



**Département des Sciences de la Terre
Licences es Sciences et Techniques
Eau et Environnement**

**LA MATIERE EN SUSPENSION ET SON IMPACT SUR
LES SYSTEMES D'IRRIGATION LOCALISEE :
CAS DU BASSIN 520 ET LES DEUX NOUVEAUX
BASSINS DE DECANTATION REALISES PAR
L'ORMVAH.**

Réalisé par:

AGLI SALOUA et TAOURIRT AICHA

Soutenu: Le 09 Juin 2016, devant le jury composé de :

Mr. BENKADDOUR : Encadrant, FST- Marrakech.

Mr. MORENO : Encadrant, ORMVAH - Organisme d'accueil

Mr. EL AMARI : Examinateur, FST- Marrakech.

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2015-2016

Dédicace :

*Nous dédions cet humble travail avec grand amour,
sincérité et fierté :*

*A nos chers parents, sources de tendresse, de noblesse et
d'affection.*

*A nos frères et sœurs, en témoignage de la fraternité, avec
nos souhaits de bonheur, de santé et de succès.
Et à tous les membres de nos familles.*

*A tous nos ami(e)s, à tous nos professeurs et à tout qui
compulse ce modeste travail.*

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos reconnaissances à toutes les personnes qui nous a permis de mener à bien ce travail.

Nos vifs et sincères reconnaissances s'adressent à **Mr. BENKADDOUR Abdelfattah**, professeur à la FST Marrakech, pour son encadrement pédagogique très consistant ainsi que pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de notre travail, pour ses conseils efficents, ses judicieuses directives et pour les moyens qu'il a mis à notre disposition pour la réussite de ce travail tout au long de notre période de projet.

Un grand merci à **Mr. MORENO Abdsamad**, ingénieur pédologue et directeur du Laboratoire, pour nous avoir donné l'opportunité de passer ce stage dans les meilleures conditions de professionnalisme, matérielles et morales, et pour ses directives et conduites dont il nous 'avait épargné à chaque fois qu'il était sollicité.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble du personnel de l'ORMVAH et Mr **BAYOUZ, Mr HADIRI, Mr SGHIR**, et dans le centre de gestion et télé-contrôle **Mr ELKHELLOUFI**, pour l'intérêt et les efforts qu'ils ont déployés pour nous garantir une meilleure formation.

Nos remerciements vont à tous les enseignants du département de la géologie de la FSTg.

Enfin, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

RESUME :

Le développement économique du Haouz est basé essentiellement sur l'agriculture qui nécessite une importante quantité des eaux d'irrigation. Sous un climat semi-aride qui se caractérise par une pluviométrie faible, des températures élevées et une évapotranspiration forte, ces eaux sont devenues de plus en plus insuffisantes pour satisfaire les besoins agricoles. Dans la perspective d'économiser les ressources de l'eau et d'améliorer l'agriculture, la région du Haouz est inscrite dans le programme d'économie d'eau d'irrigation PNEEI qui consiste à la conversion des systèmes gravitaires aux systèmes localisés. Parmi les problèmes rencontrés par ce programme, on cite la matière en suspension qui cause le colmatage des systèmes d'irrigation qui engendre des conséquences néfastes sur les sols et sur le rendement agricole.

Abstract:

The economic development of Haouz is mainly based on agriculture that requires a significant quantity of irrigation water. In semi-arid climate characterized by low rainfall, high temperatures and high evapotranspiration, these waters have become increasingly insufficient to meet agricultural needs. In order to save water resources and improve agriculture efficiency, Haouz region is developing the PNEEI program which involves the conversion of gravitational systems to localized systems. The suspended matter is one of main problems facing this programme, it causes clogging of irrigation systems and generates negative effects on soils and agricultural yield.

Mots clés : Haouz, PNEEI, systèmes localisés, matière en suspension.

Sommaire :

Introduction :	7
Chapitre I : Cadre général	8
I- Plaine du Haouz :	8
1- Contexte géologique :	9
2- Climat du Haouz :.....	9
3- Périmètres et réseaux d'irrigation du Haouz :	10
II- Problématique de la matière en suspension dans la rive droite du N'Fis :	12
1- Rive droite du N'Fis :	13
2- Impact de la matière en suspension :	18
III- Programme national d'économie d'eau d'irrigation :.....	19
1- Irrigation gravitaire :.....	21
2- Irrigation goutte à goutte :	21
Chapitre II : Méthodologie du travail :.....	23
I- Echantillonnage :.....	23
II- Analyses physico-chimiques :	25
1- Température :	25
2- Conductivité électrique :.....	25
3- Potentiel d'hydrogène pH :.....	26
4- Alcalinité de l'eau :	26
5- Chlorure :.....	27
6- Dureté :	27
7- Turbidité :	29
8- Matière en suspension :	29
Chapitre III : Résultats et discussions :	31
1- Température :	31
2- Conductivité électrique :	32
3- Potentiel d'hydrogène :	33
4- Alcalinité de l'eau :	33
5- Chlorure :.....	34
6- Dureté :	35
7- Matière en suspension et turbidité :.....	36

Liste des figures :

Figure 1 : Plaine du Haouz (ORMVAH, 2015).	8
Figure 2 : Moyennes mensuelles de l'évapotranspiration et de la température durant la période de 2008 à 2015.	9
Figure 3 : Moyennes mensuelles de la pluviométrie durant la période 2008/2015.....	10
Figure 4 : Répartition des ressources en eau dans les périmètres du Haouz (ORMVAH).	11
Figure 5 : Présentation des secteurs du N'Fis (ORMVAH).	13
Figure 6 : Répartition des eaux d'irrigation de la rive droite du N'Fis.	14
Figure 7 : Evolution de la teneur moyenne mensuelle de la matière en suspension de 2004 jusqu'à 2009 (ORMVAH).	15
Figure 9 : Bassin de décantation réalisé à la fin de l'année 2015 (05/05/ 2016).	16
Figure 8 : Grille à l'entrée du bassin de décantation (05/05/2016).....	16
Figure 11 : Bassin 520 d'accumulation (05/ 05/2016).	17
Figure 10 : Canal de dérivation (05/05/2016).	17
Figure 12 : Coupe transversale du bassin 520.....	17
Figure 13 : Sites des prélèvements des eaux effectués.....	23
Figure 14 : Evolution de la température dans les sites des prélèvements.	31
Figure 15 : Evolution de la conductivité dans les échantillons prélevés.....	32
Figure 16 : Evolution de la teneur en bicarbonates dans les eaux prélevées du régulateur 6 du canal de rocade jusqu'aux conduites P3 et P4.....	34
Figure 17 : Evolution des chlorures du régulateur 6 du canal de rocade jusqu'aux conduites P3 et P4.....	35
Figure 18 : Evolution de la dureté des eaux prélevées du régulateur 6 du canal de rocade jusqu' aux conduites P3 et P4.....	36
Figure 19 : Evolution de la matière en suspension et de la turbidité mesurées dans les eaux prélevées.....	37
Figure 20 : Evolution de la matière en suspension dans le bassin de décantation.	38

Introduction :

L'agriculture représente le moteur du développement du pays et surtout au niveau du périmètre irrigué N'Fis qui est connu comme l'un des plus grands périmètres du royaume, ce qui augmente la consommation de l'eau d'irrigation. En climat semi-aride, les ressources en eau sont de plus en plus limitées. Alors dans le but d'améliorer le secteur d'agriculture et d'économiser l'eau, l'office régional de mise en valeur agricole du Haouz (ORMVAH) a développé les techniques de l'irrigation en reconvertisant les systèmes gravitaires en systèmes de goutte à goutte. Ces systèmes sont précis et économiques car ils distribuent la juste quantité de l'eau nécessaire aux plantes sans grande perte. Mais, parmi ses inconvénients on trouve le colmatage qui est causé essentiellement par la charge solide contenue dans l'eau.

L'eau d'irrigation de nombreux secteurs du Haouz et précisément les secteurs du périmètre N'Fis (N1-2, N1-3, N2 et N3) est d'origine du bassin d'accumulation 520 qui est alimenté par le canal de rocade. Cette eau transportée par le canal est très riche en matière en suspension. Dans le but de la diminuer, l'ORMVAH a créé un bassin de décantation juste avant le bassin 520 puis un équipement de pré-filtration à la sortie de ce dernier (Figure 6). Et dans le but d'améliorer la qualité de cette eau pré-filtrée, l'office a créé une station de filtration juste après le bassin 520.

L'objectif de la construction de ces bassins est de diminuer le taux de la matière en suspension pour avoir possibilité la d'installer les réseaux des systèmes d'irrigation goutte à goutte et garantir leur bon fonctionnement et aussi pour prolonger leur durée de vie.

Cette étude est basée sur les mesures de la teneur en matière en suspension dans le bassin de décantation et le bassin 520 d'accumulation afin d'évaluer leur efficacité de réduire le taux de la charge solide, pour étudier la possibilité d'installer les systèmes d'irrigation goutte à goutte et par conséquence d'éviter l'endommagement des distributeurs des systèmes de micro- irrigation par le colmatage. Ainsi d'étudier la qualité chimique de l'eau, pour mesurer les paramètres qui favorisent de plus en plus le colmatage des goutteurs.

Chapitre I : Cadre général

L’office régional de mise en valeur agricole est inscrit dans le programme national de l’économie des eaux d’irrigation (PNEEI) pour améliorer le secteur agricole de la plaine du Haouz et économiser l’eau d’irrigation en adaptant le projet de la conversion des systèmes gravitaire en goutte à goutte. Dans ce but notre étude a été réalisée dans la plaine du Haouz et précisément la rive droite du N’Fis.

I- Plaine du Haouz :

La plaine du Haouz est située à l'intérieur du Maroc, entre le Haut Atlas au sud et le petit massif des Jebilet au nord ; elle couvre 6 000 kilomètres carrés.

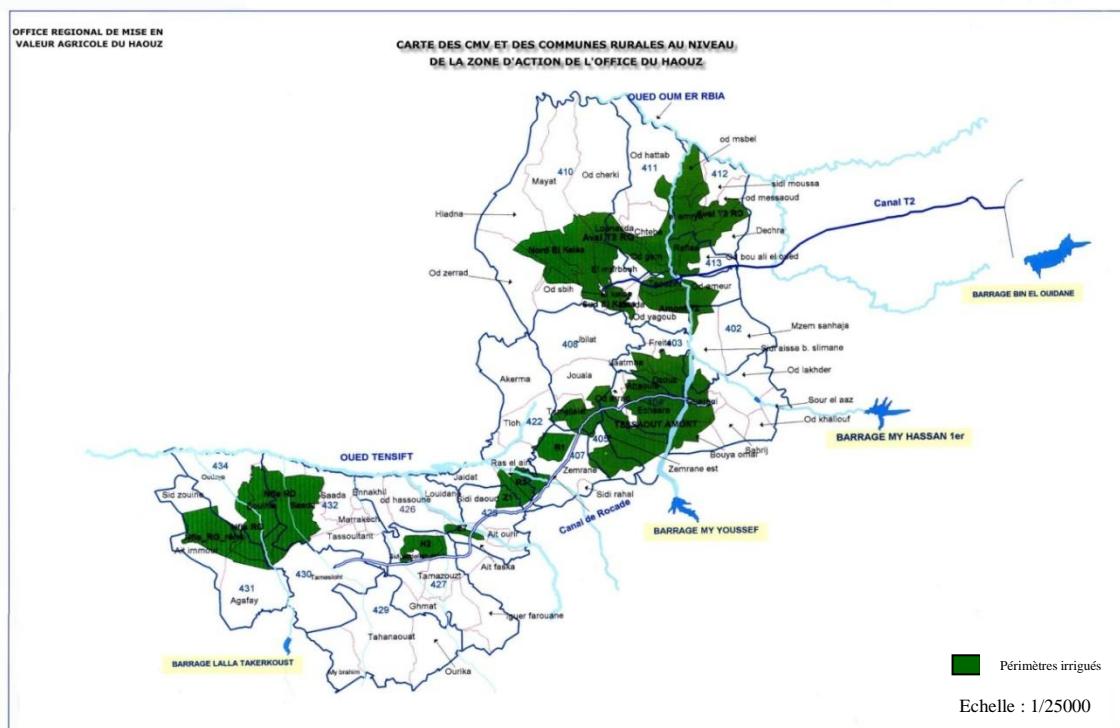


Figure 1 : Plaine du Haouz (ORMVAH, 2015).

1- Contexte géologique :

La plaine du Haouz représente un vaste bassin d'effondrement, situé entre les Jbellets au Nord et le Haut Atlas au Sud.

La plaine est constituée par un socle d'âge primaire où des formations schisteuses et quartzitiques apparaissent le long d'Oued Tensift et qui sont suivies par des formations jurassique (Silt-argileuse et calcaire-marneuses). Sur ces formations jurassiques se déposent des marnes gréuses et des conglomérats qui sont cimentés d'âge Miocène. Toutes ces formations sont recouvertes ensuite par des formations quaternaires ; Argile, conglomérat, calcaire avec des marnes et limons ; qui résultent de l'érosion de la chaîne Atlasique.

2- Climat du Haouz :

Le climat du Haouz est un climat chaud et sec de type continental, classé aride à semi-aride.

2-1- Température et évapotranspiration :

Dans un climat chaud et sec, la température est très élevée ce qui favorise de plus en plus l'évapotranspiration.

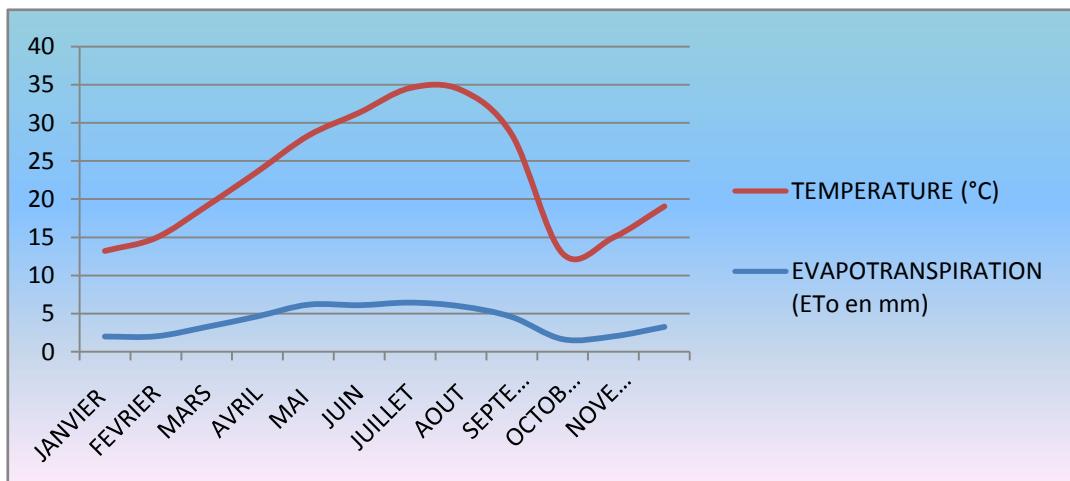


Figure 2 : Moyennes mensuelles de l'évapotranspiration et de la température durant la période de 2008 à 2015.

2-2- Pluviométrie :

Dans un climat semi aride, la pluviométrie est faible et caractérisée par une grande variabilité temporelle.

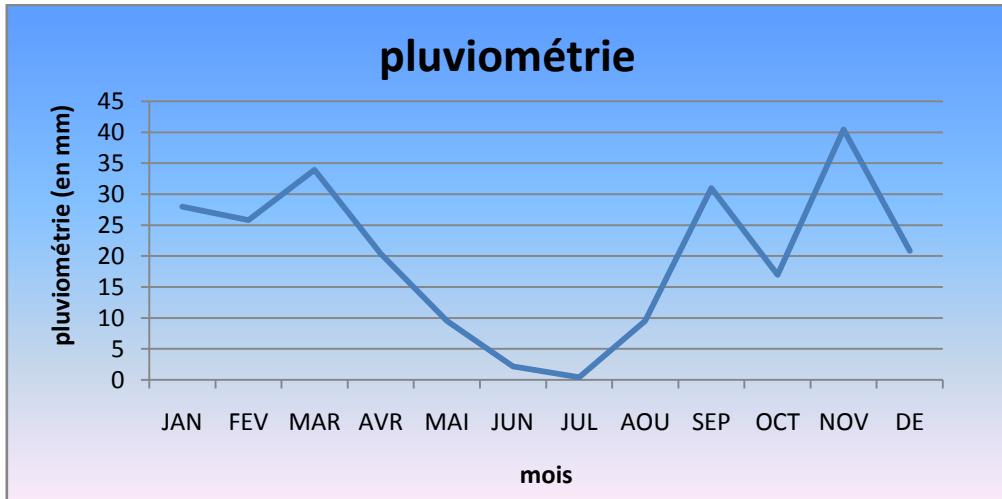


Figure 3 : Moyennes mensuelles de la pluviométrie durant la période 2008/2015.

D'après le diagramme, la pluviométrie varie entre une valeur minimale de 0.41 mm en juillet et une valeur maximale de 40,45 en Novembre. Avec une valeur de 221.62 mm/an en moyenne. Les précipitations sont faibles et cela influence la quantité des eaux, ce qui va provoquer un stress hydrique dans la région.

3- Pérимètres et réseaux d'irrigation du Haouz :

Avec un climat semi-aride et la succession des années de sécheresse, à cause de la faible pluviométrie (221.62 mm/an en moyenne) et la forte évaporation (2300mm/an), il faut une bonne gestion des ressources en eaux pour satisfaire les besoins en irrigation des trois pérимètres du Haouz (Tessaout aval, Tessaout amont et Haouz central).

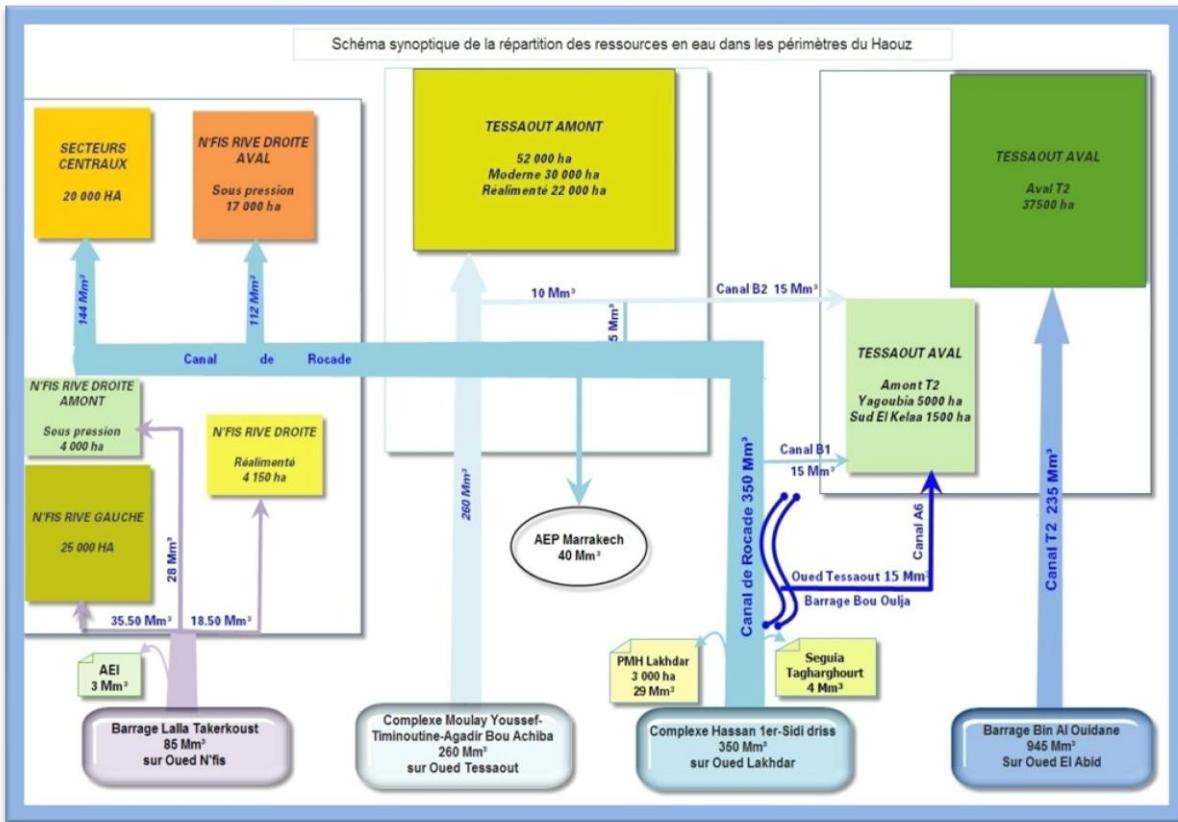


Figure 4 : Répartition des ressources en eau dans les périmètres du Haouz (ORMVAH).

D'après la figure 4 les ressources en eau sont réparties selon les périmètres suivants :

- **Tessaout Aval** : Couvre une superficie d'environ 70 000 ha, dont 44 000 ha est la superficie irriguée. Elle comporte deux zones :
 - Une zone située à l'aval du canal T2 et qui couvre 37500 ha. Elle est alimentée par le canal T2 qui transporte $235 \text{ Mm}^3/\text{an}$ du barrage bin Al Ouidane.
 - Une zone située à l'amont du canal T2 avec une superficie de 6 500 ha subdivisée en deux : Yagoubia (5000 ha) et Sud El Kelaa (1500 ha). Cette zone est irriguée à l'aide de trois canaux :
 - o Canal A6 ; qui prend naissance du Barrage Bou Oulja,
 - o Canal B1 ; c'est un canal secondaire qui transporte $15 \text{ Mm}^3/\text{an}$ et qui s'alimente par le canal de Rocade,
 - o Canal B2 ; qui transporte $15 \text{ Mm}^3/\text{an}$ du canal de Rocade.
- **Tessaout Amont** avec une superficie de 52 000 ha dont laquelle on distingue deux secteurs ; le secteur moderne de 30 000 ha et le secteur réalimenté de 22 000 ha. L'eau de l'irrigation provient du Complexe Moulay Youssef ($260 \text{ Mm}^3/\text{an}$) et du canal de rocade ($10 \text{ Mm}^3/\text{an}$).

- **Haouz central**, d'une superficie de 50 000 ha il comporte :
 - Secteurs centraux (20 000 ha) ; sont alimentés essentiellement par le canal de Rocade (144 Mm³/an) qui prend source du complexe Hassan I – Sidi Driss (350 Mm³/an).
 - Périmètre N'Fis ; qui s'étend sur une superficie de 4120 ha et qui est composé par :
 - N'Fis rive droite, représente environ 25150 ha composée par six secteurs (N1-1, N1-2, N1-3, N1-4, N2 et N3), dont :
 - 4150 ha situé, à N'Fis rive droite réalimenté, alimenté principalement par le barrage de Lalla Takerkoust (18.50 Mm³/an).
 - 21 000 ha à un système de sous pression, où 17 000 ha dans la partie N'Fis rive droite amont alimentée par un canal qui transport 112 m³/an du barrage Lalla Takerkoust et 4000 ha à l'aval irriguée à partir du canal de Rocade (112 Mm³/an).
 - N'Fis rive gauche qui couvre 25 000 ha et qui est alimenté par le barrage Lalla Takerkoust (35.50 Mm³/s).

II- Problématique de la matière en suspension dans la rive droite du N'Fis :

Le périmètre irrigué du N'Fis est l'un des grands périmètres avec une superficie de 4120 ha. Il est subdivisé en deux parties : N'Fis rive droite et N'Fis rive gauche.

Les bassins sur lesquels on a effectué notre étude se situent dans la rive droite du N'Fis et fournissent l'eau d'irrigation pour les secteurs N1-2, N1-3, N2 et N3.

1- Rive droite du N'Fis :

Pour l'irrigation des secteurs N1-3, N1-2, N2 et N3, l'ORMVAH a réalisé des bassins qui sont alimentés par le canal de rocade.

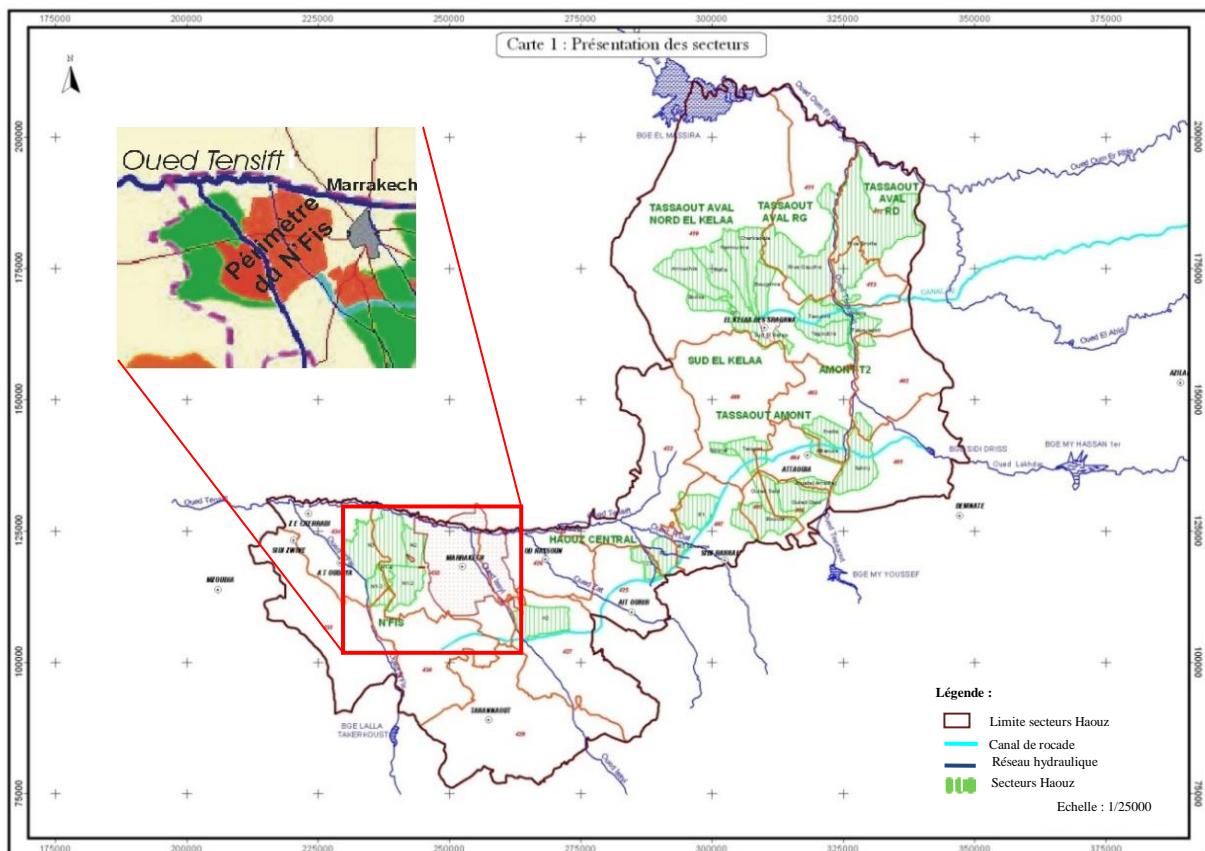


Figure 5 : Présentation des secteurs du N'Fis (ORMVAH).

Pour la distribution de l'eau de l'irrigation dans les secteurs (N1-2, N1-3, N2 et N3) de la rive droite du N'Fis, l'ORMVAH a créé un bassin de décantation et un bassin d'accumulation.

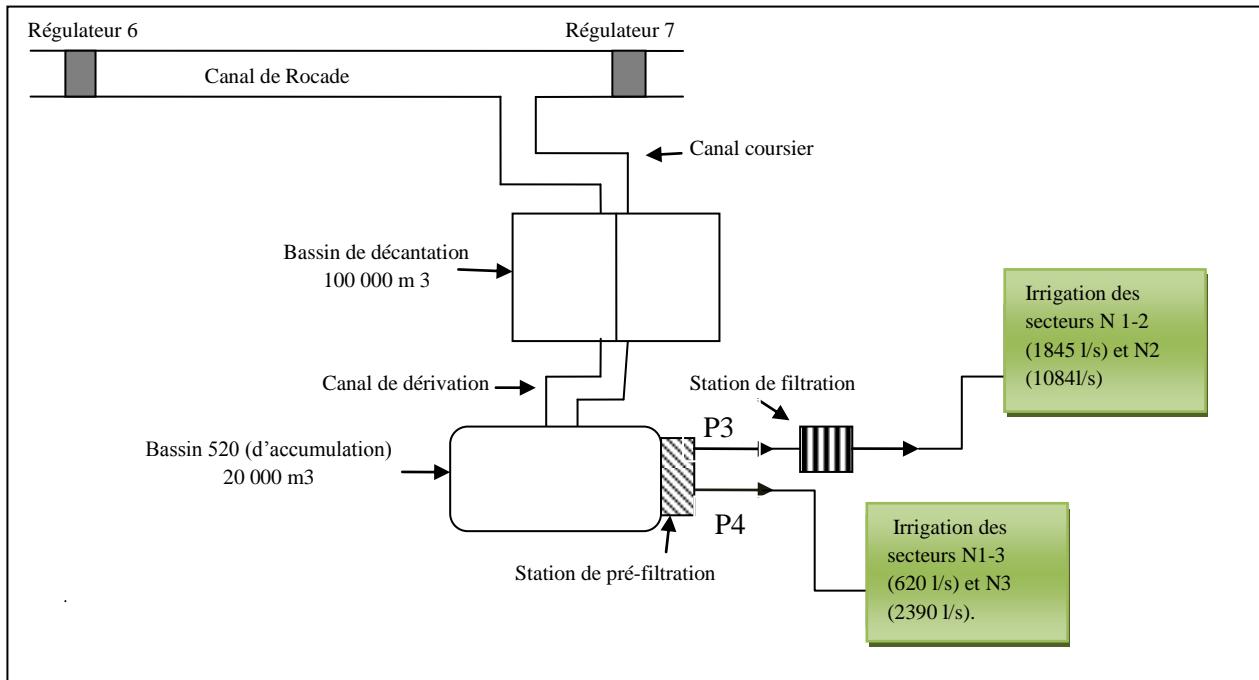


Figure 6 : Répartition des eaux d'irrigation de la rive droite du N'Fis.

L'eau qui sert à l'irrigation des secteurs de la rive droite du N'fis est d'origine du complexe Hassan I qui est construit en 1982-1986, mis en service en 1986 et qui constitue une pièce maîtresse du plan d'aménagement hydro-agricole du Haouz. Le transport de l'eau du barrage vers la plaine du Haouz est assuré par le canal de Rocade. Pour assurer l'irrigation de la rive droite du N'Fis, l'eau du canal de Rocade est transportée vers le bassin de décantation à l'aide d'un canal coursier puis vers le bassin 520 d'accumulation à l'aide d'un canal de dérivation. Après la pré-filtration de l'eau à la sortie du bassin 520, elle se dirige vers les conduites P3 et P4. La conduite P4 assure l'irrigation des secteurs N1-3 et N3, par contre la conduite P3 amène l'eau vers une station de filtration avant qu'elle irrigue les secteurs N1-2 et N2.

1-1- Canal de Rocade

Le canal de rocade est situé à 15 km sud de Marrakech. Mis en service en 1985, il assure le transport de 300 million de m³ de l'eau avec un débit de 20 m³/s. L'eau transportée vers la plaine centrale du Haouz est d'origine du barrage Hassan I situé au Beni Mellal. Il a une forme trapézoïdale avec une longueur de 118.657 Km et une largeur du radier de 3 à 3.5 m, dont sa pente longitudinale est de 0.25 %.

La profondeur totale du canal est de 2.40m à 3.55m ainsi que la vitesse de l'eau à débit max est de l'ordre de 0.80 m/s. Il est décomposé en sept biefs à l'aval, de chacun d'eux est implanté un régulateur.

L'eau du canal sert essentiellement à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech. Cette eau véhiculée au long du canal de rocade est très chargées en matière en suspension.

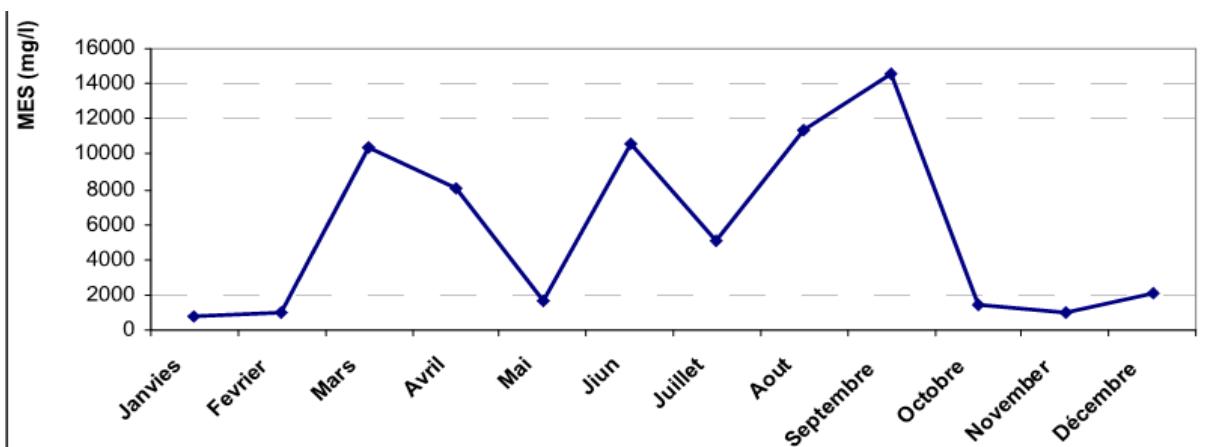


Figure 7 : Evolution de la teneur moyenne mensuelle de la matière en suspension de 2004 jusqu'à 2009 (ORMVAH).

D'après le diagramme de la figure 7, la matière en suspension dépasse 14 g/l dans les périodes de crues (mois Mars, Juin, d'août et mois d'octobre) par contre dans les périodes normales, la MES mesurée ne dépasse pas 5 g/l.

Dans le but d'améliorer l'eau d'irrigation transportée par le canal de rocade en diminuant sa teneur en MES, L'ORMVAH a créé un bassin de décantation.

1-2- Bassin de décantation :

A l'aide d'un canal coursier l'eau est véhiculée du canal de Rocade vers le bassin de décantation (figure8). Ce bassin a une capacité de 100 000 m³, avec une longueur de 234 m et une largeur de 64m en bas du bassin et de 74 m en haut. La vitesse d'écoulement de l'eau est de 20 m/s. A l'entrée du bassin se trouve une grille pour éliminer les déchets grossiers et non solubles (figure 9) et un déversoir qui permettra à la couche d'eau, qui se trouve à la partie supérieure du bassin, de passer vers la suite des ouvrages.



Figure 8 : Grille à l'entrée du bassin de décantation (05/05/2016).



Figure 9 : Bassin de décantation réalisé à la fin de l'année 2015 (05/05/ 2016).

Le but de la création de ce bassin est d'éliminer les particules en suspension par décantation. La surface de décantation est de 30722 m² et son temps de la décantation de la charge solide est d'environ 3.56 heure

Le bassin de décantation se compose en deux compartiments qui jouent deux rôles, la régulation et la décantation.

1-3- Bassin 520 d'accumulation :

Le bassin d'accumulation (bassin 520) est alimenté du bassin de décantation à l'aide d'un canal de dérivation qui transport l'eau avec un débit de 6 m³/s.

Le bassin 520 a une capacité de stockage de l'ordre de 20 000 m³ et une profondeur totale de 3m.



Figure 11 : Bassin 520 d'accumulation
(05/ 05/2016).

Figure 10 : Canal de dérivation
(05/05/2016).

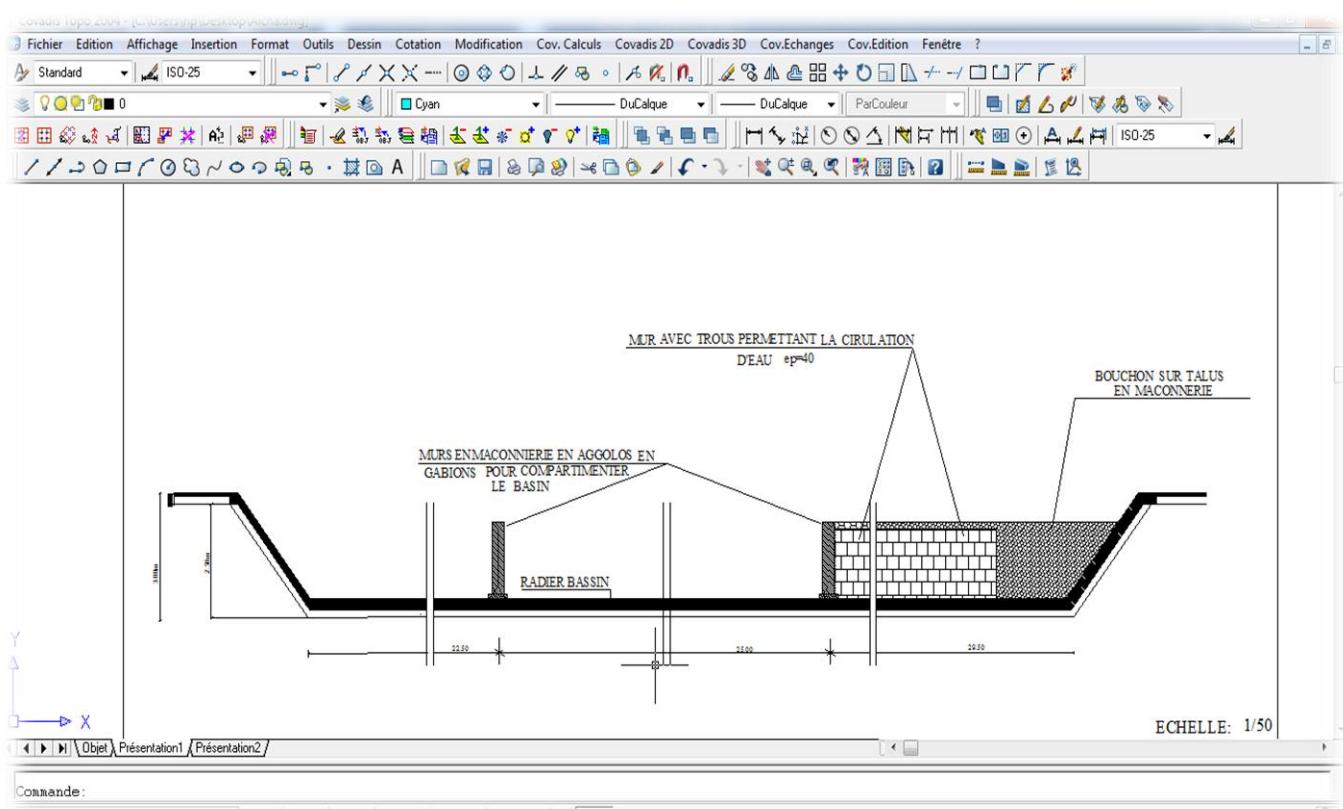


Figure 12 : Coupe transversale du bassin 520.

Après l'entrée de l'eau au bassin 520, elle circule entre les deux murs présentés dans la figure13 qui sert à diminuer la vitesse de l'eau pour favoriser la décantation. Et à la sortie, un équipement de pré-filtration est installé, composé d'un filtre statique et un filtre rotatifs pour éliminer les déchets volumineux.

1-4- Station de filtration :

Après la sortie des eaux pré filtrées du bassin 520 dans les conduites P3 et P4, l'eau de P3 se dirige vers la station de filtration afin d'améliorer sa qualité, par contre l'eau de la conduite P4 est utilisé directement après la pré-filtration.

Le type de la filtration employée à cette station est un filtre à tamis qui élimine toutes les particules ayant un diamètre supérieur à 130 microns.

2- Impact de la matière en suspension :

La charge solide ou la matière en suspension (MES) est la matière non dissociée dans l'eau, qu'on peut la considérer comme l'un des grands problèmes rencontrés soit pour les constructions hydraulique soit pour l'agriculture. Elle est essentiellement causée par l'érosion rapide des sols qui est le plus en plus favorisée par le climat semi-aride et les précipitations irrégulières qui s'abattent sur les sols et les rendent fragiles et dénudés ce qui facilite leur érosion. Les débris qui résultent de l'érosion, sont ensuite transportés par les courants d'eau en grands quantités.

- Conséquences de la matière en suspension sur l'agriculture et sur les systèmes d'irrigation :**

Quand la matière en suspension est très importante dans l'eau d'irrigation, elle s'accumule à la surface du sol la porosité diminue peu à peu. Dès que le sol se sèche, la croute de battance se forme. Cette croute diminue l'infiltration de l'eau ce qui diminue la croissance de la végétation.

La MES provoque le colmatage des goutteurs des réseaux d'irrigation goutte à goutte et des pompes pour les systèmes gravitaire.

- **Conséquences de la matière en suspension sur les constructions hydraulique :**

Lors de la diminution de la vitesse la matière solide se décante et provoque le phénomène de l'envasement qui réduit la capacité du stockage des constructions hydraulique et facilite le développement de la végétation indésirable.

D'après les études précédentes le taux d'envasement annuel au Haouz central est de 50 Mm³ à 60Mm³ ce qui provoque la perte de 10 % de la capacité du stockage.

Elimination de l'envasement se fait par le curage par pelle mécanique qui est adopté depuis les années 1989. Après l'évacuation de la boue de l'intérieur des bassins et des canaux par la pelle mécanique, la boue se transporte par des camions à bennes vers les oueds les plus proche où elle se dépose.

Le curage se fait annuellement, dans le canal, la quantité éliminée de la boue est de 50 080 m³ pour le canal de Rocade et de 4 050 m pour le bassin 520 d'accumulation.

Parmi les inconvénients du curage on trouve :

- Le montant très élevé de l'opération est de 923 707 dh/an en moyenne.
- Le curage s'effectue en présence de l'eau dans le bassin ou dans le canal, ce qui remet en suspension les sédiments fins déjà décantés qui se transportent ensuite vers l'aval et rende la qualité de l'eau de l'irrigation mauvaise.

III- Programme national d'économie d'eau d'irrigation :

L'irrigation dans le périmètre du N'fis, comme l'un des plus grands périmètres au royaume, nécessite une quantité en eau importante et surtout avec le système de l'irrigation gravitaire. Alors dont le but d'économiser l'eau et valoriser l'agriculture, l'ORMVAH a adopté un programme national d'économie d'eau d'irrigation (PNEEI). Ce programme s'inscrit dans le cadre du Plan Maroc Vert 2008-2022. Il a pour objectif de préserver les ressources limitées en eau d'irrigation et d'accroître la valeur ajoutée de l'agriculture marocaine, Le projet contribuera à l'objectif général du Plan Maroc Vert qui consiste à développer une agriculture plus productive et à haute valeur ajoutée tout en assurant une gestion efficace et durable des ressources en eau, Ainsi que d'aider les agriculteurs participant au projet à utiliser l'eau d'irrigation de manière plus efficace et durable en vue d'atténuer les effets actuels et attendus de la raréfaction des ressources en eau.

Pour réaliser ces objectifs, le PNEEI portera sur la réalisation d'un ensemble d'activités sur une période de quinze années Ces activités ont été regroupées en 5 composantes qui sont :

- ✓ Modernisation collective ;
- ✓ Modernisation individuelle ;
- ✓ la valorisation de l'eau d'irrigation, pour améliorer l'accès des agriculteurs ciblés à la technologie ;
- ✓ Renforcement des institutions et des capacités ;
- ✓ Mesures d'accompagnement.

Parmi les risques que rencontre le programme on trouve :

- **Les risques naturels** : sont causés par les apports d'eau de plus en plus réduits aux barrages.
- **Les risques institutionnels** : pourraient provenir du manque de coordination et de concertation entre les différentes institutions de l'Etat, ainsi que la faiblesse des associations représentant les agriculteurs et les irrigants (AUEA).
- **Les risques financiers** : proviendraient des agriculteurs qui n'arriveraient pas à suivre le rythme des financements exigés par le passage à l'agriculture très intensive et moderne comme c'est le cas en irrigation localisée.
- **Les risques techniques** : concerteraient l'extension des superficies irriguées et l'accroissement de la consommation globale de l'eau.
- **Les risques commerciaux** : concernant la non disponibilité sur le marché des équipements adéquats et désirés d'irrigation avec propagation d'un mauvais matériel d'irrigation et le manque de débouchés pour les projections.

Les activités d'aménagement de ce programme se basent principalement sur la conversion de l'irrigation gravitaire qui est adaptée dans le périmètre à une irrigation localisée (Système de gouttes à gouttes). Ces conversions comprennent deux sortes :

- Conversion collective ; Il s'agit d'une modernisation du réseau d'irrigation gravitaire en réseau localisé. Cette conversion sera réalisée par l'état.

- Conversion individuelle ; elle sera réalisée par les agriculteurs eux-mêmes, l'état aura comme rôle de réunir toutes les conditions pour permettre sa réalisation par les agriculteurs.

1- Irrigation gravitaire :

La technique de l'irrigation gravitaire consiste à arroser les cultures en faisant ruisseler l'eau à la surface du sol qui se fait selon la pente naturelle du sol. Ce système consiste en un canal à ciel ouvert, qui apporte l'eau par gravité à des canaux de plus en plus petits venant irriguer les parcelles cultivées.

Le coût de construction d'un réseau gravitaire est 3 à 4 fois plus faible que celui d'un système localisé et il n'y a pas ou peu de consommation d'énergie. En contre partie l'efficacité de ces réseaux est faible, le plus souvent inférieure à 30% alors qu'on atteint facilement 80 à 90% sur les réseaux localisés. En outre, ils nécessitent une main d'œuvre abondante.

2- Irrigation goutte à goutte :

Le système goutte-à-goutte appelé aussi micro-irrigation, consiste en un système de basse pression (0.5 à 2 bars) précis et économique qui distribue la juste quantité d'eau aux plantes. Cette méthode est utilisée en zone aride pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau en irrigation,

En micro irrigation, l'eau est diffusée par quatre types d'émetteurs différents : les goutteurs, les micro-jets, les micro-asperseurs et le diffuseur.

○ Avantages de l'irrigation goutte à goutte :

- Elimination du gaspillage en eau sur la périphérie de la parcelle irriguée ;
- Adaptation aux conditions topographiques et aux sols difficiles ;
- Insensibilité au vent ;

- Faibles besoins en énergie, en raison de la faible pression, la consommation en énergie du goutte-à-goutte est beaucoup plus faible

- **Inconvénients :**

- Accumulation de sel au-dessus des goutteurs ;
 - Coût initiaux élevés ;
 - Travail important de préparation du sol et de pose du matériel ;
 - Risque de colmatage ;
 - Nécessité d'une station de filtration.

Chapitre II : Méthodologie du travail :

Dans le cadre de ce stage, on a réalisé une sortie au terrain pour échantillonner l'eau pour mesurer les paramètres physiques (matière en suspension, turbidité,...etc.) et chimiques (alcalinité, dureté,...etc.).

I- Echantillonnage :

La sortie a été réalisée le 05 Mai au cours de laquelle on a prélevé 22 échantillons de l'eau de surface depuis le régulateur R6 du canal de rocade jusqu'aux conduites situées à la sortie du bassin 520 d'accumulation.

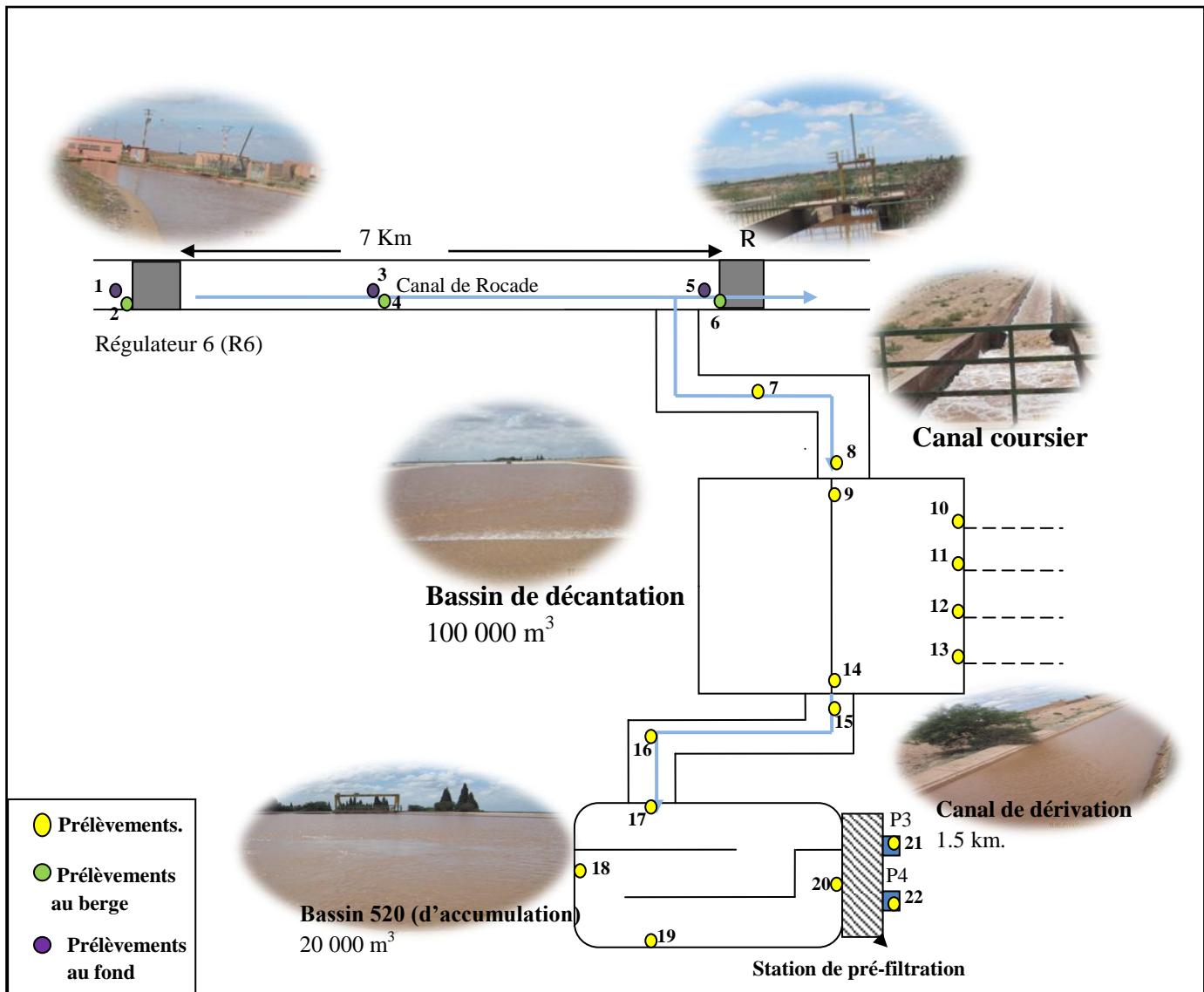


Figure 13 : Sites des prélèvements des eaux effectués.

NB : Notre sortie sur terrain à été programmée dans la période du curage.

Tableau 1 : Sites des prélèvements effectués.

SITE DU PRELEVEMENT		Heure du prélèvement
1 2 3 4 5 6	Régulateur R6 fond	11h20
	Régulateur R6 berge	11h37
	Après 3 km du R6 Fond	12h10
	Après 3 km du R6 Berge	12h15
	Régulateur 7 fond	12h46
	Régulateur 7 berge	12h50
7	Canal coursier après 3.5 km du R7	13h12
8 9 10 11 12 13 14 15	Avant l'entrée	13h28
	Après l'entrée	13h31
	Après 50 m de l'entrée	13h52
	Après 100 m de l'entrée	13h56
	Après 150 m	14h02
	Après 220 m	14h06
	Avant la sortie	14h15
	Après la sortie	14h30
16	Canal de dérivation	14h35
17 18 19 20	L'entrée au bassin	14h40
	Après le mur 1	14h48
	Après le mur 2	14h55
	Sortie du bassin	14h59
21	Conduite P3	15h01
22	Conduite P4	15h05

Notre campagne d'échantillonnage a été effectuée dans plusieurs sites : le canal de rocade, canal coursier, bassin de décantation, canal de dérivation, bassin de décantation et dans les conduites P3 et P4.

Dans le canal de rocade, on a prélevé des échantillons aux berges et au fond dans le régulateur R6, après 3.5km de R6 et dans le R7. Puis on a échantillonné l'eau du canal coursier (après 3.5km du R7) et du canal de dérivation.

Pour étudier l'évolution de la matière en suspension dans le bassin de décantation et d'accumulation (520) afin d'évaluer leur efficacité de réduire le taux de la MES, on a effectué des prélèvements au long des bassins. Après avoir prélevé d'eau à la sortie du bassin 520, on a échantillonné l'eau pré-filtrée au niveau des deux conduites P3 et P4.

II- Analyses physico-chimiques :

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de l'état chimique de l'eau.

1- Température :

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.

Méthodes de mesure :

La température doit être mesurée in-situ à l'aide d'un thermomètre.

2- Conductivité électrique :

La conductivité électrique est la capacité avec laquelle se fait le passage du courant électrique. Ce transport des charges se fait principalement par les ions contenus dans l'eau. Alors la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau et par suite donner une idée sur la minéralisation totale d'une eau.

Méthodes de mesure :

Pour mesurer la conductivité à l'aide d'un conductivimètre, on commence par l'étalonnage de l'appareil à l'aide d'une solution standard de 0,1N, dont la conductivité est de l'ordre de celle que l'on se propose de mesurer. Puis on a mesuré la conductivité des échantillons proposés (en $\mu\text{S}/\text{cm}$), et tous les résultats mesurés au laboratoire seront relatifs à la température ambiante 25°C.

3- Potentiel d'hydrogène pH :

Le pH est l'un des paramètres chimiques importants lorsqu'il s'agit de déterminer la qualité d'une eau. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) contenus dans l'eau.

Méthodes de mesure :

La méthode de mesure du pH est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. Ce paramètre est mesuré in-situ et une fois dans le laboratoire les mesures sont refais.

4- Alcalinité de l'eau :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates HCO_3^- .

a- Réactifs :

- Solution de l'acide sulfurique H_2SO_4 (0.02N).
- Indicateur coloré du vert Bromo.

b- Mode opératoire :

Pour le dosage des bicarbonates par l'acide sulfurique, prélever 10 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer puis ajouter 1 à 2 gouttes de vert Bromo. Une coloration bleue doit apparaître puis verser ensuite doucement l'acide dans la capsule à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à obtenir une coloration jaune. Noter V : le volume d'acide versé.

c- Expression opératoire :

$$[\text{HCO}_3^-](\text{meq/l}) = V_{\text{versé}} (\text{ml}) * 0.02M * 1000 * 0.1$$

$$[\text{HCO}_3^-](\text{mg/l}) = V_{\text{versé}} (\text{ml}) * 2(M) * 61$$

5- Chlorure :

Les ions chlorures sont responsables de la dégradation totale de la biomasse bactérienne et la flottation des boues, et la teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse.

a- Réactifs :

- Solution de Nitrate d'Argent AgNO_3 (0.02 N).
- Indicateur coloré Chromate CrO_4^{2-}

b- Mode opératoire :

Pour le dosage des Chlorures par la solution de Nitrate d'Argent, prélever 10 ml d'eau à analyser puis ajouter 1 à 2 gouttes de Chromate. Une coloration jaune doit apparaître puis verser ensuite doucement l' AgNO_3 en agitant constamment et ceci jusqu'au virage au rouge brique et noter V : le volume d'acide versé.

c- Expression opératoire :

$$[\text{Cl}^-](\text{mg/l}) = V_{\text{versé}} (\text{ml}) * 5(M) * 35.5$$

6- Dureté :

Une eau est dure lorsqu'elle est fortement chargée en ions Calcium (Ca^{2+}) et/ ou magnésium (Mg^{2+}). Alors la dureté totale est proportionnelle aux concentrations en calcium

et magnésium. Elle s'exprime en degré français ($^{\circ}\text{F}$). Un $^{\circ}\text{F}$ correspond à la dureté d'une solution contenant 10 mg/l de CaCO_3 et 2,4 mg/l de magnésium.

a- Réactifs :

- une solution EDTA (0.02N) ;
- Solution tampon ;
- Indicateur coloré : Eriochrome (Net).

b- Mode opératoire :

Prélever 10 ml d'eau à analyser puis ajouter 2ml de la solution tampon et 1 à 2 gouttes d'Eriochrome. La solution sera colorée en violet puis verser ensuite doucement l'EDTA en agitant constamment jusqu'à obtenir une coloration bleue foncée. Noter V : le volume d'acide versé.

c- Expression opératoire :

$$C(\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) (\text{meq/l}) = V_{\text{versé}} (\text{ml}) * 0.02\text{M} * 1000 * 0.1$$

Pour obtenir la teneur du Magnésium il faut soustraire la dureté totale de la dureté calcique.

$$[\text{Mg}^{2+}] (\text{meq/l}) = C(\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) (\text{meq/l}) - [\text{Ca}^{2+}] (\text{meq/l})$$

Pour la dureté calcique est calculée à partir du dosage des calciums par l'EDTA : Acide Ethylène Diamine Tetracétique, selon ce mode opératoire :

Réactifs :

- une solution EDTA (0.02N) ;
- Solution de la soude NaOH ;
- Indicateur coloré : Murexide (poudre).

Mode opératoire :

Prélever 10 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer puis ajouter 40ml de l'eau distillée, 2ml de soude et le murexide. La solution sera colorée en rose puis verser ensuite doucement l'EDTA en agitant constamment jusqu'à obtenir une coloration violette. Noter V : le volume d'acide versé.

Expression opératoire

$$[\text{Ca}^{2+}] (\text{meq/l}) = V_{\text{versé}} (\text{ml}) * 0.02 \text{M} * 1000 * 0.1$$

$$[\text{Ca}^{2+}] (\text{mg/l}) = V_{\text{versé}} (\text{ml}) * 2(\text{M}) * 20$$

7- Turbidité :

La turbidité est la teneur en matière qui trouble l'eau exprimée en NTU (Néphéломétric Turbidity Unit). Cette réduction de la transparence d'une eau, due à la présence de matières non dissoutes. Elle est proportionnelle à la teneur en MES.

Le mesure de la turbidité est très utile pour le contrôle de traitement de l'eau mais ne donne pas d'indications sur les particules en suspension qui l'occasionne.

Méthodes de mesure :

La turbidité de l'eau est mesurée à l'aide d'un turbidimètre qui mesure l'intensité lumineuse du faisceau transmis après traversée du milieu.

Avant de débuter les mesures il faut étalonner l'appareil, à l'aide de solutions dont la turbidité est connue.

8- Matière en suspension :

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. La détermination des matières en suspension (MES) est un indicateur de pollution concernant la charge en matières solides.

Mode opératoire :

La matière en suspension est mesurée à partir du résidu sec obtenu du séchage des échantillons. On a prélevé 50ml de l'eau échantillonnée dans un bécher qu'on déjà peser sa masse initiale m_i puis on le sèche dans l'étuve (80°C) jusqu'au que l'eau s'évapore complètement. On mesure la masse finale m_f du bécher à la sortie de l'étuve.

Pour mesurer le résidu sec on doit soustraire la m_f de la masse initiale m_i

$$\text{RS (mg/l)} = (m_f - m_i) * 1000 / V * 10^{-3}$$

Le résidu sec contient à la fois la matière en suspension et le total de solide dissout en eau.

$$\text{RS (mg/l)} = \text{MES (mg/l)} + \text{TDS (mg/l)}$$

Avec :

$$\text{TDS (mg/l)} = K (\mu\text{s/cm}) * 0.7$$

Alors :

$$\text{MES (mg/l)} = \text{RS (mg/l)} - \text{TDS (mg/l)}.$$

Chapitre III : Résultats et discussions :

Après avoir prélevé les eaux d’irrigation, on les analysées pour étudier la qualité physico-chimique à fin de discuter les résultats obtenus.

1- Température :

Sur le terrain on a mesuré la température pour les 22 échantillons effectués in-situ à l'aide d'un thermomètre. Les mesures sont représentées dans le tableau si dessous :

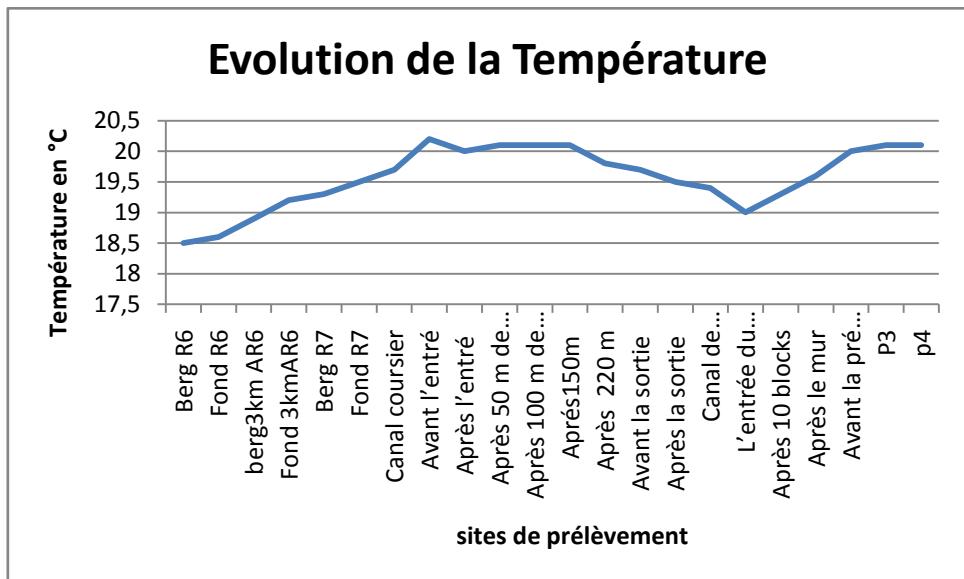


Figure 14 : Evolution de la température dans les sites des prélèvements.

La température varie entre 18,5 et 20,2°C. D'après le diagramme, on note une augmentation du régulateur 6 jusqu'à l'entrée du bassin de décantation où elle reste presque constante. Après 150 m de l'entrée du bassin de décantation la température diminue jusqu'au l'entrée du bassin de bassin 520 où elle augmente jusqu'à une valeur de 20,1°C.

L'évolution de la température des eaux de surfaces est liée essentiellement à la température de l'atmosphère, le temps de leur contact et la vitesse d'écoulement. Pour les échantillons prélevés, on remarque que dans les bassins (bassin de décantation et

d'accumulation) la température est élevée que dans le canal coursier et de dérivation où la vitesse est plus importante ce qui diminue le temps de contact avec l'atmosphère. Par contre dans les bassins, la vitesse est faible à nulle pour cela le temps du contact était plus long ce qui a provoqué une augmentation de la température.

2- Conductivité électrique :

Liée à la présence des espèces ioniques en solution. Les valeurs mesurées dans les 22 échantillons ont été corrigées par rapport à une température standard de 25°C Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous :

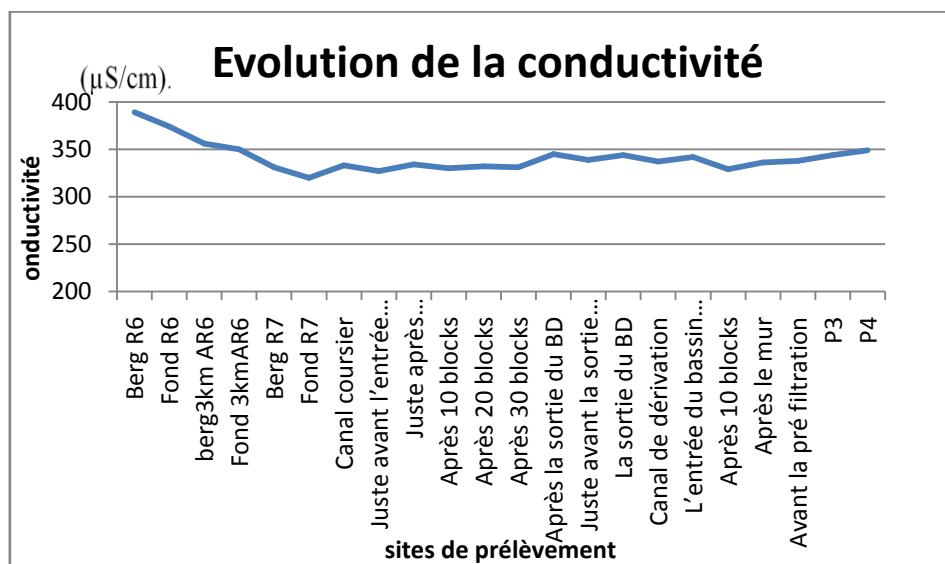


Figure 15 : Evolution de la conductivité dans les échantillons prélevés.

D'après les valeurs du tableau2 (Annexe), la conductivité varie entre 320 et $389\mu\text{S}/\text{cm}$. Selon le diagramme, la conductivité diminue du régulateur R6 vers le R7 d'une valeur de 389 à $320\mu\text{S}/\text{cm}$. Puis en allant vers les conduites, elle augmente jusqu'à une valeur de $346\mu\text{S}/\text{cm}$ d'une manière irrégulière.

La diminution de la conductivité peut être liée à l'aération provoquée dans les sites de prélèvements, qui cause une augmentation du dégazage du CO_2 , diminution de l'acidité et le dépôt des bicarbonates.

D'après les normes des eaux de surfaces (Tableau 4, Annexe), la valeur de la conductivité en moyenne est de $596\mu\text{S}/\text{cm}$. Alors cette eau représente un risque de salinisation très faible.

3- Potentiel d'hydrogène :

Le pH des eaux analysées a été mesuré au laboratoire. Les valeurs obtenues varient entre 6.93 et 7.29, alors l'eau est neutre. D'après nos valeurs (tableau2, Annexe), on note que dans le canal de rocade, les valeurs sont comprises entre 6,93 et 7,07 et selon notre échantillonnage dans les berges et le fond, on remarque que les valeurs sont plus élevées dans le fond du canal (R6 et R7) que dans les berges. Puis une augmentation progressive du pH depuis le canal coursier jusqu'à avant sortie du bassin 520 d'une valeur de 7,18 à 2,27. Dans les conduites P4 et P3 le pH diminue du 7,27 à 7,22.

Cette évolution du pH de l'eau dans les sites des prélèvements est liée à la présence des végétations (algues), lors de leur respiration consomment le CO₂ ce qui augmente le pH de l'eau.

Alors on peut déduire que dans le canal de Rocade la végétation est plus évoluée dans le fond que dans les berges pour cela le pH est plus élevé dans le fond. Du canal coursier vers la sortie du bassin 520, la végétation est plus évoluée ce qui a augmenté le pH des milieux.

Ces valeurs du pH des eaux prélevées dans les sites (de 6,93 à 7,29) respectent les normes des eaux de surfaces destinées à l'irrigation, qui limitent les valeurs du pH entre 6,5 et 8,4.

4- Alcalinité de l'eau :

Après le dosage de la teneur en bicarbonates on a représenté les résultats obtenus sont présentés dans la figure 17.

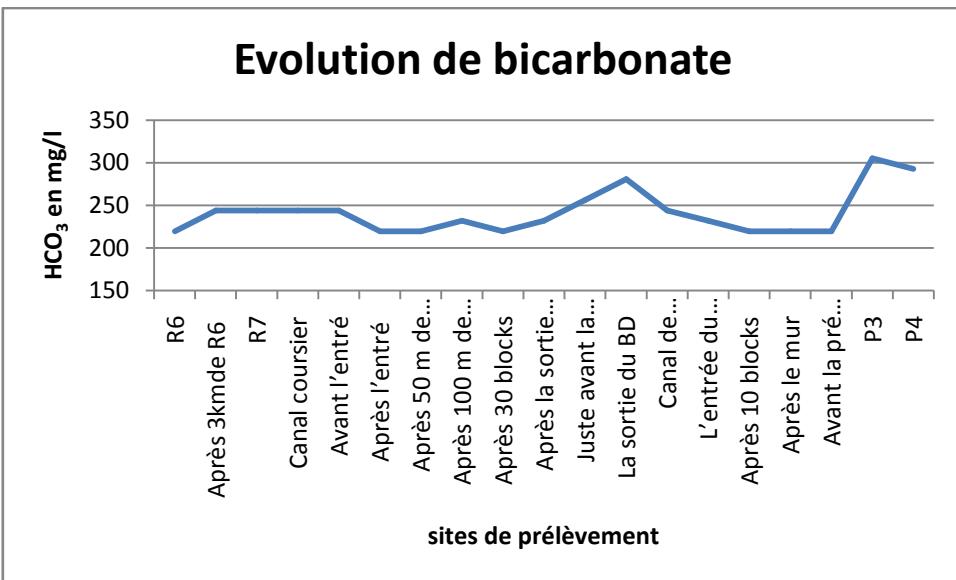


Figure 16 : Evolution de la teneur en bicarbonates dans les eaux prélevées du régulateur 6 du canal de rocade jusqu’aux conduites P3 et P4.

Selon le diagramme, la teneur en bicarbonate varie entre 207 et 305mg/l. Elles répondent aux normes des eaux de surfaces destinées à l’irrigation (Tableau2, Annexe).

L’évolution de la teneur en bicarbonate dépend de la teneur en CO_2 . Quand la quantité de CO_2 augmente la teneur en bicarbonates augmente. Le CO_2 est libéré par les algues. Pour la production de l’alcalinité dans les conduites P3 et P4 peut être liée à la pré-filtration.

5- Chlorure :

Pour évaluer le taux de dissolution des formations salifères, on a calculé la teneur des chlorures dans les 22 échantillons, depuis le régulateur de canal de rocade jusqu’aux conduites P3 et P4 situées à la sortie du bassin 520.

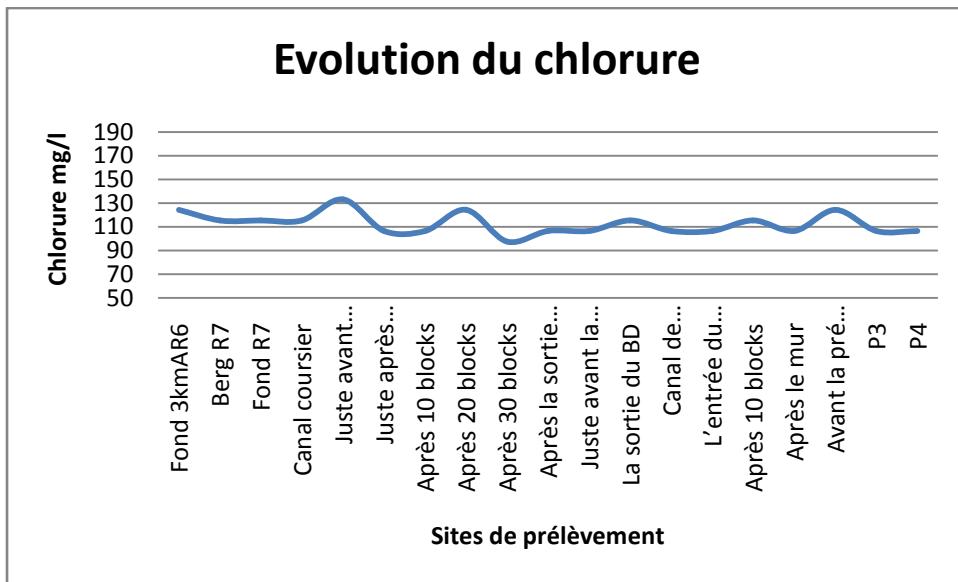


Figure 17 : Evolution des chlorures du régulateur 6 du canal de rocade jusqu’aux conduites P3 et P4.

L’analyse des résultats présentées, montre que les teneurs en ions chlorure mesurées varient entre 89 mg/l et 124mg/l.

Ces teneurs diminuent du canal de rocade vers le les conduites P3 et P4 et entre les deux stations on remarque une variation irrégulière des teneurs.

On peut lier la présence du chlorure à l’augmentation de la concentration des sels solubles.

On considère que le chlorure est un élément conservé, alors sa concentration est de l’ordre de 106 mg/l. La déviation par rapport à cette valeur serait les résultats des incertitudes.

6- Dureté :

Elle provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium et en calcium. Les concentrations observées au niveau des échantillons sont présentées dans la figure 19.

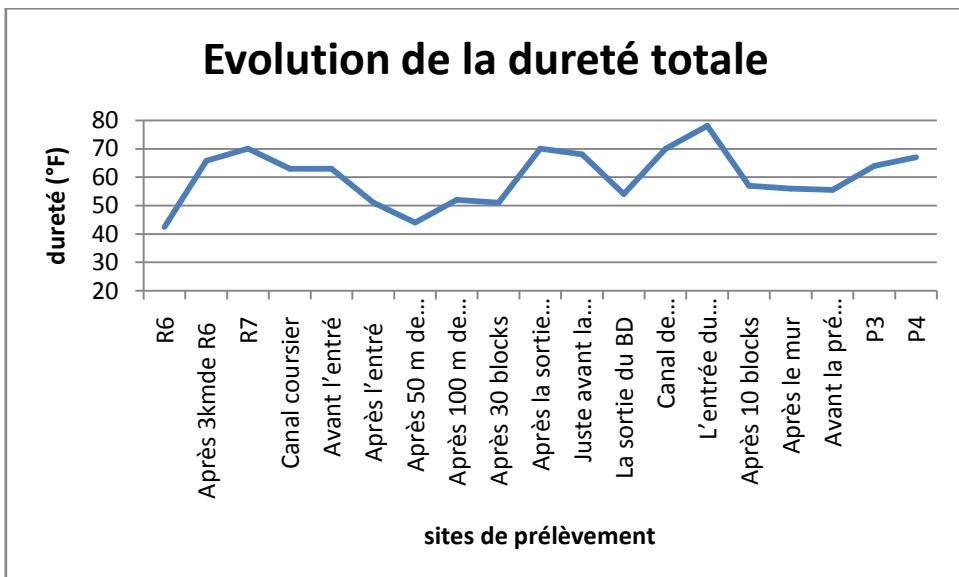


Figure 18 : Evolution de la dureté des eaux prélevées du régulateur 6 du canal de rocade jusqu' aux conduites P3 et P4.

Les valeurs de la dureté sont comprises entre 29°F et 78°F. On observe dans le diagramme que la dureté totale dans les conduites P3 et P4 est élevée, 64 pour P3 et 67 pour P4, par rapport à la valeur au régulateur R6 qui égal 29 °F.

L'évolution de la dureté total de l'eau est liée essentiellement aux ions calcium et magnésium.

D'après les analyses effectuées sur ces eaux, on note que les valeurs maximales de la dureté totale dépassent 40°F, alors ces eaux sont très dures, ce qui aide le sol à conserver une bonne structure par les ponts calciques. Mais cette dureté cause le colmatage des systèmes d'irrigation goutte à goutte, à cause des précipitations du calcium et du magnésium dans les goutteurs.

7- Matière en suspension et turbidité :

Lors des prélèvements des 22 échantillons, il y avait du curage entre le régulateur R6 et R7. La turbidité était mesurée à l'aide d'un turbidimètre et la MES est calculée d'après la soustraction de la conductivité du résidu sec qui est mesuré après le séchage de chaque échantillons.

Pour interpréter les résultats de la matière en suspension ainsi que de la turbidité, on a calculé leurs moyennes dans le canal de rocade, le bassin 520 et le bassin de décantation afin de suivre leurs évolutions dans six sites : Canal de rocade, Canal coursier, Bassin de décantation, Canal de dérivation, Bassin 520 et les deux conduites P3 et P4 pour analyser et étudier la variation de ces deux paramètres dans ces sites afin de distinguer l'efficacité des bassins dans la diminution de la teneur en MES.

La matière en suspension nous renseigne sur la matière non soluble dans l'eau ce qui influence sur la turbidité de l'eau. Dans le but d'étudier et d'évaluer la variabilité de la relation entre la concentration de la MES et la turbidité sur les six sites étudiés on a présenté les valeurs mesurées de ces deux paramètres respectivement en mg/l et en NTU, dans le diagramme ci-dessous :

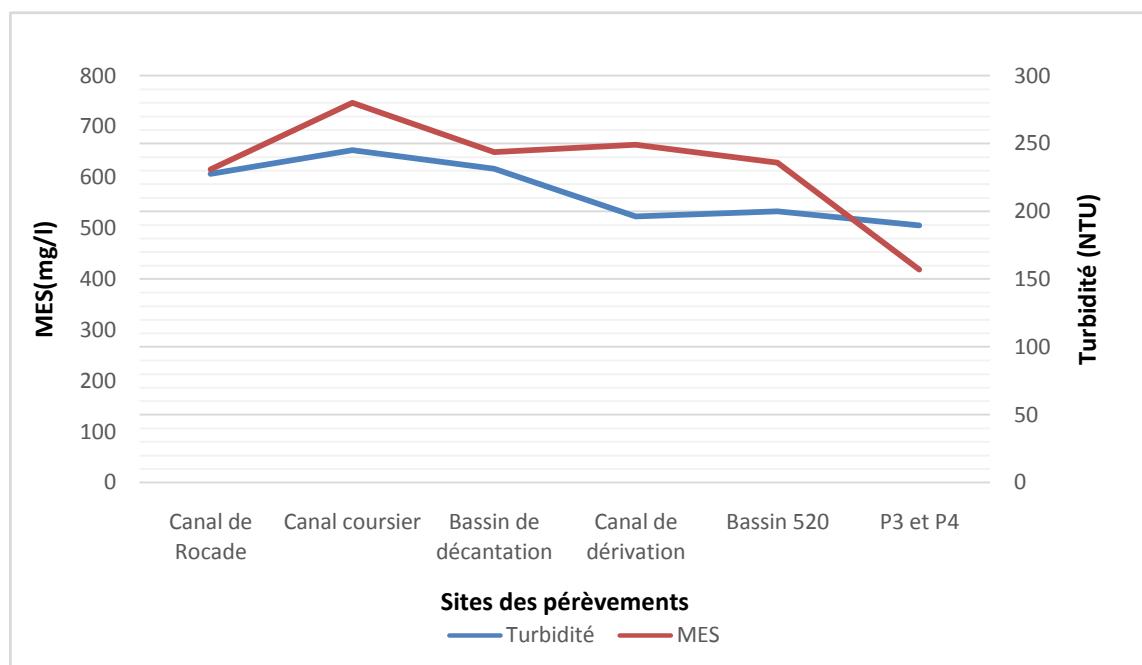


Figure 19 : Evolution de la matière en suspension et de la turbidité mesurées dans les eaux prélevées.

D'après la figure 20, l'évolution de la matière en suspension et la turbidité montrent les teneurs les plus élevées sont au niveau des eaux du canal de rocade et du canal coursier avec une moyenne de 747 mg/l de la MES et 245NTU de la turbidité. Les valeurs les plus basses sont présentées au niveau des conduites P4 et P3 situées à la sortie du bassin 520 avec

une moyenne de 418 mg/l de MES et 189 NTU de la turbidité. Selon les analyses on déduit que la turbidité et la MES diminuent de l'amont vers l'aval, avec une amplitude de 38 NTU pour la turbidité et 197 mg/l pour la MES. Mais dans nos échantillons qui y ont été effectués lors du curage la valeur réelle de l'amplitude est de l'ordre 329 mg/l.

On remarque aussi l'existence d'une relation linéaire entre les deux paramètres mesurés, avec une variabilité significative de cette relation d'un site à l'autre, et en particulière les zones de décantation correspondant à des diminutions des MES ce qui diminue la turbidité.

Mais dans la période du curage, malgré la décantation, l'eau destinée à l'irrigation dans les conduites P3 et P4 est considérée très chargée en MES car elle dépasse les normes des eaux de surfaces destinées à l'irrigation localisée (100mg/l) ce qui va provoquer le colmatage de système d'irrigation goutte à goutte.

L'évolution de la Matière en suspension (MES) dans le bassin de décantation :

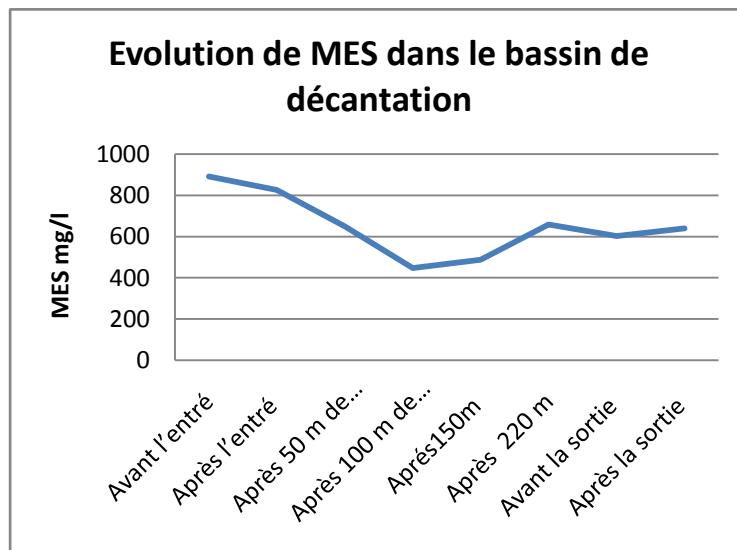


Figure 20 : Evolution de la matière en suspension dans le bassin de décantation.

On remarque que les teneurs les plus faibles de la MES correspondant à des zones de décantation depuis l'entrée jusqu'à 220m avant la sortie, puis elle augmente avec des variations faibles jusqu'à la sortie du bassin de décantation où l'eau ruissèle vers le canal de dérivation. On peut déduire que le bassin de décantation réduit jusqu'à 252mg/l. L'élévation de la teneur en MES et la turbidité à la sortie du bassin de décantation est liée au

brassage de l'eau due à la présence d'une forte pente à la sortie et l'absence du seuil hydraulique qui provoque la turbulence.

Discussions :

D'après les analyses effectuées de la matière en suspension dans les eaux prélevées, on ne constate que sa teneur en MES est très élevée et cela dû au curage qui était effectué lors de nos prélèvements.

Le curage par la pelle mécanique en présence de l'eau remit les particules non dissociées en suspension pour cela la teneur en MES mesurée est de 418mg/l pour la conduite P4 et 419mg/l pour P3. Cette eau analysée dépasse les normes d'irrigation localisées (Annexe) et dans ce cas les goutteurs seront colmatés. D'après des études effectuées (Jaboun.et Khouza. (2011 et 2012)) au niveau du bassin 520 et en l'absence d'activité de curage, la MES était de 60mg/l à l'entrée du bassin et de 40mg/l à la sortie. Lors des activités de curage l'eau, l'eau destinée à l'irrigation est momentanément de mauvaise qualité.

La filtration est une technique efficace pour empêcher le colmatage des goutteurs. Dans le cas de la conduite de P3, l'eau pré- filtrée échantillonnée passe à travers un système de filtration à tamis (130 micron) où la plupart de la matière en suspension est retenue. Par contre, la conduite P4 irrigue directement les sols ce qui nécessite une station de filtration pour que l'eau soit convenable pour les systèmes d'irrigation, pour le sol et pour la végétation.

Les caractéristiques chimiques des eaux pourraient, également, avoir un impact sur les systèmes d'irrigation. L'alcalinité et la dureté de l'eau peuvent à sursaturation causer la précipitation de carbonates. D'après nos analyses, l'eau échantillonnée est très dure avec des valeurs qui dépassent 40°F. Sous une température élevée ou un pH alcalin, les ions précipitent sous forme de calcite qui pourrait provoquer leur colmatage.

On note aussi les caractéristiques biologiques, algues et bactéries, qui obstruent les goutteurs. Les algues sont souvent éliminer lors de la filtration.

Conclusion :

Afin d'évaluer l'effet de quelques paramètres physico-chimiques (Température, pH, Conductivité, Matière en suspension, turbidité, etc.) sur la qualité de l'eau d'irrigation de la rive droite du N'Fis, on a effectué une campagne d'échantillonnage dans laquelle on a prélevé 22 échantillons d'eau du régulateur 6 du canal de rocade jusqu'à les conduites P3 et P4 situées à la sortie du bassin 520 en passant par le bassin de décantation. La sortie était effectuée dans la période du curage.

Après avoir mesuré le taux de la matière en suspension dans les eaux prélevée, on a constaté une diminution de la teneur en MES d'une valeur de 747 jusqu'à une valeur de 419mg/l dans les conduites P3 et P4. Cette diminution est grâce au bassin de décantation qui réduit 252mg/l et au bassin 520 qui réduit jusqu'à 210mg/l.

La conversion des systèmes gravitaire aux systèmes gouttes à gouttes à des bénéfices pour le développement de l'agriculture ainsi que pour économiser l'eau. Les bassins de décantation de d'accumulation ont un rôle important dans la diminution de la MES mais la bonne filtration de l'eau permettra le bon fonctionnement des réseaux même dans le période du curage et des crues où la teneur en matière en suspension augmente.

Référence :

- ORMVAH. (Septembre 2011)-Etude de la qualité des eaux d'irrigation des secteurs concernés par le projet de reconversion des systèmes d'irrigation existants à l'irrigation localisée, sous-secteurs : N1-2 Ouled Gaïd et Rive droite S1-3, Sous-mission1 : Elaboration de la note d'orientation, Edition définitive.
- JABOUN K. & KHOUZA M. (2011,2012)-Etude de l'impact du transport solide du canal rocade, sur la qualité de l'eau et sur l'irrigation. Techniques naturelles de remédiassions (Barrage sidi Driss et le canal de rocade, Maroc).Projet de fin d'étude FST Marrakech.
- DRISS K. & LOUBNA EL. (2011,2012)-Le projet de la reconversion collective de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée au Maroc-Périmètre de Tassaout Amont, secteur d'Oulad Gaïd-Etude préliminaire.
- BAYOUZ A. (2000)-Problématique de l'envasement des aménagements hydro-agricoles du Haouz, Cas du canal de Rocade et du périmètre du N'Fis.

Annexe :

Tableau1 : Moyennes mensuelles durant la période de 2008 à 2015 (ORMVAH, 2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Evapotranspiration (ETo en mm)	1,6	2,02	3,26	4,65	6,18	6,12	6,46	5,97	4,57	1,64	2,02	3,26
Température (°C)	11,2	12,9	15,8	18,9	22,13	25,2	28,0	28,33	23,88	11,2	12,9	15,8
Précipitation (mm)	27,9	25,	33,9	20	9,5	2,1	0,4	9,5	31	16,2	40,4	20

Tableau 2 : Valeurs mesurées du régulateurs 6 du canal de rocade jusqu'aux conduites P3 et P4.

SITE DU PRELEVEMENT		Température (°C)	Conductivité (µs/cm)	pH	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Chlorure (mg/l)	Dureté (°F)
CANAL ROCADE	Régulateur R6 fond	18.5	389	7.1	207	142	29
	Régulateur R6 berge	18.6	374	6.95	232	115	56
	Après 3 km du R6 Fond	18.9	356	6.97	244	89	70
	Après 3 km du R6 Berge	19.2	350	6.93	244	125	62
	Régulateur 7 fond	19.3	331	7.09	244	124	67
	Régulateur 7 berge	19.5	320	7.03	244	115	73
Canal coursier après 3.5 km du R7		19.7	333	7.18	244	115	63
BASSIN DE DECANTATION	Avant l'entrée	20.2	327	7.22	244	133	63
	Après l'entrée	20	334	7.24	220	107	51
	Après 50 m de l'entrée	20.1	330	7.24	220	107	44
	Après 100 m de l'entrée	20.1	332	7.27	232	124	52
	Après 150 m	20.1	331	7.07	220	97	51
	Après 220 m	19.8	345	6.95	232	107	70
	Avant la sortie	19.7	339	6.97	256	115	68
	Après la sortie	19.5	344	6.93	281	106	54
Canal de dérivation		19.4	337	7.28	244	106	70
Bassin 520	L'entrée au bassin	19	342	7.03	232	106	78
	Après le mur 1	19.3	329	7.18	219	115	57
	Après le mur 2	19.6	336	7.22	219	106	56
	Sortie du bassin	20	338	7.24	220	124	55
Conduite P3		20.1	344	7.22	305	107	64
Conduite P4		20.1	346	7.22	293	107	67

Tableau 3 : Matière en suspension et turbidité dans les échantillons de l'eau prélevées.

SITE DU PRELEVEMENT		Turbidité (NTU)		MES (mg/l)	
		Résultats	Moy	Résultats	Moy
CANAL ROCADE	Régulateur R6 fond	190	227	608	616
	Régulateur R6 berge	200		718	
	après 3 km du R6 Fond	210		611	
	après 3 km du R6 Berge	204		535	
	régulateur 7 fond	110		468	
	Régulateur 7 berge	360		756	
Canal coursier après 3.5 km du R7		380		747	
BASSIN DE DECANTATION	Avant l'entrée	360	196	891	650
	Après l'entrée	350		826	
	Après 50 m de l'entrée	220		649	
	Après 100 m de l'entrée	160		447	
	Après 150 m	180		488	
	Après 220 m	210		658	
	Avant la sortie	190		603	
	Après la sortie	200		639	
Canal de dérivation		196		664	
Bassin 520	L'entrée au bassin	210	196	488	629
	L'entrée au bassin	180		658	
	Après le mur 2	220		603	
	Sortie du bassin	200		639	
Conduite P3		190		419	
Conduite P4		189		418	

Tableau 4 : Normes des eaux de surface destinées à l'irrigation.

Paramètres		Valeurs limites
Paramètres bactériologiques		
1	Coliformes fécaux	1000/100 ml
2	Salmonelle	Absence dans 5 l
3	Vibrio Cholérique	Absence dans 450 ml
Paramètres parasitologiques		
4	Parasites pathogènes	Absence
5	Œufs, Kystes de parasites	Absence
6	Larves d'Ankylostomides	Absence
7	Fluocercaires de Schistosoma haematobium	Absence
Paramètres toxiques		
8	Mercure (Hg) en mg/l	0,001
9	Cadmium (Cd) en mg/l	0,01
10	Arsenic (As) en mg/l	0,1
11	Chrome total (Cr) en mg/l	0,1
12	Plomb (Pb) en mg/l	5
13	Cuivre (Cu) en mg/l	0,2
14	Zinc (Zn) en mg/l	2
15	Sélénium (Se) en mg/l	0,02
16	Fluor (F) en mg/l	1
17	Cyanures (Cn) en mg/l	1
18	Phénols en mg/l	3
19	Aluminium (Al) en mg/l	5
20	Béryllium (Be) en mg/l	0,1
21	Cobalt (Co) en mg/l	0,05
22	Fer (Fe) en mg/l	5
23	Lithium (Li) en mg/l	2,5
24	Manganèse (Mn) en mg/l	0,2
25	Molybdène (Mo) en mg/l	0,01
26	Nickel (Ni) en mg/l	0,2
27	Vanadium (V) en mg/l	0,1
Paramètres physico-chimiques		
28	Salinité totale (STD) en mg/l	7680
	Conductivité électrique (CE) mS/cm à 25°C	12
29	Coefficient d'absorption du sodium (SAR)	
	0 – 3 et CE=	< 0,2
	3 – 6 et CE=	< 0,3
	6 – 12 et CE=	< 0,5
	12 – 20 et CE=	< 1,3
	20 – 40 et CE=	< 3
Ions toxiques (affectant les cultures sensibles)		
30	Sodium (Na)	
	Irrigation de surface (SAR)	9
	Irrigation par aspersion (mg/l)	69
31	Chlorure (Cl)	
	Irrigation de surface (mg/l)	350
	Irrigation par aspersion (mg/l)	105
32	Bore (B) en mg/l	3
Effets divers (affectant les cultures sensibles)		
33	Températures en °C	35
34	Ph	6,5 – 8,4
35	Matières en suspension en mg/l	
	Irrigation de surface	2.000
	Irrigation par aspersion et localisée	100
36	Azote nitrique (N-NO ₃ ⁻) en mg/l	30
37	Bicarbonate (HCO ₃ ⁻) irrigation par aspersion en mg/l	518
38	Sulfate (SO ₄ ²⁻) en mg/l	250

