1710	6.8	30	32	69
janv-07	170	252	1590	5	20	30	65
févr-07	167	252	1760	12.3	48	30	65
mars-07	162	259	1820	3.5	20	30	69
avr-07	174	252	1770	12.2	60	31	64
mai-07	146	245	1920	10.2	40	28	57
juin-07	114	259	1810	11.4	60	28	81
juil-07	65	259	1450	6.3	20	30	93
août-07	77	286	1700	3.8	20	34	90
sept-07	135	293	1730	4.8	30	30	73
oct-07	142	273	1830	5.7	49	32	66
nov-07	121	313	2100	7.2	69	35	82
déc-07	72	459	1800	13.5	60	30	110
janv-08	140	286	1830	5.2	38	32	72
févr-08	152	279	1810	9	39	31	62
mars-08	160	277	1820	10.5	50	31	55
avr-08	140	268	1840	9.3	29	32	58
mai-08	96	302	1840	5.2	29	31	68
juin-08	136	327	1970	18.5	60	32	70
juil-08	64	279	1880	7.6	29	35	70
août-08	158	337	1907	9	59	34	64
sept-08	116	312	1934	4.8	30	35	69
oct-08	136	313	2150	9.6	30	38	70
nov-08	112	279	1720	9.8	38	30	72
déc-08	150	271	1730	18.7	70	31	55
janv-09	130	252	1606	5.7	50	27	54
févr-09	126	218	1526	17.6	60	22	53
mars-09	48	199	1670	6.4	40	21	38
avr-09	124	170	1291	4	20	19	45
mai-09	114	174	1332	7.9	59	19	57
juin-09	123	167	1272	3.2	20	20	56
juil-09	52	170	1243	11.1	30	20	75
août-09	51	184	1680	5.5	30	22	65
sept-09	56	188	1430	18.6	49	23	62
oct-09	100	198	1285	7.1	40	20	50
nov-09	101	174	1291	42.7	150	20	51
déc-09	89	174	1390	6.3	40	20	63
janv-10	112	181	1270	7.9	59	20	39

févr-10	106	174	1310	7	40	19	54
mars-10	104	150	1110	6.3	40	16	41
avr-10	110	151	1133	6.3	38	15	43
mai-10	96	133	1150	8.7	50	14	57
juin-10	67	152	1086	6.3	40	15	58
juil-10	67	157	1044	8.7	50	18	46
août-10	55	167	989	9.1	60	18	43
sept-10	68	160	1060	7.1	40	20	45
oct-10	58	170	1060	6	29	18	56
nov-10	72	449	1088	9.6	50	19	47
déc-10	85	174	1100	6.6	29	19	47

suite de tableau

mois	Na mg/l	NO3 mg/l	O2dis mg/l	Ph	SO4 mg/l	T °C	Turb (NTU°)
janv-06	246	6	9.3	7.9	376	7.5	9
févr-06	230	7	8.8	7.8	350	10	38
mars-06	219	4	9	7.9	460	7.5	586
avr-06	219	9	9.2	8	364	18	22
mai-06	214	7	7.3	7.7	342	16.5	39
juin-06	207	12	5.7	8.2	372	20.5	9
juil-06	223	14	10.5	7.7	388	29	53
août-06	237	18	9.3	7.9	394	27	49
sept-06	242	8	7.3	8	405	25	6
oct-06	230	12	9.3	7.2	406	22	26
nov-06	253	6	7.1	7.6	438	16.5	31
déc-06	262	14	7.3	7.4	440	12	58
janv-07	251	16	9.8	7.8	446	10	15
févr-07	239	13	11.2	7.7	464	8	25
mars-07	232	15	10.1	8.2	493	14	4
avr-07	242	9	7.4	8.4	457	14	30
mai-07	235	10	6.9	7.7	409	17	30
juin-07	258	13	7.1	7.8	399	20	6
juil-07	253	11	8.8	8	460	24	104
août-07	274	6	6.2	8	417	26	249
sept-07	285	3	7	8.4	452	26	49
oct-07	288	11	6.7	7.7	441	22	14
nov-07	288	4	4.9	7.3	464	15	17
déc-07	274	2	9.8	7.7	513	11	16
janv-08	274	5	9.2	7.6	449	10	8
févr-08	274	13	7.9	7.8	436	10	50
mars-08	274	8	9.3	7.4	476	13	8
avr-08	276	5	9.8	8.4	355	18.5	14
mai-08	285	15	7	7.6	338	19	20
juin-08	285	9	7.6	7.7	446	20.5	38
juil-08	294	25	6.6	7.1	380	25	63
août-08	299	10	6.1	8.1	405	27	14
sept-08	297	8	6.1	7.4	432	25.5	10
oct-08	301	9	6.3	8.1	457	21	11
nov-08	260	21	5.4	8	399	16	15
déc-08	248	16	8.6	7.9	378	9	194

janv-09	232	18	8.4	7.9	365	7.5	289
févr-09	177	24	8.3	7.4	321	7	102
mars-09	184	17	8.8	7.8	120	10	6
avr-09	150	21	9	7.7	289	15	4
mai-09	156	20	7.8	8.3	354	14	5
juin-09	154	34	7.7	8.4	314	24	14
juil-09	161	13	10.4	8.4	350	28	28
août-09	175	3	8.3	8.5	292	28	57
sept-09	177	3	7.4	7.6	288	25	3
oct-09	173	2	7.7	8.2	268	19	7
nov-09	173	2	6.4	7.9	326	18	285
déc-09	184	5	7.4	8	410	10	99
janv-10	161	3	8.1	7.9	288	11	15
févr-10	150	6	8.7	8	300	9	22
mars-10	127	10	7.7	8	256	12	112
avr-10	122	11	7.3	8	271	15	5
mai-10	117	12	8.2	7.9	273	22	27
juin-10	106	11	11.5	8	218	25	31
juil-10	117	10	6.7	7.7	232	24	16
août-10	106	7	16.1	7.7	282	27	150
sept-10	110	2	9.9	8.5	257	22	34
oct-10	110	2	9.5	8.5	263	21	144
nov-10	110	2	6.5	8	234	14	38
déc-10	104	3	5.4	7.8	241	10	246

Tableau VIII.2 : caractéristiques des Nœuds (Bornes) :

Nœuds	Altitude	Demande Base	Charge	Pression	Nœuds	Altitude	Demande Base	Charge	Pression
	m	LPS	m	m		m	LPS	m	m
Noeud 2	965	0	995,82	30,82	Noeud 110	934	0	988,55	54,55
Noeud 3	965	0	995,61	30,61	Noeud 111	930	16	987,98	57,98
Noeud 4	963	22	994,57	31,57	Noeud 112	930	16	988,07	58,07
Noeud 5	962	0	994,86	32,86	Noeud 113	937	0	989,59	52,59
Noeud 6	963	18	994,15	31,15	Noeud 114	936	0	989	53
Noeud 7	960	22	993,81	33,81	Noeud 115	935	23	987,86	52,86
Noeud 8	965	0	994,57	29,57	Noeud 116	940	23	982,21	42,21
Noeud 9	960	21	993,61	33,61	Noeud 117	945	0	992,37	47,37
Noeud 10	965	18	993,85	28,85	Noeud 118	940	0	987,97	47,97
Noeud 11	960	0	994,09	34,09	Noeud 119	940	21	987,01	47,01
Noeud 12	960	21	993,86	33,86	Noeud 120	940	0	986,63	46,63
Noeud 13	958	0	993,43	35,43	Noeud 121	940	24	986,34	46,34
Noeud 14	958	16	992,86	34,86	Noeud 125	965	19,5	994,99	29,99
Noeud 15	956	0	993,02	37,02	Noeud 126	967	0	995,59	28,59
Noeud 16	956	12	992,19	36,19	Noeud 127	965	24	995,3	30,3
Noeud 17	957	0	992,5	35,5	Noeud 128	968	0	995,13	27,13
Noeud 18	960	7	991,58	31,58	Noeud 129	965	24	994,84	29,84
Noeud 19	960	0	992,3	32,3	Noeud 130	968	0	994,9	26,9
Noeud 20	960	18	992,13	32,13	Noeud 131	967	21	993,94	26,94
Noeud 21	955	0	992	37	Noeud 132	967	29	994,48	27,48
Noeud 22	955	16	991,43	36,43	Noeud 133	963	0	994,38	31,38
Noeud 23	955	0	991,49	36,49	Noeud 134	965	21	993,42	28,42
Noeud 24	955	26,84	991,33	36,33	Noeud 135	960	34	993,82	33,82

Noeud 25	955	0	991,16	36,16	Noeud 136	965	29	993,96	28,96
Noeud 26	955	19,5	990,96	35,96	Noeud 137	960	30,5	993,92	33,92
Noeud 27	956	0	989,46	33,46	Noeud 138	957	0	994,16	37,16
Noeud 28	956	26,84	989,1	33,1	Noeud 139	957	14,6	993,68	36,68
Noeud 31	960	0	993,47	33,47	Noeud 140	956	0	994	38
Noeud 32	959	11	993,19	34,19	Noeud 141	955	14,6	993,52	38,52
Noeud 33	961	0	993,25	32,25	Noeud 142	967	34	993,44	26,44
Noeud 34	962	19,5	993,05	31,05	Noeud 143	956	22	992,95	36,95
Noeud 35	960	18	993,08	33,08	Noeud 144	958	0	993,19	35,19
Noeud 36	963	0	992,76	29,76	Noeud 145	958	19,5	992,36	34,36
Noeud 37	960	19,5	991,93	31,93	Noeud 146	955	0	992,44	37,44
Noeud 38	965	18	992,05	27,05	Noeud 147	954	22	991,39	37,39
Noeud 39	962	19,5	991,93	29,93	Noeud 148	954	0	987,9	33,9
Noeud 40	953	0	991,83	38,83	Noeud 149	955	19,5	987,07	32,07
Noeud 41	952	33	991,3	39,3	Noeud 150	953	22	986,85	33,85
Noeud 42	951	25,6	991,5	40,5	Noeud 151	956	0	991,68	35,68
Noeud 43	948	0	990,9	42,9	Noeud 152	957	22	990,63	33,63
Noeud 44	946	24	990,61	44,61	Noeud 153	955	0	991,38	36,38
Noeud 45	946	0	990,01	44,01	Noeud 154	955	18	990,67	35,67
Noeud 46	948	33	989,47	41,47	Noeud 155	948	0	988,98	40,98
Noeud 47	946	30,5	989,55	43,55	Noeud 156	945	17	988,34	43,34
Noeud 48	944	0	989,29	45,29	Noeud 157	946	0	988,59	42,59
Noeud 49	942	19,5	988,45	46,45	Noeud 158	948	19,5	987,76	39,76
Noeud 50	941	0	988,46	47,46	Noeud 159	945	0	988,3	43,3
Noeud 51	944	30,5	988,01	44,01	Noeud 160	943	18	987,59	44,59
Noeud 52	941	28	988,08	47,08	Noeud 164	960	0	989,94	29,94
Noeud 53	938	0	987,11	49,11	Noeud 165	960	19,5	989,11	29,11

Noeud 54	940	28	986,73	46,73	Noeud 166	945	18	986,13	41,13
Noeud 55	957	0	992,54	35,54	Noeud 167	960	0	993,08	33,08
Noeud 56	965	21	991,58	26,58	Noeud 168	960	0	992,33	32,33
Noeud 57	960	24	992,25	32,25	Noeud 169	955	18	991,62	36,62
Noeud 58	960	0	994,04	34,04	Noeud 170	950	16	991,76	41,76
Noeud 59	960	14,6	993,56	33,56	Noeud 171	942	0	988,43	46,43
Noeud 60	955	0	993,17	38,17	Noeud 172	941	22	987,38	46,38
Noeud 61	955	24	992,88	37,88	Noeud 173	938	18	987,71	49,71
Noeud 62	955	19,5	992,33	37,33	Noeud 174	954	0	992,21	38,21
Noeud 63	952	0	989,23	37,23	Noeud 175	954	12	991,38	37,38
Noeud 64	952	11	988,53	36,53	Noeud 176	947	13	986,8	39,8
Noeud 66	954	0	988,38	34,38	Noeud 177	970	0	994	24
Noeud 67	954	13	987,42	33,42	Noeud 178	966	22	992,95	26,95
Noeud 68	959	0	986,11	27,11	Noeud 179	961	0	991,84	30,84
Noeud 69	959	17	985,48	26,48	Noeud 180	962	22	990,8	28,8
Noeud 70	951	0	988,19	37,19	Noeud 181	958	0	991,36	33,36
Noeud 71	950	13	987,23	37,23	Noeud 182	957	30,5	990,9	33,9
Noeud 72	953	0	989,65	36,65	Noeud 183	959	11	990,66	31,66
Noeud 73	954	22	988,6	34,6	Noeud 184	959	0	990,32	31,32
Noeud 74	960	0	991,74	31,74	Noeud 185	959	10	989,73	30,73
Noeud 75	957	22	990,69	33,69	Noeud 186	958	0	989,55	31,55
Noeud 76	960	18	991,02	31,02	Noeud 187	957	14,6	989,07	32,07
Noeud 77	949	0	990,66	41,66	Noeud 188	957	0	989,21	32,21
Noeud 78	948	22	989,62	41,62	Noeud 189	957	13	988,24	31,24
Noeud 79	950	25,6	990,34	40,34	Noeud 190	956	0	987,79	31,79
Noeud 80	945	0	989,73	44,73	Noeud 191	956	12	986,96	30,96
Noeud 81	940	17	989,09	49,09	Noeud 192	955	11	987,09	32,09

Noeud 82	946	0	988,17	42,17	Noeud 193	950	8,5	983,92	33,92
Noeud 83	946	24	987,88	41,88	Noeud 194	970	0	989,71	19,71
Noeud 84	945	29	987,76	42,76	Noeud 195	965	17	989,07	24,07
Noeud 85	941	0	986,54	45,54	Noeud 196	970	0	988,1	18,1
Noeud 86	941	19,5	985,71	44,71	Noeud 197	969	18	987,39	18,39
Noeud 87	940	0	984,7	44,7	Noeud 198	963	0	984,28	21,28
Noeud 88	940	29	984,28	44,28	Noeud 199	964	18	983,56	19,56
Noeud 89	960	0	995,29	35,29	Noeud 200	963	0	983,29	20,29
Noeud 90	955	19,5	994,46	39,46	Noeud 201	963	13	982,33	19,33
Noeud 91	960	19,5	994,46	34,46	Noeud 202	962	0	981,83	19,83
Noeud 92	957	30,5	993,7	36,7	Noeud 203	962	13	980,87	18,87
Noeud 93	952	0	994,96	42,96	Noeud 204	961	10	981,25	20,25
Noeud 94	952	30,5	994,51	42,51	Noeud 205	973	0	983,81	10,81
Noeud 95	950	0	994,71	44,71	Noeud 206	968	10	983,22	15,22
Noeud 96	950	13	993,74	43,74	Noeud 207	935	24	984,89	49,89
Noeud 97	947	0	994,16	47,16	Noeud 208	938	0	988,71	50,71
Noeud 98	947	0	993,91	46,91	Noeud 209	940	21	980,75	40,75
Noeud 99	946	30,5	993,46	47,46	Noeud 210	936	17	987,09	51,09
Noeud 100	944	0	992,37	48,37	Noeud 211	932	0	984,6	52,6
Noeud 101	945	30,5	991,91	46,91	Noeud 212	931	17	984,45	53,45
Noeud 102	940	21	991,41	51,41	Noeud 213	934	22	983,55	49,55
Noeud 103	945	22	991,32	46,32	Noeud 214	962	21	993,39	31,39
Noeud 104	939	0	991,53	52,53	Noeud 215	960	0	993,62	33,62
Noeud 105	940	21	990,57	50,57	Noeud 216	943	17	990,48	47,48
Noeud 106	937	24	991,24	54,24	Noeud 217	943	0	991,12	48,12
Noeud 107	938	0	989,93	51,93	Noeud 218	935	12	988,76	53,76
Noeud 108	938	24	989,64	51,64	Réservoir 1	994	Sans Valeur	996	2

Tableau : les caractéristiques des conduites :

Tuyaux	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.	Tuyaux	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km		m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 1	944,43	2000	2451,78	0,78	0,19	Tuyau 110	100	200	30,5	0,97	4,57
Tuyau 2	181	1000	1027,98	1,31	1,16	Tuyau 111	317	800	438,2	0,87	0,69
Tuyau 3	100	150	22	1,24	10,48	Tuyau 112	100	150	14,6	0,83	4,79
Tuyau 4	679	1000	1005,98	1,28	1,11	Tuyau 113	244	800	423,6	0,84	0,65
Tuyau 5	100	150	22	1,24	10,48	Tuyau 114	100	200	34	1,08	5,62
Tuyau 6	100	150	18	1,02	7,14	Tuyau 115	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 7	318	350	99,1	1,03	2,58	Tuyau 116	100	150	14,6	0,83	4,79
Tuyau 8	100	150	14,6	0,83	4,79	Tuyau 117	164	300	99	1,4	5,62
Tuyau 9	211	300	84,5	1,2	4,14	Tuyau 118	279	200	25	0,8	3,13
Tuyau 10	100	200	24	0,76	2,9	Tuyau 119	100	125	12	0,98	8,28
Tuyau 11	100	150	19,5	1,1	8,32	Tuyau 120	561	125	13	1,06	9,64
Tuyau 12	350	1000	866,88	1,1	0,83	Tuyau 121	233	300	74	1,05	3,21
Tuyau 13	100	150	18	1,02	7,14	Tuyau 122	100	150	18	1,02	7,14
Tuyau 14	100	150	21	1,19	9,58	Tuyau 123	100	150	16	0,91	5,7
Tuyau 16	100	150	21	1,19	9,58	Tuyau 124	509	200	40	1,27	7,67
Tuyau 17	100	200	24	0,76	2,9	Tuyau 125	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 18	310	850	782,88	1,38	1,55	Tuyau 126	100	150	18	1,02	7,14
Tuyau 19	100	200	21	0,67	2,25	Tuyau 127	311	500	254	1,29	2,6
Tuyau 23	100	150	11	0,62	2,81	Tuyau 128	595	800	500	0,99	0,89
Tuyau 24	180	800	587,7	1,17	1,21	Tuyau 129	100	150	19,5	1,1	8,32
Tuyau 25	100	200	18	0,57	1,68	Tuyau 130	100	150	19,5	1,1	8,32
Tuyau 26	100	200	19,5	0,62	1,96	Tuyau 131	349	200	30,5	0,97	4,57
Tuyau 27	456	800	550,2	1,09	1,07	Tuyau 132	490	800	430,5	0,86	0,67

Tuyau 28	100	150	19,5	1,1	8,32	Tuyau 133	100	200	30,5	0,97	4,57
Tuyau 29	100	150	19,5	1,1	8,32	Tuyau 134	104	600	400	1,41	2,48
Tuyau 30	100	150	18	1,02	7,14	Tuyau 135	100	125	13	1,06	9,64
Tuyau 31	365	500	252,1	1,28	2,56	Tuyau 136	234	600	387	1,37	2,32
Tuyau 32	100	200	33	1,05	5,31	Tuyau 137	90	500	263	1,34	2,77
Tuyau 33	100	200	25,6	0,81	3,27	Tuyau 138	100	200	30,5	0,97	4,57
Tuyau 34	354	450	193,5	1,22	2,62	Tuyau 139	705	500	232,5	1,18	2,19
Tuyau 35	100	200	24	0,76	2,9	Tuyau 140	100	200	30,5	0,97	4,57
Tuyau 36	243	400	169,5	1,35	3,68	Tuyau 141	100	150	21	1,19	9,58
Tuyau 37	100	200	33	1,05	5,31	Tuyau 142	259	400	159	1,27	3,26
Tuyau 38	100	200	30,5	0,97	4,57	Tuyau 143	100	200	24	0,76	2,9
Tuyau 39	245	350	106	1,1	2,94	Tuyau 144	100	150	21	1,19	9,58
Tuyau 40	100	150	19,5	1,1	8,32	Tuyau 145	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 41	190	300	86,5	1,22	4,33	Tuyau 146	473	350	114	1,18	3,38
Tuyau 42	100	200	30,5	0,97	4,57	Tuyau 147	100	200	24	0,76	2,9
Tuyau 43	100	200	28	0,89	3,88	Tuyau 150	181	250	46	0,94	3,25
Tuyau 44	348	200	28	0,89	3,88	Tuyau 151	100	150	23	1,3	11,41
Tuyau 45	100	200	28	0,89	3,88	Tuyau 152	595	150	23	1,3	11,41
Tuyau 46	251	400	142,18	1,13	2,63	Tuyau 153	276	200	32	1,02	5,01
Tuyau 47	100	150	16	0,91	5,7	Tuyau 154	100	150	16	0,91	5,7
Tuyau 48	197	400	126,18	1	2,09	Tuyau 155	352	200	16	0,51	1,35
Tuyau 49	100	125	12	0,98	8,28	Tuyau 156	453	350	124	1,29	3,97
Tuyau 50	298	400	114,18	0,91	1,73	Tuyau 157	623	250	69	1,41	7,06
Tuyau 51	100	100	7	0,89	9,16	Tuyau 158	100	150	21	1,19	9,58
Tuyau 52	130	400	107,18	0,85	1,53	Tuyau 159	379	250	48	0,98	3,52
Tuyau 53	100	200	18	0,57	1,68	Tuyau 160	100	200	24	0,76	2,9
Tuyau 54	144	350	89,18	0,93	2,11	Tuyau 161	601	200	24	0,76	2,9

Tuyau 55	100	150	16	0,91	5,7	Tuyau 162	100	150	19,5	1,1	8,32
Tuyau 56	351	350	73,18	0,76	1,45	Tuyau 163	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 57	44	200	26,84	0,85	3,58	Tuyau 165	252	150	17	0,96	6,4
Tuyau 58	100	250	46,34	0,94	3,29	Tuyau 166	830	150	21	1,19	9,58
Tuyau 59	100	200	19,5	0,62	1,96	Tuyau 167	100	150	19,5	1,1	8,32
Tuyau 60	476	200	26,84	0,85	3,58	Tuyau 168	339	500	234,5	1,19	2,23
Tuyau 61	100	200	26,84	0,85	3,58	Tuyau 169	551	200	41,5	1,32	8,24
Tuyau 62	100	150	19,5	1,1	8,32	Tuyau 170	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 63	489	200	41	1,31	8,05	Tuyau 171	203	400	171	1,36	3,75
Tuyau 64	192	200	30	0,95	4,43	Tuyau 172	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 65	100	125	13	1,06	9,64	Tuyau 173	257	200	37,5	1,19	6,78
Tuyau 66	354	150	17	0,96	6,4	Tuyau 174	100	150	19,5	1,1	8,32
Tuyau 67	100	150	17	0,96	6,4	Tuyau 175	93	350	111,5	1,16	3,24
Tuyau 68	100	125	11	0,9	7,01	Tuyau 176	100	150	18	1,02	7,14
Tuyau 69	260	1000	904,3	1,15	0,9	Tuyau 179	476	300	93,5	1,32	5,03
Tuyau 70	100	200	24	0,76	2,9	Tuyau 180	100	150	17	0,96	6,4
Tuyau 71	533	1000	880,3	1,12	0,86	Tuyau 182	116	300	76,5	1,08	3,42
Tuyau 72	100	200	24	0,76	2,9	Tuyau 183	100	150	19,5	1,1	8,32
Tuyau 73	285	1000	856,3	1,09	0,81	Tuyau 184	59	250	57	1,16	4,89
Tuyau 74	100	150	21	1,19	9,58	Tuyau 185	100	150	18	1,02	7,14
Tuyau 75	100	200	29	0,92	4,15	Tuyau 186	506	200	39	1,24	7,31
Tuyau 76	348	500	253,6	1,29	2,59	Tuyau 187	100	200	17	0,54	1,51
Tuyau 77	100	150	22	1,24	10,48	Tuyau 188	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 78	763	300	99	1,4	5,62	Tuyau 189	100	200	29	0,92	4,15
Tuyau 79	100	150	17	0,96	6,4	Tuyau 190	445	200	29	0,92	4,15
Tuyau 80	412	300	82	1,16	3,91	Tuyau 191	100	150	19,5	1,1	8,32
Tuyau 81	100	150	18	1,02	7,14	Tuyau 192	454	250	48,5	0,99	3,59

Tuyau 82	734	125	10	0,81	5,85	Tuyau 193	100	200	24	0,76	2,9
Tuyau 83	100	125	10	0,81	5,85	Tuyau 194	100	200	29	0,92	4,15
Tuyau 84	867	250	54	1,1	4,41	Tuyau 195	265	300	101,5	1,44	5,89
Tuyau 85	100	150	18	1,02	7,14	Tuyau 196	100	150	17	0,96	6,4
Tuyau 86	157	200	36	1,15	6,27	Tuyau 197	256	350	118,5	1,23	3,64
Tuyau 87	100	125	13	1,06	9,64	Tuyau 198	100	200	25,6	0,81	3,27
Tuyau 88	128	150	23	1,3	11,41	Tuyau 199	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 89	100	125	13	1,06	9,64	Tuyau 200	303	400	166,1	1,32	3,54
Tuyau 91	477	350	132,6	1,38	4,51	Tuyau 201	100	150	18	1,02	7,14
Tuyau 92	100	150	22	1,24	10,48	Tuyau 202	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 93	153	350	110,6	1,15	3,18	Tuyau 203	352	200	35	1,11	5,94
Tuyau 94	100	200	30,5	0,97	4,57	Tuyau 204	100	150	22	1,24	10,48
Tuyau 95	100	125	11	0,9	7,01	Tuyau 205	151	125	13	1,06	9,64
Tuyau 96	147	250	69,1	1,41	7,08	Tuyau 206	100	125	13	1,06	9,64
Tuyau 97	100	125	10	0,81	5,85	Tuyau 207	100	125	10	0,81	5,85
Tuyau 98	147	250	59,1	1,2	5,24	Tuyau 208	436	500	241,1	1,23	2,35
Tuyau 99	100	150	14,6	0,83	4,79	Tuyau 210	100	200	21	0,67	2,25
Tuyau 100	111	250	44,5	0,91	3,05	Tuyau 211	349	800	619,7	1,23	1,34
Tuyau 101	100	125	13	1,06	9,64	Tuyau 212	118	800	598,7	1,19	1,26
Tuyau 102	292	200	31,5	1	4,86	Tuyau 213	651	250	45	0,92	3,11
Tuyau 103	100	125	12	0,98	8,28	Tuyau 214	100	150	17	0,96	6,4
Tuyau 104	100	125	11	0,9	7,01	Tuyau 215	533	150	18	1,02	7,14
Tuyau 105	292	100	8,5	1,08	13,26	Tuyau 216	273	250	55	1,12	4,57
Tuyau 106	480	800	552,7	1,1	1,08	Tuyau 217	347	200	38	1,21	6,95
Tuyau 107	100	150	21	1,19	9,58	Tuyau 218	67	250	58	1,18	5,06
Tuyau 108	100	200	34	1,08	5,62	Tuyau 219	100	125	12	0,98	8,28
Tuyau 109	100	200	29	0,92	4,15						

Tableau N°1 : classes proposées pour le pH (NISBET et VERNEAUX, 1970)

Composant	Classe	Appréciation
pH<5	1	Acidité forte, cours d'eau à substrat acide
5<pH<6	2	Acidité moyenne, cours d'eau à substrat acide
6<pH<7	3	Acidité faible, cours d'eau à substrat acide
7<pH<7,5	4	Neutralité approchée, majorité des eaux piscicoles région calcaires
7,5 <pH<8	5	Faible alcalinité
8<pH<9	6	Alcalinité moyenne, eau closes
pH >9	7	Alcalinité forte, eaux peu piscicoles ou valeurs passagères

Tableau N°2 : classes proposées pour la conductivité électrique (NISBET et VERNEAUX, 1970)

Conductivité électrique (µs/cm)	Classe	minéralisation	localisation
C<30	1	Extrêmement faible	
30<C<50	2	Très faible	Cours d'eau à substrat acide
50≤C<100	3	Faible	
100<C<200	4	Modérée	
200≤C<300	5	Assez forte	Région calcaire
300≤C<400	6	Forte	Région calcaire
400≤C<500	7	Très forte	
C≥500	8	Très forte à excessive	Eaux séléniteuses, eaux polluées

Tableau N°3 : classes proposées pour les chlorures (NISBET et VERNEAUX, 1970)

Composant	Classe	Appréciation
Cl<2	1	Eaux exemptes de pollution dans l'ordre du degré croissant de minéralisation
2<Cl<5	2	
5<Cl<10	3	
10<Cl<20	4	Région calcaire
20<Cl<50	5	Cours d'eau particulière, teneurs locales et eaux plus ou moins polluées
50<Cl<100	6	

Tableau N°4 : Classes proposées pour les nitrates (NISBET et VERNEAUX, 1970).

Nitrates NO ₃ ⁻ (mg/l)	Classe	Appréciation
[NO ₃ ⁻] <1	1	Eaux très peu productives, lacs oligotrophes
1 < [NO ₃ ⁻] <3	2	Eaux peu productives
3 < [NO ₃ ⁻] <5	3	Productivité moyenne
5 < [NO ₃ ⁻] <10	4	Forte productivité
10 < [NO ₃ ⁻] <15	5	Cours d'eau polluées
[NO ₃ ⁻] >15	6	Eaux nettement polluées ou très eutrophes

Tableau N°5 : Classes proposées pour l'alcalinité totale (NISBET et VERNEAUX, 1970).

Composant T:HCO ₃ (mg/l)	Classe	Appréciation
T<25	1	Région à substrat acide, alcalinité excessivement faible, eaux très peu productives
25<T<50	2	Substrat acide, alcalinité très faible, eaux douces peu productives
50<T<100	3	Alcalinité faible, bordures des massifs cristallins
100<T<150	4	Alcalinité moyenne, eaux très productives, régions calcaires
150<T<250	5	
250<T<350	6	Forte alcalinité, eaux polluées
T>350	7	Très forte alcalinité, eaux polluées

Tableau N°6 : Classes proposées pour les sulfates (NISBET et VERNEAUX, 1970).

Composant [SO ₄ ⁻²]-mg/l)	Classe	Appréciation
[SO ₄ ⁻²] <10	1	Situation normale
10< [SO ₄ ⁻²] <20	2	
20< [SO ₄ ⁻²] <40	3	Situation particulière: eaux polluées ou séléniteuses
40< [SO ₄ ⁻²] <60	4	
60< [SO ₄ ⁻²] <120	5	
120< [SO ₄ ⁻²] <250	6	Limite de potabilité, eaux très séléniteuses ou fortement polluées
[SO ₄ ⁻²] >250	7	