



*Département des sciences de
la terre*



*Licence des Sciences et Techniques
Eau et Environnement*

***Etude et caractérisation de l'eau et de
la vase des bassins de décantation de
l'extrémité aval du canal de Rocade,
Haouz de Marrakech (Maroc)***

Réalisé par :

AFRAOU Siham et MAKHLOUFI

Soutenu :

Le 21 juin 2018

Devant le jury composé de :

Lahcen DAOUDI : (FST- Marrakech), Encadrant

Mouhsine ESSHAIMI : (ORMVAH), Encadrant

Abdellah AIT ADDI : (FST- Marrakech), Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2017-2018

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I :	2
GENERALITES SUR LE CANAL DE ROCADE.....	2
I.CARACTERISTIQUES DU CANAL :	3
I.1 Contexte géographique :	3
I.2 Caractéristiques géométriques et hydrauliques du canal Rocate :	4
I.3 Rôle et fonctionnement :	7
I.4 Origine des matériaux déposés dans le canal :	7
I.5 Problèmes rencontrés au niveau du canal :	7
CHAPITRE II.....	8
ETUDE ET CARACTERISATION DES BASSINS DE DECANTATION.....	8
II. MECANISME DE DECANTATION :	9
II.1 Définition :	9
II.2 Principe de décantation :	9
III. CARACTERISTIQUES DES BASSINS DE DECANTATION	9
III.1 Situation géographique :	10
III.2 Géométrie et consistance du bassin de décantation :	10
III.3 Rôle et fonctionnement des bassins :	11
CHAPITRE III :	12
ETUDE QUALITATIVE DE L'EAU.....	12
I. TECHNIQUES ET METHODES D'ETUDE :	13
I.1 Echantillonnage:	13
I.2 Méthodes d'analyses.....	14
I.2.1 Bilan ionique :	14
I.2.1 Le Potentiel Hydrogène (pH) :	15
I.2.2 La conductivité électrique(CE) :	16
I.2.3 Matière en suspension (MES) :	17
CHAPITRE IV :	19
ETUDE QUALITATIVE DE LA VASE.....	19
I .TECHNIQUES ET METHODES D'ANALYSES DE LA VASE:.....	20

I.1 Echantillonnage :	20
I.2 Méthodes d'analyses :	22
I.2.1 la conductivité électrique (CE) :	22
I.2.2 Matière organique (MO) :	22
I.2.3 Calcaire total (CT) :	23
I.2.4 Le phosphore assimilable (P ₂ O ₅) :	24
I.2.5 Salinité :	25
I.2.6 Granulométrie :	26
CHAPITRE V :	27
RESULTATS ET DISCUSSION	27
I. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DE L'ANALYSE DES EAUX.....	28
I.1 La conductivité électrique :	28
I.2 Potentiel hydrogène (pH) :	29
II. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DE L'ANALYSE DE LA VASE.....	33
II.1 Conductivité électrique :	33
II.4 Matière organique (MO) :	34
II.6 Analyses granulométriques :	35
II.7 Relation entre la matière en suspension de l'eau et la granulométrie de la vase .	38
CONCLUSION GENERALE	41

Remerciements:

*Nous adressons nos remerciements à notre encadrant au sein du laboratoire de pédologie de l'ORMVAH **Mr. ESSHAIMI** pour le temps précieux qu'il nous a consacré, sa disponibilité, et d'avoir mis à notre disposition tous les moyens disponibles pour la réalisation de ce travail.*

*Nous remercions **Mr. DAOUDI**, qui a assuré notre encadrement au cours de la réalisation de ce projet, pour sa disponibilité, pour ses conseils, pour son sens critique et ses remarques pertinentes. A travers ce travail, nous espérons lui adresser notre reconnaissance.*

*Un remerciement spécial à **Mlle. BOURGEOINI** responsable de la LST-EE, qui suit de près notre avancement et qui nous encourage en permanence.*

*Nous sommes aussi reconnaissants à **Mr. SGHIR** et **Mr. DERFAOUI** de l'ORMVAH.*

On réserve une pensée spéciale à tous les enseignants de la LST EE qui ont assuré notre formation, et à tous nos camarades de promotion qui ont apporté un plus à notre travail que ce soit de près ou de loin.

Liste des figures

Figure 1: Canal de Rode au niveau de régulateur 7	3
Figure 2: Situation du canal de Rode	4
Figure 3: Section transversale du canal Rode	5
Figure 4: Schéma simplifié de l'extension du canal Rode situant les différents biefs (Echelle : 1/120000)	6
Figure 5: Principe de décantation dans un bassin	9
Figure 6: Situation des bassins de décantation à l'aval du canal Rode	10
Figure 7: Filtre rotatif du bassin 520	11
Figure 8: Sites de prélèvement des échantillons d'eau	13
Figure 9: pH-mètre	15
Figure 10: Conductivimètre	16
Figure 11: Principe de la centrifugation	17
Figure 12 : Benne à sédiments utilisée pour les prélèvements	20
Figure 13: Sites de prélèvement de la vase dans les bassins de décantation et le bassin 520 ..	21
Figure 14: A : Calcimètre Bernard, B : préparation de l'échantillon, C : étape de calcul du calcaire total	23
Figure 15: Spectrophotomètre utilisé pour calculer la densité optique	25
Figure 16: Granulomètre laser de type HORIBA	26
Figure 17: Projection des résultats des analyses des eaux des bassins sur le diagramme Shoeller. (Simler R.(31-10-2014), laboratoire d'hydrogéologie d'avignon)	30
Figure 18: Exemple du type de fiche obtenue par granulomètre laser (échantillon BDD-E) ..	36
Figure 19: Projection des échantillons de la vase dans le diagramme triangulaire	37
Figure 20: Evolution du grain moyen et des MES du bassin droit	38
Figure 21: Variation du grain moyen et des MES du bassin gauche	39
Figure 22: Evolution du grain moyen en μm et des MES en mg/l	40

Liste des tableaux :

Tableau 1: Caractéristiques dimensionnelles des biefs du canal Rocade.....	7
Tableau 2: Caractéristiques dimensionnelles des deux compartiments du bassin de décantation	10
Tableau 3: Caractéristiques des échantillons prélevés	14
Tableau 4: L'analyse ionique de l'eau	15
Tableau 5: Caractéristiques des échantillons prélevés de la vase.....	21
Tableau 6: Résultats de la conductivité de l'eau prélevée dans les bassins de décantation et le bassin 520.....	28
Tableau 7: Risque de salinité des eaux d'irrigation en fonction de la conductivité.....	29
Tableau 8: Résultats obtenus du pH de l'eau des différents bassins.....	29
Tableau 9: Concentration des éléments majeurs dans les échantillons d'eau en mg/l.....	30
Tableau 10: Teneurs en matière en suspension dans les échantillons d'eau.....	31
Tableau 11: Normes d'interprétation de la MES	31
Tableau 12: Les valeurs obtenues de la turbidité à partir de la MES.....	32
Tableau 13: Résultats de la conductivité de la vase	33
Tableau 14: Résultats du pH des échantillons de la boue	33
Tableau 15: Résultats d'analyse de la teneur en CaCO ₃	34
Tableau 16: Résultats de la matière organique (%) et du phosphore assimilable (ppm)	34
Tableau 17 : Tableau récapitulatif des données granulométriques des échantillons.....	35
Tableau 18: les valeurs de grain moyen en μm et des MES en mg/l	38
Tableau 19: La quantité de MES et de grain moyen dans le bassin gauche.....	39
Tableau 20: pourcentage de la granulométrie et de la MES dans le bassin 520	40

INTRODUCTION

Le Maroc est un pays où l'agriculture est un secteur clé. Dès l'indépendance (1956), l'état marocain a entrepris une politique ambitieuse de création des périmètres irrigués alimentés par des grands barrages. Dans la plaine du Haouz, autour de la ville de Marrakech, il a mis en place trois grands périmètres irrigués : la Tassaout aval, la Tassaout amont et le Haouz central. C'est dans ce dernier, que le périmètre du N'fis est aménagé à l'ouest de Marrakech avec un réseau de distribution sous pression.

En effet, la région du Haouz central a connu un appauvrissement en eaux d'irrigation liée à la fois au développement démographique et à l'extension urbaine et agricole qui représentent des contraintes de plus en plus fortes pour les municipalités. Pour pallier à ce déficit, l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole (ORMVAH) a fait appel à la construction d'un grand canal appelé canal de Rocade qui ramène de l'eau depuis le barrage de Sidi Driss vers le bassin Tensift El Haouz. A l'extrémité du canal Rocade, se situent deux bassins de décantation qui ont pour but d'effectuer à la fois une clarification des eaux par décantation et une filtration des eaux en provenance de ce canal.

Le diagnostic de la turbidité de l'eau d'irrigation s'inscrit dans les projets d'études de cet office. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'étude, nous nous sommes intéressées à une étude qui portera sur les bassins de décantation. Cette étude consiste à réaliser au même temps des analyses de l'eau et de la vase décantée au fond de ces bassins afin d'évaluer le degré d'efficacité de cette infrastructure.

Les analyses d'eau et de la vase des deux compartiments du bassin de décantation et du bassin 520 ont été effectuées au laboratoire pédologique de l'ORMVAH et au département des sciences de la terre de la faculté des sciences et technique, Guéliz (FSTG).

Le mémoire que nous présentons est organisé comme suit : dans le premier chapitre, on va présenter des généralités sur le canal Rocade et ses caractéristiques. Dans le second chapitre, on décrira les caractéristiques des bassins de décantation et leur fonctionnement. Les deux autres chapitres seront consacrés à l'analyse de la qualité de l'eau et de la vase. Le dernier chapitre exposera les résultats et les interprétations des analyses effectuées.

CHAPITRE I :
GENERALITES SUR LE CANAL DE
ROCADE

CARACTERISTIQUES DU CANAL :

Le barrage de Sidi Driss est situé sur l'oued Lakhder ; il représente l'ouvrage compensateur des lâchers du barrage Hassan premier situé en amont. La retenue du barrage de Sidi Driss contrôle également les apports importants de l'oued Ghzef, affluent de l'oued Lakhder. A l'aval de ce barrage, se situe le canal Rocado dont la construction a été entreprise en 1928-1929. Ce canal a pour but l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech et en eau d'irrigation de la grande hydraulique du Haouz Central,

Le projet de construction du barrage Sidi Driss a été conçu de manière à ce que le canal puisse également être alimenté par l'usine en projet (<http://energieterre.com/index.php/sidi-driss/>).



Figure 1: Canal de Rocado au niveau de régulateur 7

1 Contexte géographique :

Le canal de Rocado a été mis en service en 1985, il prend son origine à partir du barrage de compensation de Sidi Driss, situé à 14 km au nord ouest de Demnate au débouché de l'oued Lakhder (Figure 2).

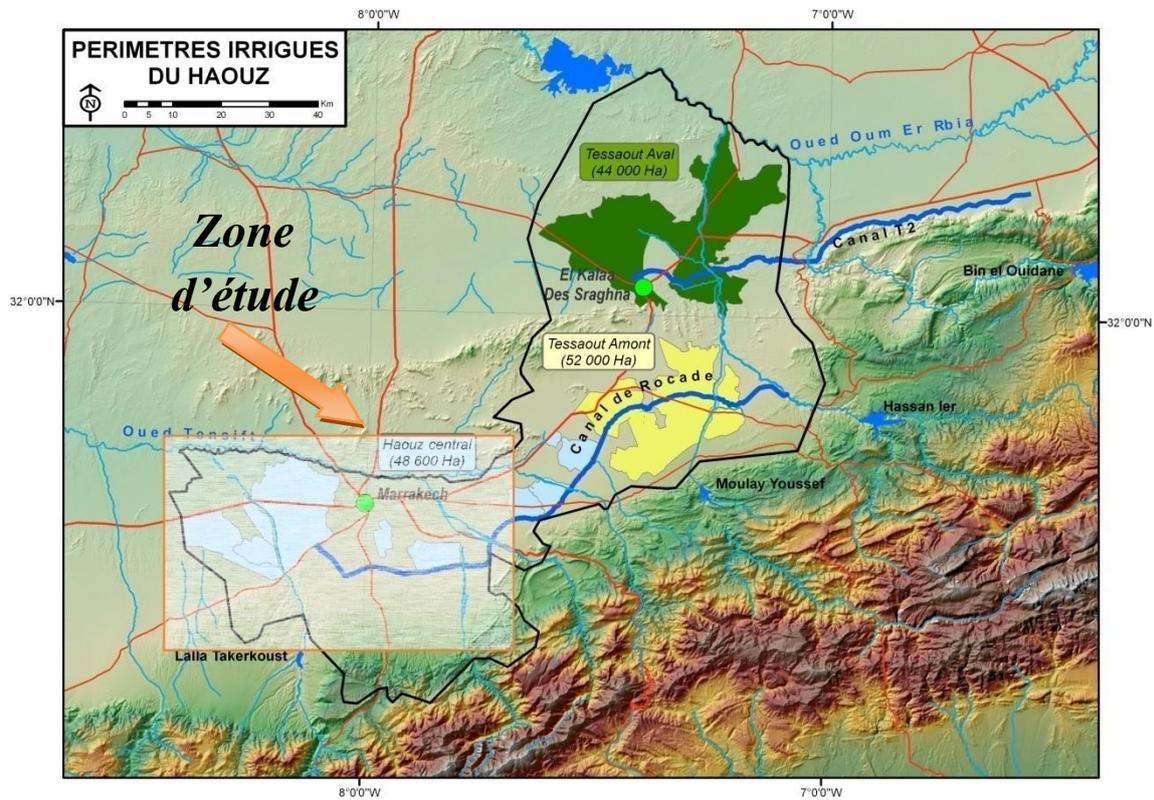


Figure 2: Situation du canal de Rocade

2 Caractéristiques géométriques et hydrauliques du canal Rocade :

Le canal Rocade dont les terrassements ont démarré en 1953, est l'un des principaux adducteurs du Haouz central, il présente une section trapézoïdale (Figure3) et a une longueur totale de 118 km. Il permet le transfert vers le Haouz central d'un volume moyen annuel de 300Mm^3 à partir du barrage Sidi Driss avec un débit moyen de $20\text{ m}^3/\text{s}$.

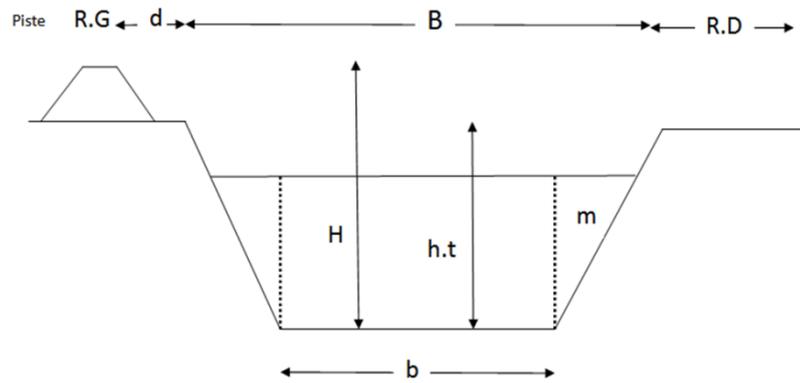


Figure 3: Section transversale du canal Rcade

d : distance entre la piste et la bordure du canal.

B : largeur du canal en haut.

H : hauteur de la piste par rapport au niveau 0 du canal.

h.t : hauteur du canal.

m : pente des talus.

b : largeur du canal à la base.

R.D : rive droite.

R.G : rive gauche.

Le canal est pourvu de 14 ouvrages de prises : un pour l'alimentation en eau potable de Marrakech, 13 pour l'irrigation, 7 ouvrages régulateurs, 1200 ouvrages de passage d'eau et de circulation (Figure 4) (Rapport ORMVAH, 2011).

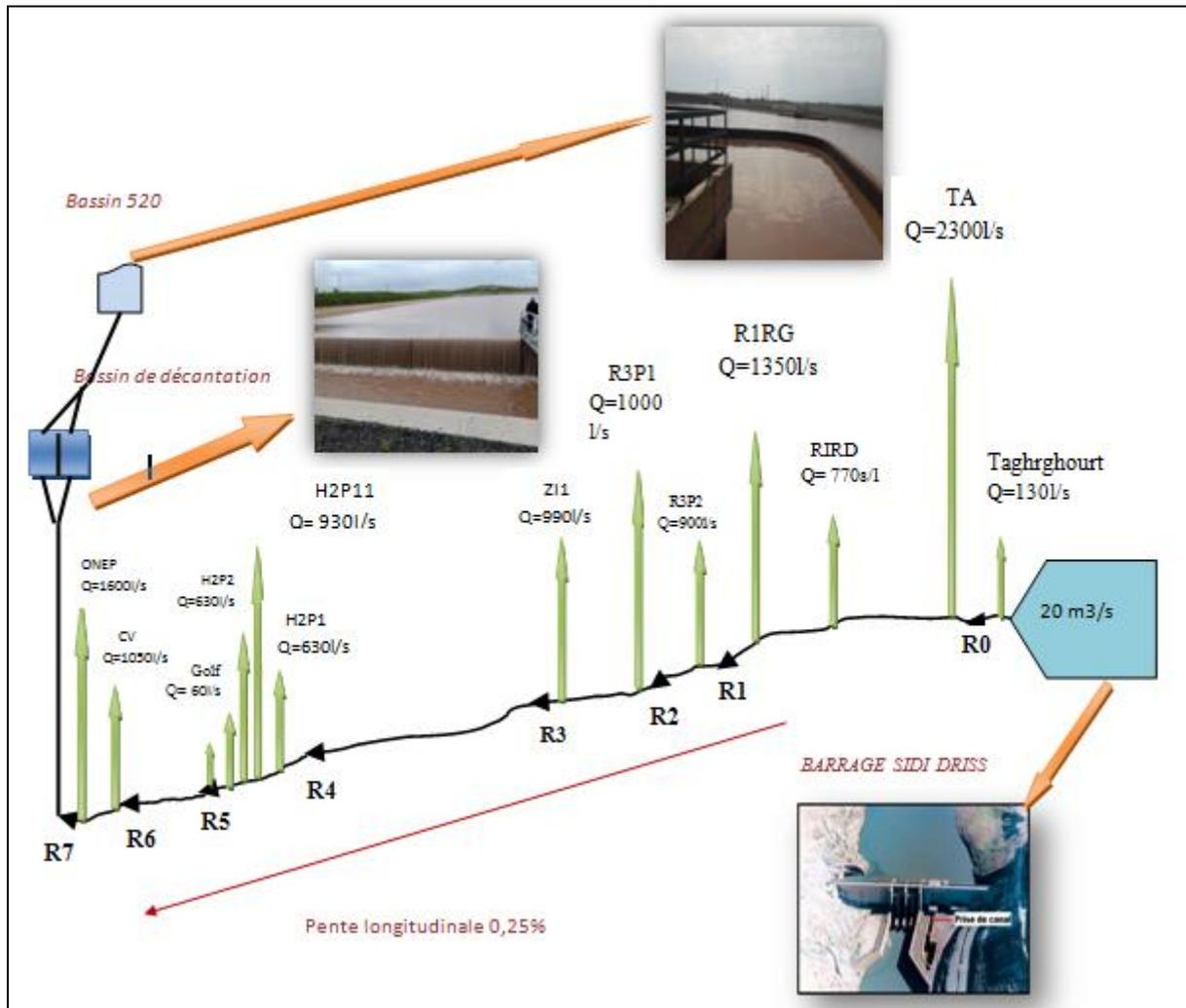


Figure 4: Schéma simplifié de l'extension du canal Rcade situant les différents biefs (Echelle : 1/120000)

Avec R0, R1, R2, ..., R7 : Régulateurs du canal.

Le canal Rcade est prolongé à son extrémité par un autre canal de 7,5 Km (canal coursier du N'fis) avec un débit de $6\text{ m}^3/\text{s}$ pour alimenter le bassin de régulation 520 en eau d'irrigation après leur décantation dans les deux bassins de décantation. Ce canal a une retenue de $20\ 000\text{ m}^3$ en tête de deux conduites desservant un réseau sous pression pour l'irrigation d'environ $17\ 000\text{ ha}$ du périmètre du N'fis. Il est décomposé en sept biefs (Figure4, Tableau1) avec un régulateur à l'aval de chacun d'eux. Il suit un tracé presque parallèle avec l'oued Tensift (Jaboun et Kouza, 2012).

Tableau 1: Caractéristiques dimensionnelles des biefs du canal Rocate

Biefs	1	2	3	4	5	6	7
Volume d'eau (m³)	120000	120000	120000	160000	160000	130000	110000
Longueur (Km)	59.508	5.497	15.757	29.528	12.925	9.229	7.149
Capacité de débit (m³/s)	20	20	20	20	18	16	12

3 Rôle et fonctionnement :

Le canal de Rocate a été conçu pour fonctionner avec un système moderne de régulation appelé « Régulation Dynamique » qui permet d'une part, de satisfaire les demandes variables en eaux agricoles et urbaines et d'autre part, de minimiser les pertes d'eau (Rapport ORMVAH, 2012).

La régulation des volumes en transit est assurée par un calculateur industriel fonctionnant en temps réel, en se basant sur les informations élaborées par un système de télécontrôle reliant le calculateur au réseau de télétransmission qui regroupe l'ensemble des stations installées sur site. Chacune de ces stations est dotée d'un matériel électronique qui converti les valeurs physiques relatives à l'état hydraulique du canal (niveaux, débits, positions de vanne), en valeurs numériques transmissibles au centre de gestion et télé-contrôle (CGTC) et achemine les points de consigne (commandes), qui auront été émis par le logiciel de régulation, aux organes de réglage du débit le long du canal.

4 Origine des matériaux déposés dans le canal :

Les matériaux déposés dans le canal proviennent essentiellement :

- des apports solides du bassin versant du barrage Sidi Driss ;
- des effluents des eaux de surface au moment des orages ;
- rejet des eaux d'averses des fossés d'assainissement des talus voisinant l'ouvrage

(Rapport ORMVAH, 2018).

5 Problèmes rencontrés au niveau du canal :

Le transit des eaux dans le canal est entravé par l'envasement des dépôts solides, qui peuvent occasionner des dégâts au niveau des équipements de régulation et d'irrigation dès que les teneurs en matière en suspension (MES) dépassent 3g/l (Rapport ORMVAH, 2011).

CHAPITRE II

ETUDE ET

CARACTERISATION DES

BASSINS DE DECANTATION

I. MECANISME DE DECANTATION :

I.1 Définition :

La décantation a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules s'accablent au fond du bassin, et il faudra les extraire périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée.

I.2 Principe de décantation :

La décantation consiste uniquement à séparer la phase solide (matières en suspension) de la phase liquide par différence de masse volumique. Cette étape implique de laisser reposer les phases en contact et à attendre un temps suffisant pour qu'elles se séparent sous l'action de la pesanteur. Les boues sont éliminées de manière continue au fond du décanteur (Figure 5).

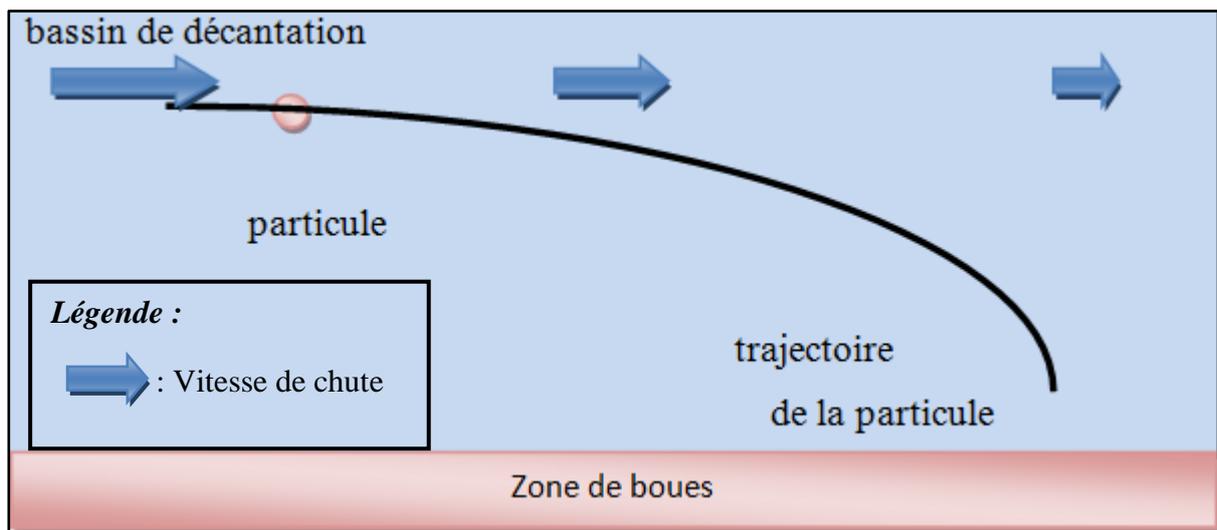


Figure 5: Principe de décantation dans le bassin de décantation

- La vitesse de chute diminue de l'amont vers l'aval du bassin de décantation, ce qui augmente en conséquence, le dépôt des particules en suspension au fond de ce bassin.

II. CARACTERISTIQUES DES BASSINS DE DECANTATION

Le bassin de décantation qui se situe à l'extrémité du canal Rocade, composé de deux compartiments séparés par une plate forme en terre naturelle. Ce projet est une initiative de développement qui revêt une grande importance compte tenu de sa contribution à la qualité d'eau et à l'amélioration de la productivité agricole. Il permet également aux petits

agriculteurs d'irriguer leurs exploitations agricoles via un système d'irrigation localisée sans avoir à recourir au pompage électrique (Rapport ORMVAH, 2017).

La teneur en MES après décantation dans le bassin, dépend du pourcentage des particules de taille inférieure à 30 microns en suspension dans l'eau brute, pour des valeurs inférieures ou égales à cette taille de particules, la faible vitesse de chute ne permet pas la décantation.

II.1 Situation géographique :

Les deux compartiments du bassin de décantation se situent à l'aval du canal Rocade, dans la région d'Ait Immour, à environ 70 km de la ville de Marrakech (Figure 6).



Figure 6: Situation des bassins de décantation à l'aval du canal Rocade (Google earth)

II.2 Géométrie et consistance du bassin de décantation :

Chaque compartiment du bassin de décantation est caractérisé par une forme trapézoïdale avec une couche étanche à sa base et une plate forme en terre naturelle qui sépare les deux compartiments (Voir Annexe 2). Le bassin de décantation présente les caractéristiques dimensionnelles figurant dans le tableau 2.

Tableau 2: Caractéristiques dimensionnelles des deux compartiments du bassin de décantation

Caractéristiques dimensionnelles du bassin de décantation	Valeurs
Hauteur du bassin	4,90m
Longueur du bassin	230,70m
Largeur de bassin	79m
Surface de décantation	7817m ²
Débit	1284 l/s

II.3 Rôle et fonctionnement des bassins :

L'objectif principal de ces bassins est d'effectuer une décantation des eaux du canal de Rocade, pour un débit maximal total de 3m³/s compte tenu des régulations mises en place en amont et du besoin en aval. Le bassin 520 situé en aval dispose d'un filtre rotatif permettant d'assurer la filtration des eaux en entrée du réseau sous pression (Figure 7). A ce titre, aucun problème d'encrassement n'est constaté par les exploitants dans les réseaux en aval du bassin 520, seulement des problèmes d'usure due à la silice. Les deux bassins offrent donc une bonne pré-décantation, le traitement des particules fines étant réalisé au départ du réseau de distribution (Rapport ORMVAH, 2017).

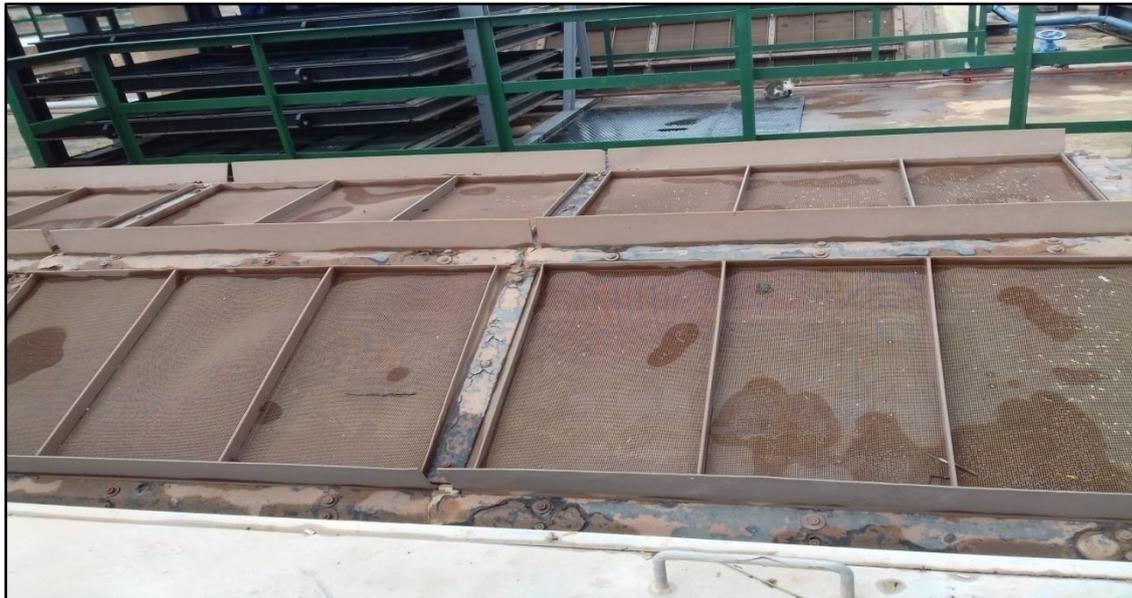


Figure 7: Filtre rotatif du bassin 520

CHAPITRE III :
ETUDE QUALITATIVE DE
L'EAU

I. TECHNIQUES ET METHODES D'ETUDE :

I.1 Echantillonnage:

Il s'agit d'une technique simple qui consiste à obtenir des échantillons d'eau depuis les deux bassins de décantation et le bassin 520, en utilisant le matériel suivant :

- des bouteilles d'eau d'un volume de ½ litre.
- un petit seau pour récupérer de l'eau.

Pour le bassin 520, nous avons prélevé trois échantillons : un échantillon à l'entrée du bassin, le second au milieu et le troisième à la sortie du bassin. Pour les deux compartiments du bassin de décantation, on a prélevé six échantillons : deux échantillons à l'entrée de chaque bassin, deux au milieu et les deux derniers à la sortie (Figure 8).

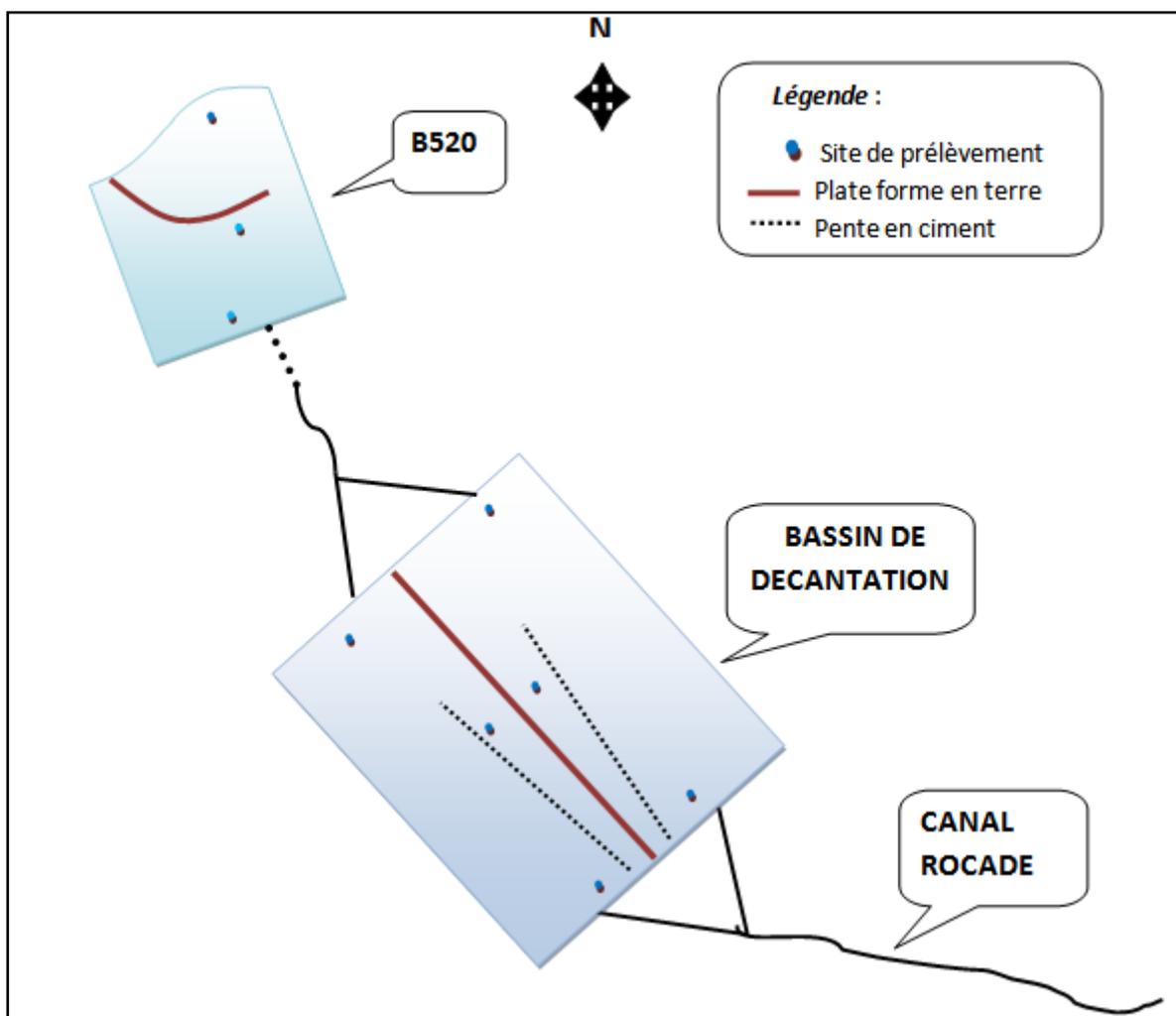


Figure 8: Sites de prélèvement des échantillons d'eau

Les échantillons prélevés sont référenciés comme dans le tableau 3 :

Tableau 3: Caractéristiques des échantillons prélevés

Echantillon	Site de prélèvement	Coordonnées (X ; Y)
BDD-E	Entrée du compartiment droit du bassin de décantation	(8,0849W ; 31,53853N)
BDD-M	Milieu du compartiment droit du bassin de décantation	(8,0857W ; 31,5391N)
BDD-S	Sortie du compartiment droit du bassin de décantation	(8,08657W ; 31,5397N)
BDG-E	Entrée du compartiment gauche du bassin de décantation	(8,08539W ; 31,53788N)
BDG-M	Milieu du compartiment gauche du bassin de décantation	(8,08629W ; 31,5385N)
BDG-S	Sortie du compartiment gauche du bassin de décantation	(8,08717W ; 31,53908N)
B520-M	Milieu du bassin 520	(8,09007W ; 31,45277N)
B520-S	Sortie du bassin 520	(8,0905W ; 31,5431N)

I.2 Méthodes d'analyses

I.2.1 Bilan ionique :

Le bilan ionique des eaux consiste à quantifier les éléments majeurs tels que le Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} et HCO_3^- .

La méthode de la balance ionique permet de contrôler la qualité des analyses effectuées sur les éléments majeurs. Cette démarche de validation est un préalable indispensable à la présentation des résultats d'analyse et à leur interprétation.

La balance ionique est l'expression d'une différence entre les charges positives (cations) et les charges négatives (anions). La théorie physique suppose la neutralité des charges au sein des échantillons d'eau, c'est-à-dire une égalité entre la somme des charges positives (cations) et la somme des charges négatives (anions). L'analyse ionique se présente dans le tableau 4.

Tableau 4: L'analyse ionique de l'eau

Espèce à déterminer	Préparation de la solution	Indicateur coloré	Dosé par	Coloration
Cl^-	10 ml échantillon	Chromate CrO_4^{2-}	AgNO_3 N/2	Jaune → rouge brique
Ca^{2+}	10 ml échantillon 40 ml H_2O distillé 2 ml soude « NaOH » (40%)	Murexide « poudre »	EDTA	Rose → violet
Mg^{2+}	10 ml échantillon 2 ml solution tampon S.T	Eriochrome « NET »	EDTA	Violet → bleu foncé
HCO_3^-	10 ml échantillon	Vert Bromo	SO_4^{2-} C=0,02	Bleu → jaune
SO_4^{2-}	10 ml échantillon 2 ml de H_2SO_4 +volume de H_2SO_4 trouvé dans le dosage de HCO_3^- Chauffage jusqu'à l'apparition des bulles dans la solution après on ajoute 5 ml BaCl_2 après refroidissement on ajoute 10 ml de la solution tampon « NH_3 » + 2 ml MgCl_2	Eriochrome « NET »	EDTA	Violet → Bleu foncé

I.2.1 Le Potentiel Hydrogène (pH) :

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de pH, permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution. Le pH 7, aussi appelé pH neutre, caractérise un milieu neutre (ni acide ni basique). Il correspond au potentiel hydrogène de l'eau pure à 25°C. Les solutions dont le PH est inférieur à 7 sont acides, celles dont le pH est supérieur à 7 sont basiques. Le pH d'une solution est mesuré à l'aide d'un pH-mètre (Figure 9).

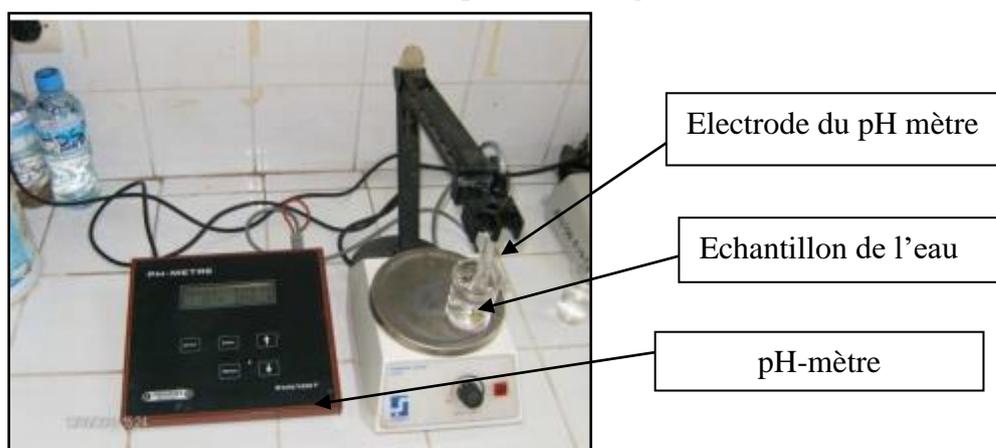


Figure 9: pH-mètre

I.2.2 La conductivité électrique(CE) :

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température, elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit peu. Par conséquent, dans le cas des eaux usées fortement chargées en matière organique, la conductivité ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge du milieu. Dans les autres cas, elle permet d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau et d'estimer le volume d'échantillon nécessaire pour certaines déterminations chimiques.

La mesure de la conductivité se fait selon le procédé suivant :

- prélever l'eau dans un bécher bien rempli.
- effectuer la mesure la plus vite possible.
- opérer avec de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée puis avec de l'eau à examiner,- mesure à l'aide d'un conductivimètre (Figure10), en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées et en agitant le liquide (barreau magnétique) pour éliminer les bulles d'air sur les électrodes.



Figure 10: Conductivimètre

I.2.3 Matière en suspension (MES) :

La notion de matière en suspension (MES) désigne l'ensemble des matières solides insolubles visibles à l'œil nu présentes en suspension dans un liquide. Plus une eau en contient, plus elle est dite turbide. La mesure des MES d'un liquide peut se faire à l'aide de plusieurs techniques. Dans notre étude, nous avons utilisé la méthode de la centrifugation (Figure 11) décrite ci-après. Lorsque les particules sont trop petites pour décanter sous l'action de la pesanteur, on peut les centrifuger, en substituant l'accélération gravitaire (g) par l'accélération centrifuge ($\omega^2.R$) définie encore par « K. g », avec : $K = \omega^2.R/g$; $\omega = 2\pi. N/60$

- R : rayon de centrifugation (m).
- N : nombre de tours par minute de la centrifugeuse.
- ω : vitesse de rotation angulaire (rad. s⁻¹).

L'eau est centrifugée à environ 5 000 tours/min pour un rayon de centrifugation de 10 cm pendant 20 minutes. Le culot est recueilli, séché à 105 °C et pesé.

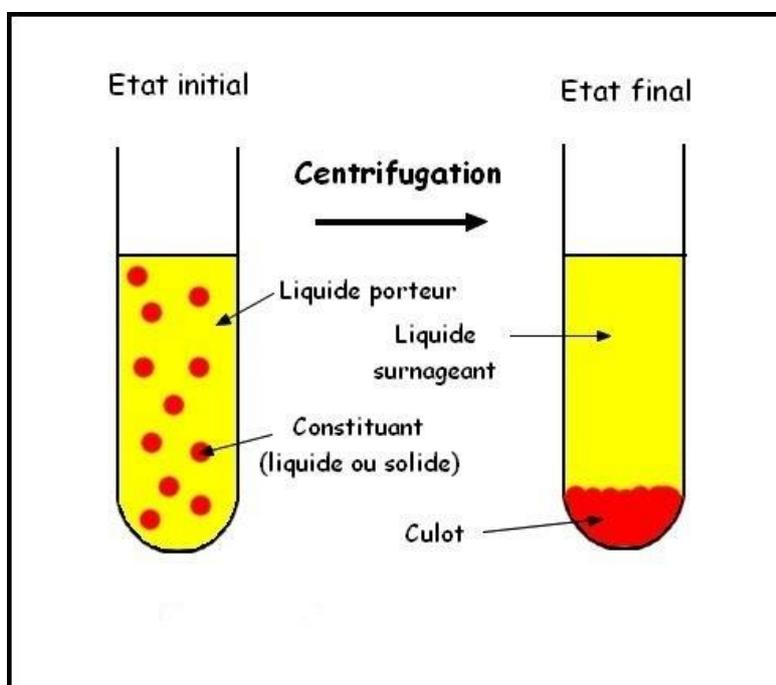


Figure 11: Principe de la centrifugation

La centrifugation doit se faire sur un volume initial d'eau de façon à recueillir au moins 30 mg de matières. Le liquide surnageant sera prélevé par siphonage sans perturbation du dépôt jusqu'à une hauteur de 10 mm de liquide au-dessus du dépôt. Les culots de matières sont transvasés dans une capsule tarée. Rincer les tubes à centrifuger par 3 fois avec une petite quantité d'eau distillée (20 ml). Introduire les eaux de lavages avec les culots dans la capsule séchée à 105 °C. Évaporer l'eau de la capsule au bain-marie. Sécher à l'étuve à 105 °C jusqu'à masse constante. Laisser refroidir au dessiccateur. Peser.

CHAPITRE IV :
ETUDE QUALITATIVE DE LA VASE

I. TECHNIQUES ET METHODES D'ANALYSES DE LA VASE:

I.1 Echantillonnage :

Il s'agit d'une technique simple pour obtenir les échantillons de la boue dans les deux bassins de décantation et le bassin 520, à l'aide du matériel suivant :

- des sachets de plastiques exempts de contamination ;
- benne à sédiments type EKMAN (Figure 12) : Cette benne de prélèvement est conçue pour être utilisée dans des fonds mous, exempts de végétation ;

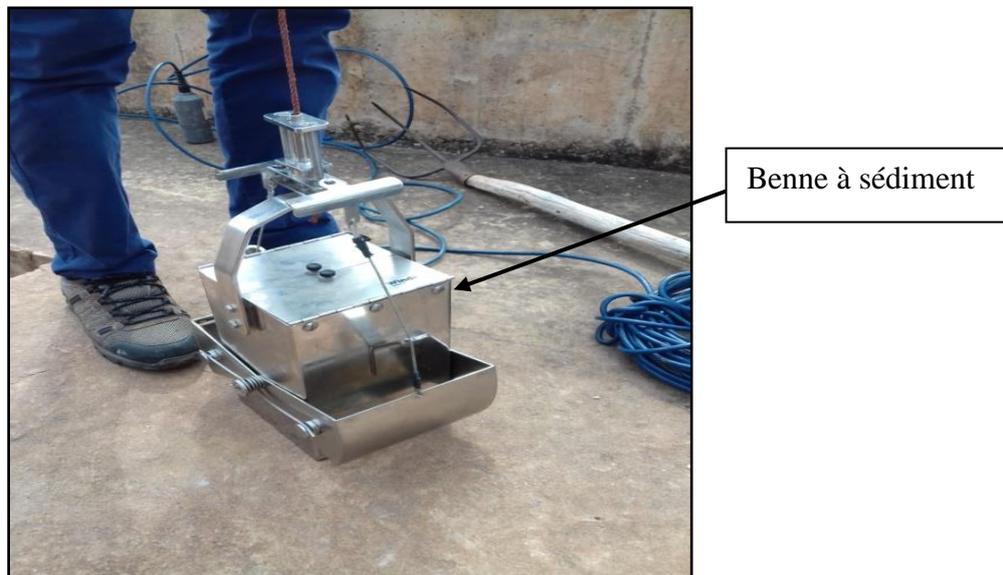


Figure 12 : Benne à sédiments utilisée pour les prélèvements
(Type EKMAN)

Au total, nous avons prélevé 7 échantillons de vase :

- 2 échantillons dans le bassin de décantation gauche : l'un à l'entrée et l'autre à la sortie.
- 2 échantillons dans le bassin de décantation droite : l'un à l'entrée et l'autre à la sortie.
- 2 échantillons dans le bassin 520 : l'un au milieu et l'autre à la sortie.
- Un échantillon de la boue sec à l'extrémité du canal coursier N'fis (Figure 13).

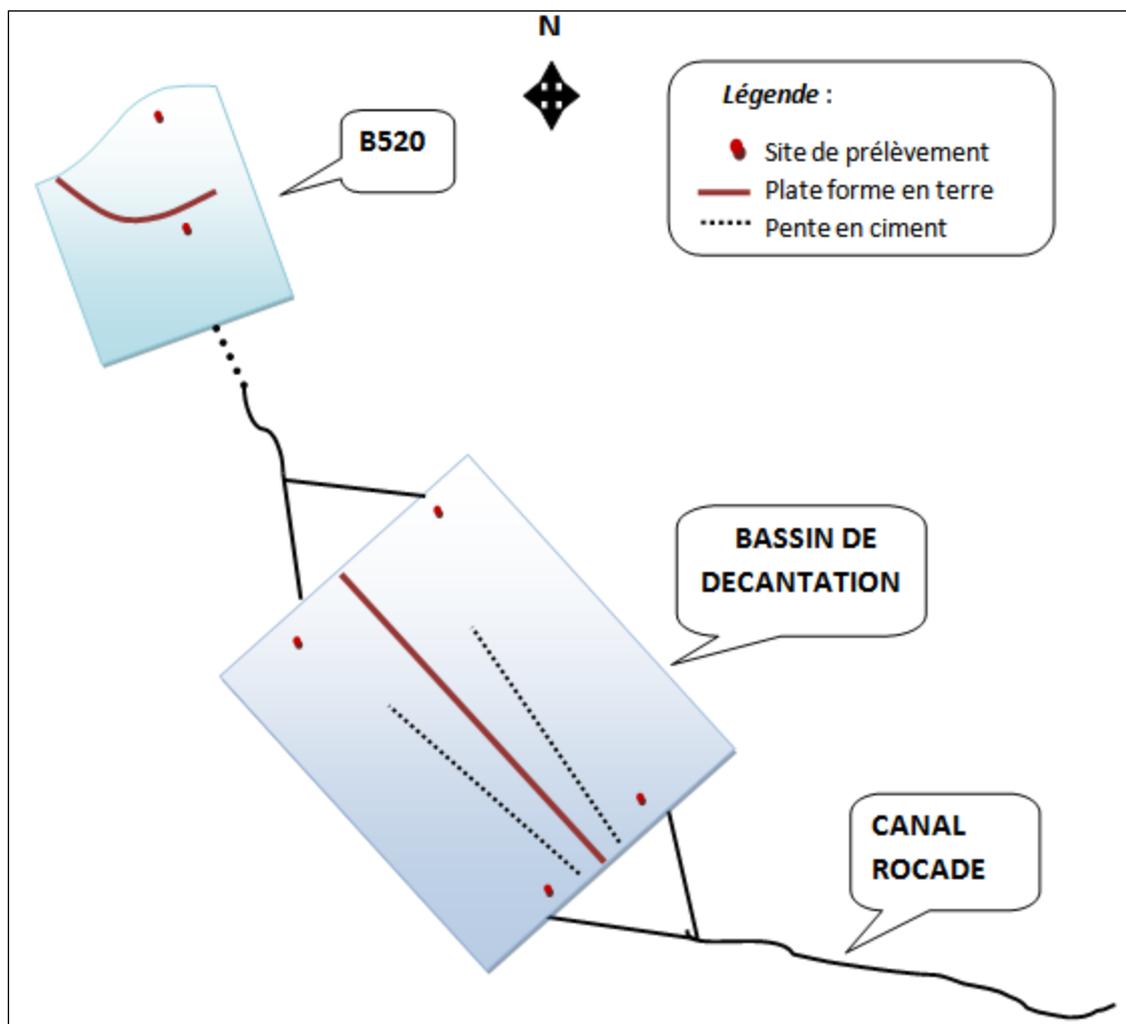


Figure 13: Sites de prélèvement de la vase dans les bassins de décantation et le bassin 520

Les échantillons prélevés sont référenciés comme suit :

Tableau 5: Caractéristiques des échantillons prélevées de la vase

Echantillon	Site de prélèvement	Coordonnées (X ; Y)
BDD-E	Entrée du compartiment droit du bassin de décantation	(8,0849 W ; 31,53853 N)
BDD-S	Sortie du compartiment droit du bassin de décantation	(8,08657 W; 31,5397 N)
BDG-E	Entrée du compartiment gauche du bassin de décantation	(8,08539 W; 31,53788 N)
BDG-S	Sortie du compartiment gauche du bassin de décantation	(8,08717 W; 31,53908 N)
B520-M	Milieu du bassin 520	(8,09007 W; 31,54277 N)
B520-S	Sortie du bassin 520	(8,0905 W; 31,5431 N)

I.2 Méthodes d'analyses :

I.2.1 la conductivité électrique (CE) :

La conductivité d'un extrait aqueux du sol renseigne de l'importance des sels solubles. Cette notion est extrêmement importante lors du diagnostic de fertilité : certaines cultures (orangers, citronniers,...) sont sensibles, d'autres (palmier dattier) sont résistants aux sels.

La mode opératoire consiste à :

- peser 10g de terre, les verser dans un flacon d'agitation, puis ajouter 50ml d'eau distillée ;
- Agiter pendant 20min ;
- Etalonner l'appareil (conductivimètre) par une solution KCL 0,01N.

I.2.2 Matière organique (MO) :

La matière organique se compose des débris végétaux ou animaux, elle peut être de taille plus ou moins grande. Elle joue plusieurs rôles dans la fertilité du sol: d'une part, elle va former l'humus (création de complexe argilo-humique) qui améliorent la structure des sols et d'autre part elle va se minéraliser pour nourrir les plantes.

La détermination de la quantité de la matière organique dans les sols agricoles est effectuée par dosage du carbone organique selon la méthode Walkley-Black.

(http://www.actu.environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/matiere_organique_du_sol.php4).

Cette méthode repose sur le principe que le bichromate de potassium oxyde le carbone contenu dans la vase. Le bichromate de potassium change de couleur selon la quantité de produits réduits et ce changement de couleur traduit la quantité du carbone organique présent dans la vase. Cette méthode ne peut être utilisée si les sols contiennent plus de 20 % de matière organique. Le réactif utilisé pour l'analyse est le bichromate de potassium (solution N).

Le mode opératoire consiste à :

- Peser (0,2 à 0,5g) dans des erlenmeyer de 250 ml selon la teneur du sol en matière organique.
- Oxydation : Le procédé d'oxydation se fait selon les étapes suivantes :

- 10ml de $K_2Cr_2O_7$, 1N par une éprouvette ou pipette de 10ml ;
 - 20ml d' H_2SO_4 concentré ;
 - Agiter 1 min en évitant de disperser l'échantillon sur les parois de l'érlenmeyer ;
 - Abandonner 30min pour laisser l'oxydation se développer ;
 - Ajouter 100ml d'eau distillée pour stopper la réaction. Laisser décanter.
- Dosage : le procédé du dosage se fait comme suit :
- Prélever 25ml de la solution ;
 - Ajouter 5g de NaF (une cuillère) ;
 - Ajouter 3gouttes de chlorhydrate de diphénylamine ;
 - Verser la solution de sel de Mohr dans une burette et titrer l'excès de bichromate.
- L'analyse doit consister à :
- Réaliser un témoin sans terre ;
 - Noter le volume de sel de Mohr dans une burette et titrer l'excès de bichromate ;
 - La couleur passe du vert clair au gris bleuté.

I.2.3 Calcaire total (CT) :

La mesure de la teneur en calcaire total est réalisée par un calcimétrie ; cette méthode permet de connaître le taux des carbonates au niveau d'un sol par réaction avec HCl. Pour cela nous avons utilisé le calcimètre Bernard (Figure 14). Le principe consiste à mesurer le volume de CO_2 dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium ($CaCO_3$) d'un échantillon de sol ou de roche.

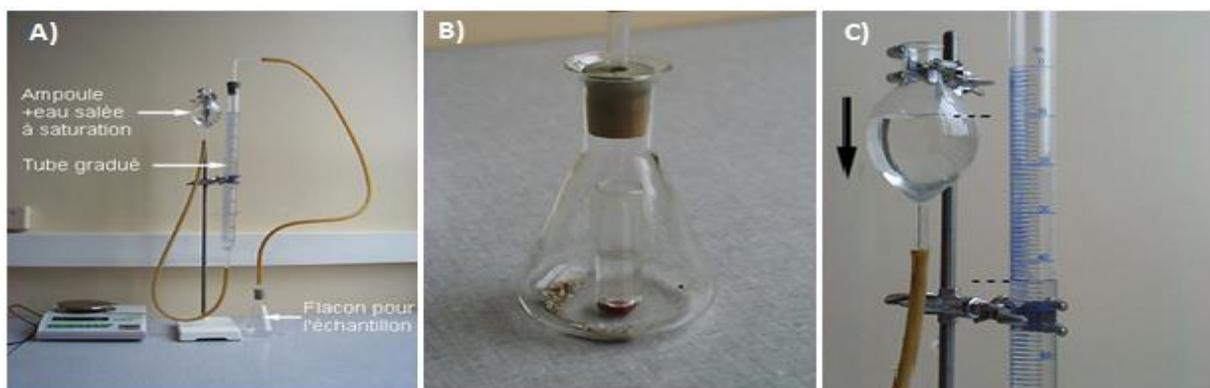


Figure 14: A : Calcimètre Bernard, B : préparation de l'échantillon, C : étape de calcul du calcaire total

Le mode opératoire consiste à :

- Préparer une solution saturée de NaCl
- Remplir l'ampoule à mi-hauteur de cette solution (si on utilise de l'eau non salée une partie du CO₂ dégagé va se dissoudre dans l'eau et le résultat sera faussé)
- Peser 0,5 à 1g de l'échantillon broyé selon la nature carbonaté de l'échantillon.
- Placer l'échantillon dans l'Erlenmeyer.
- A l'aide d'une pince, mettre en place le tube contenant de l'HCl Concentré dans L'Erlenmeyer puis reboucher l'Erlenmeyer (Figure 15).
- Ajuster les niveaux d'eau entre l'ampoule et le tube Gradué.
- On note le niveau initial.
- Incliner l'Erlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon.
- Reposer l'Erlenmeyer et attendre la fin de l'effervescence.

Prendre la mesure du niveau final (Figure 16).

I.2.4 Le phosphore assimilable (P₂O₅) :

Le phosphore joue un rôle important dans la plupart des activités biochimiques complexes de la plante et entre dans la composition organique permanente des tissus. Il est à ce titre un constituant essentiel des végétaux.

Sa teneur dans un échantillon de sol se mesure selon le mode opératoire suivant ;

- On pèse 5g de terre tamisée à 2 mm dans un flacon d'agitation et on lui ajoute 100 ml de solution de Bicarbonate de sodium (NaHCO₃) avec environ une cuillère de charbon actif en poudre, boucher et agiter mécaniquement durant 30min. Après filtration des solutions à travers le papier filtre Wattman, on prélève 1 ml de solution et on lui ajoute 8 ml de l'eau distillé et 1 ml d'acide ascorbique. On fait la lecture sur place dans un spectrophotomètre.
- Gamme étalon :
 - Dans des fioles jaugées de 50ml, on distribue : 0-2,5-5-7,5-10-15-20ml de la solution fille de phosphore. On ajoute ensuite 5ml de la solution d'acide

ascorbique et compléter à 50ml avec l'eau distillée. Cette gamme correspond à des concentrations en phosphore de : 0-0,05-0,1-0,15-0,20-0,30-0,40 ppm.

- L'échantillonnage du phosphore assimilable se fait comme suit : Dans des fioles jaugées de 50ml on introduit un volume adéquat (1 à 5 ml) des filtrats obtenus après extraction, après avoir réalisé un témoin avec 5ml dNaHCO₃⁻. On ajoute 5ml de la solution d'acide ascorbique et 30ml d'eau distillée.
- On mesure enfin la densité optique (DO) 30min après l'addition de la solution d'acide ascorbique. La longueur d'onde utilisée 710nm (Figure 15).



Figure 15: Spectrophotomètre utilisé pour calculer la densité optique

I.2.5 Salinité :

La salinisation d'une vase est l'accumulation excessive de sels solubles : sels de calcium (Ca²⁺), de magnésium (Mg²⁺), de sodium (Na⁺), les chlorures (Cl⁻), les sulfates (SO₄²⁻) et les bicarbonates (HCO₃⁻) dans cette vase. L'augmentation de la salinité des vases peut avoir des conséquences néfastes sur la production végétale, et sur la baisse de la fertilité des vases.

La salinité d'un échantillon solide est obtenue en comparant les résultats de la conductivité à la conductivité de la solution de KCl de 32,4356 g/l selon l'équation suivante (<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA115Cond11.pdf>) :

$$S=A \times 35 / B$$

S : salinité de l'échantillon.

A : conductivité de l'échantillon en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

B : conductivité de la solution de KCl 32,4356 g/l.

35 : la salinité de référence

I.2.6 Granulométrie :

La granulométrie des échantillons de vase a été mesurée par diffraction laser qui consiste à déterminer les distributions granulométriques des particules en mesurant la variation angulaire de l'intensité de lumière diffusée lorsqu'un faisceau laser traverse un échantillon de particules dispersées. Les grosses particules diffusent la lumière à de petits angles par rapport au faisceau laser et les petites particules diffusent la lumière à des angles supérieurs.

Cette analyse est effectuée avec l'appareil HORIBA 300 dont le banc optique comprend une diode laser à 650 nm combinée à une série de détecteurs frontaux, latéraux et arrière (Figure 16). Grâce à son optique de type « Fourier inversé », l'appareil mesure des particules en voie liquide allant de 0,1 à 600 μm . Son système de circulation comprend une pompe centrifuge et une cuve à ultrasons servant à favoriser une dispersion optimale.

Cette méthode permet de connaître rapidement les proportions en argile-limon-sable pour un échantillon en 20 secondes.



Figure 16: Granulomètre laser de type HORIBA

Les proportions relatives de chaque catégorie sont déterminées en pourcentage de la masse totale du sol minéral. Les particules minérales ont été classées selon leur diamètre en tenant compte de l'échelle suivante :

Sable : taille comprise entre 63 microns et 2 mm

Limons : taille comprise entre 2 microns et 63 microns

Argiles ; taille inférieure à 2 microns

Les résultats des différentes fractions granulométriques obtenus sont projetés dans le diagramme triangulaire pour déterminer leur texture (voir figure19).

CHAPITRE V :
RESULTATS ET DISCUSSION

Avant toutes consommations d'eau, il est indispensables de procéder au contrôle de sa qualité qui doit être conforme aux normes marocaines de la qualité des eaux superficielles destinées à l'irrigation (voir annexe 3). Les analyses d'eau et de la vase que nous avons effectuées ont pour but de déterminer :

- 1) si les eaux contenues et qui transitent dans les bassins répondent à ces normes.
- 2) si le fonctionnement de ces bassins permet d'améliorer la qualité de ces eaux.

I. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DE L'ANALYSE DES EAUX

Les échantillons d'eau et de la vase prélevés dans les deux bassins de décantation et dans le bassin 520 ont été analysés au laboratoire de l'ORMVAH et au Département des Sciences de la Terre de la Faculté des Sciences et Techniques.

I.1 La conductivité électrique :

Les valeurs trouvées lors de la mesure de la conductivité électrique sont représentées dans le tableau 6. Le calcul est effectué selon la formule suivante :

$$\text{Concentration des sels solubles en (mg/l)} = \text{conductivité électrique (mmhos/cm)} \times 0.64$$

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 6. Ils montrent que la totalité des échantillons sont légèrement salins, leur conductivité électrique est comprise entre 0,77 mmhos/cm à 0,94 mmhos /cm avec une moyenne de 0,892mmhos/cm.

Tableau 6: Résultats de la conductivité de l'eau prélevée dans les bassins de décantation et le bassin 520

Echantillon	La conductivité électrique (25°C)	
	Mmhos/cm	Sels solubles (mg /l)
BDD-E	0,779	499
BDD-M	0,944	604
BDD-S	0,894	572
BDG-E	0,778	498
BDG-M	0,938	600
BDG-S	0,916	586
B520-S	0,943	603
B520-M	0,945	605

D'après le tableau 7 et en fonction de la conductivité électrique obtenue pour les différents échantillons, on peut dire que ces eaux présentent un risque léger de salinité (<http://www.lenntech.fr/application/irrigation/salinite-risque-irrigation.htm>).

Tableau 7: Risque de salinité des eaux d'irrigation en fonction de la conductivité

Risque	Sels solubles (mg/l)	Conductivité (mmhos/cm)
Nul	<500	<0,75
Léger	500-1000	0,75-1,5
Modéré	1000-2000	1,5-3,00
Sévère	>2000	> 3,00

I.2 Potentiel hydrogène (pH) :

Le pH est un facteur important dans le traitement des eaux d'irrigation, il doit être conforme aux normes de l'eau d'irrigation (voir annexe 3). Le tableau 8 représente les résultats que nous avons obtenus pour l'analyse du pH.

Tableau 8: Résultats obtenus du pH de l'eau des différents bassins

Ech.	BDD-E	BDD-M	BDD-S	BDG-E	BDG-M	BDG-S	B520-E	B520-M	B520-S
PH	8,21	8,2	8,25	7,83	8,02	7,45	7,94	8,07	7,85

Le tableau 8 indique que tous les échantillons ont un pH moyennement alcalin à alcalin avec des valeurs qui varient entre 7,83 à 8,25.

I.3 Le bilan ionique :

Le bilan ionique des eaux consiste à quantifier les éléments majeurs tels que le Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Le tableau 9 présente la concentration de chaque élément majeur.

Tableau 9: Concentration des éléments majeurs dans les échantillons d'eau en mg/l

Ech.	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
BDD-E	20	29,04	142	183	96
BDD-M	40	19,36	177,5	231,8	48
BDD-S	52	4,84	159,75	231,8	115,2
BDG-E	32	9,68	124,25	195,2	67,2
BDG-M	52	7,26	159,75	207,4	144
BDG-S	44	24,2	177,5	146,4	9,6
B520-S	48	12,1	159,75	231,8	76,8
B520-M	32	14,52	177,5	207,4	105,6

Les résultats des analyses du bilan ionique sont consignés dans le tableau 9 où les concentrations sont exprimées en (mg/l). Ces analyses montrent que tous les échantillons présentent des valeurs très proches.

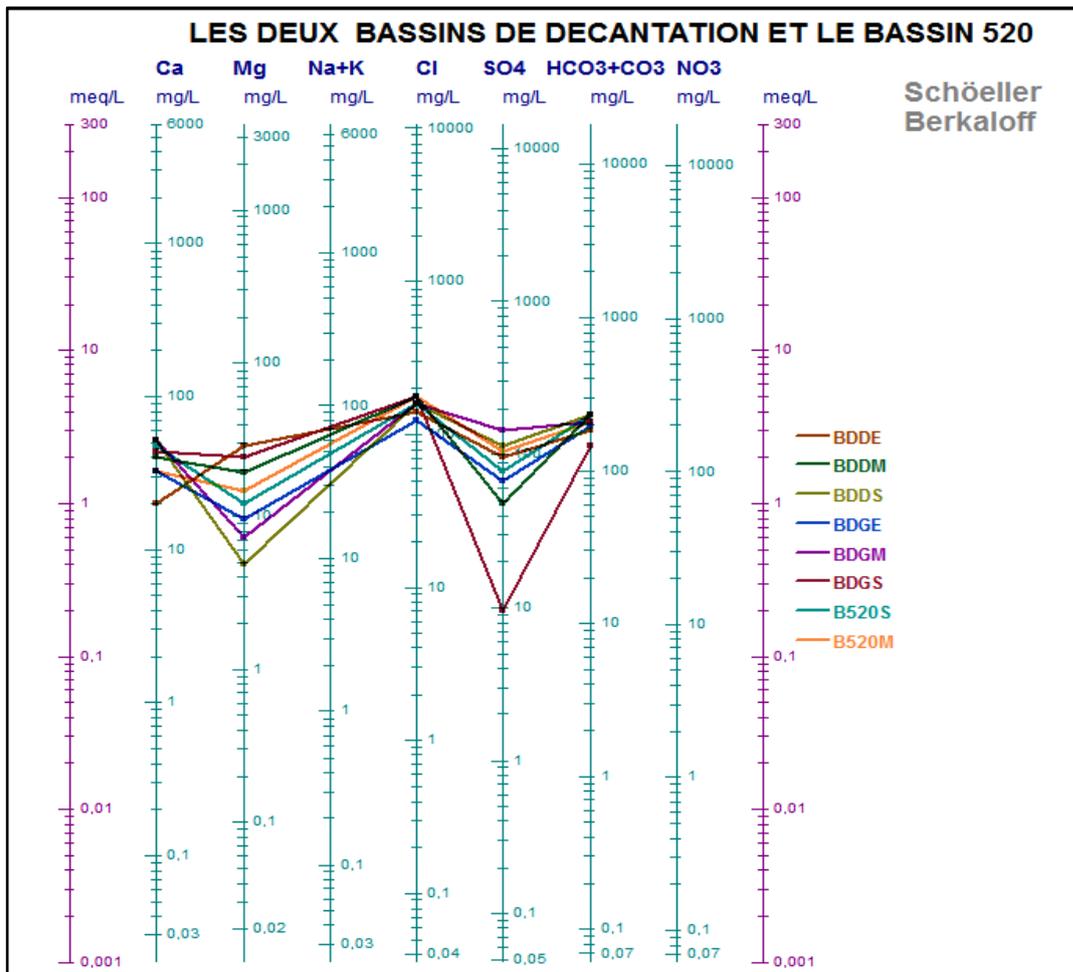


Figure 17: Projection des résultats des analyses des eaux des bassins sur le diagramme Shoeller. (Simler R.(31-10-2014), laboratoire d'hydrogéologie d'avignon)

La figure17 représente la projection des résultats obtenus dans le diagramme de schoeller. Selon ce diagramme, on constate que tous les échantillons analysés présentent des courbes des variations de la concentration des éléments majeurs qui ont la même allure. Ceci indique qu'on est en présence d'échantillons d'eau ayant la même source d'eau d'une part, et qu'il n'ya pas d'évolution de la qualité chimique d'eau au cours de leur passage dans les différents bassins.

L'analyse des données obtenues permet de mettre en évidence que :

- Les teneurs en ion de sulfate (SO_4^{2-}) présentent des valeurs faibles vis-à-vis des normes, ils varient de 9,6 mg/l à 115,5mg/l.
- Des concentrations faibles en bicarbonates et en chlorure ; la teneur en bicarbonates varie de 146,4mg/l à 231,8 celle de chlorure varie de 124,2mg/l à 177,5mg/l ;
- Les eaux sont moins chargée en calcium et en magnésium : Eau agressive peut attaquer les matériaux lors de l'écoulement " Phénomène de corrosion".

I.4 Matière en suspension(MES) :

Les matières en suspension qui correspondent globalement à l'ensemble des particules organiques ou minérales, non dissoutes dans l'eau, représentent un paramètre important qui renseigne sur le degré de pollution d'une eau par les particules résultant principalement de l'érosion des sols et accessoirement des retombées atmosphériques. Le tableau 10 représente les teneurs en matière en suspension dans les échantillons d'eau.

Tableau 10: Teneurs en matière en suspension dans les échantillons d'eau

Echantillon	BDD-E	BDD-M	BDD-S	BDG-E	BDG-M	BDG-S	B520-E	B520-M	B520-S
MES (mg/l)	460	220	100	640	200	140	380	180	160

Les normes marocaines d'eau d'irrigation utilisées pour classer l'eau d'irrigation en fonction de la teneur en MES sont représentées dans le tableau 11 :

Tableau 11: Normes d'interprétation de la MES

Type d'eau d'irrigation	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
MES (mg/l)	<50	50-200	200-1000	1000-2000	2000-4000

Les teneurs en MES des eaux du canal de Rocade dépendent étroitement de la période pendant lesquelles les mesures sont effectuées ; ces teneurs sont plus élevées en période d'hiver et plus faibles en période d'été. Les échantillons d'eau que nous avons analysés ont été récoltés en mois d'Avril. D'après les résultats que nous avons obtenus, les teneurs en MES sont comprises entre 100 et 600 mg/l. Donc d'après les normes (Tableau 11) c'est une eau d'une qualité moyenne à bonne. A partir des valeurs des teneurs en MES, on peut déduire celles de la turbidité en appliquant la formule suivante :

$$\text{La Concentration de MES (mg/l)} = 1,2 \times \text{turbidité (NTU)} \quad / \quad \text{NTU : Unités de la Turbidité Néphélogométriques}$$

Les valeurs obtenues pour la turbidité, à partir de cette relation sont présentés dans le Tableau 12.

Tableau 12: Les valeurs obtenues de la turbidité à partir de la MES

Echantillon	MES (mg/l)	Turbidité(NTU)
BDD-E	460	383,3
BDD-M	220	183,3
BDD-S	100	83,3
BDG-E	640	533,3
BDG-M	200	166,6
BDG-S	140	116,6
B520-E	380	316,6
B520-M	180	150
B520-S	160	133,3

D'après ces résultats, nous pouvons conclure que la turbidité change d'un bassin à l'autre. Cette variation est fonction de teneur en matière en suspension qui diminue de l'amont vers l'aval de chaque bassin. Cette variation s'explique par le fait que l'eau est toujours chargée à ce niveau ; la valeur la plus élevée est marquée dans l'entrée du bassin de décantation gauche (533,3NTU) ensuite l'entrée du bassin droite avec une valeur de 383,3NTU après une valeur inférieure aux précédentes qui est de 316,6 NTU dans l'entrée de bassin 520 .

II. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DE L'ANALYSE DE LA VASE

II.1 Conductivité électrique :

Le tableau 13 représente les valeurs obtenues suite à la mesure de la conductivité électrique de la vase prélevée dans les différents sites de prélèvement.

Tableau 13: Résultats de la conductivité de la vase

Echantillon	Conductivité électrique	
	Mmhos/cm	Sels solubles (g/kg)
BS	0,53	1,69
BDG-E	0,59	1,88
BDG-S	0,46	1,47
BDD-E	0,51	1,63
BDD-S	0,48	1,55
B520-S	0,56	1,79
B520-M	0,53	1,69

Les résultats obtenus de la conductivité électrique varie de 0,46mmhos/cm (échantillon BDG-S) à 0,56mmhos/cm (échantillon B520-S) ; soit une teneur en sels solubles qui varie de 1,47g/kg à 1,79g/kg. Les échantillons de la vase extraits sont moyennement salins selon les normes marocaines des eaux d'irrigation.

II.2 Potentiel hydrogène (pH) :

Les Résultats obtenus pour le pH sont consignés dans le Tableau 14 :

Tableau 14: Résultats du pH des échantillons de la boue

Echantillon	BDG-E	BDG-S	BDD-E	BDD-S	BS	B520-S	B520-M
pH	8,48	8,63	8,50	8,53	8,57	8,52	8,54

Le pH varie entre 8,48 (échantillon BDG-E) et 8,63(échantillon BDG-S), avec une moyenne de 8.54. Ceci indique qu'au même titre que les eaux analysées, tous les échantillons de la vase présentent un pH alcalins.

II.3 Calcaire Total :

Les Résultats obtenus pour l'analyse du calcaire total sont projetés dans le tableau 15 :

Tableau 15: Résultats d'analyse de la teneur en CaCO₃

Echantillon	m(g)	Vi (ml)	Vf (ml)	dv (ml)	M (g/mol)	CaCO ₃ (%)
BDD-E	0,85	96	83,5	12,5	0,05580357	6,56
BDD-S	0,731	96	85	11	0,04910714	6,72
BDG-E	1,549	95,4	66	29,4	0,13125	8,47
BDG-S	0,675	96,6	87	9,6	0,04285714	6,35
B520-M	1,099	96	78	18	0,08035714	7,31
B520-S	0,817	96	83	13	0,05803571	7,10

Vi=volume initial; Vf=volume final; dv=Vf-Vi

Les teneurs en CaCO₃ des échantillons analysés sont constantes, elles sont de l'ordre de 6-8%. D'après les normes marocaines d'eau d'irrigation, ces échantillons sont moyennement calcaires.

II.4 Matière organique (MO) :

Après avoir fait l'oxydation de la matière organique, nous avons obtenu les résultats présentés dans le tableau 16.

Tableau 16: Résultats de la matière organique (%) et du phosphore assimilable (ppm)

Echantillon	BDG-E	BDG-S	BDD-E	BDD-S	BS	B520-S	B520-M
MO(%)	1,720	0,860	1,564	0,782	1,329	1,173	1,407
P₂O₅ (ppm)	12,34	10,93	14,57	13,16	15,87	12,11	13,28

L'analyse de ces résultats montre que tous les échantillons analysés présentent des teneurs faibles en matière organique ; la teneur ne dépasse pas 2%.

II.5 Phosphore assimilable :

Les résultats obtenus du phosphore assimilable sont projetés dans le tableau 16 :

D'après le Tableau 16, on remarque que la totalité des prélèvements sont faibles en P_2O_5 , leur teneur ne dépasse guère 15ppm.

II.6 Analyses granulométriques :

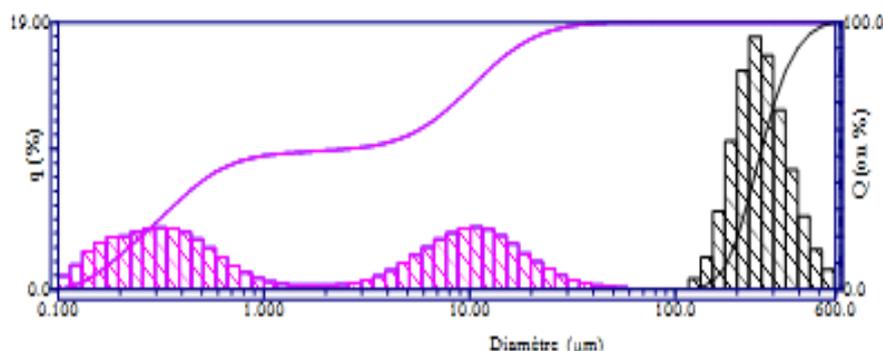
Les analyses granulométrique sont effectuées par diffraction laser de la vase des deux compartiments du bassin de décantation et du bassin 520 ont été effectuées au département des sciences de la terre de la faculté des sciences et technique, Guéliz (FSTG)

La figure18 représente le type de fiche obtenue pour chaque échantillon. Pour chacun des échantillons nous avons déterminé le pourcentage des différentes fractions granulométriques (Sable, limon, argile). Les résultats de ces calculs sont détaillés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Tableau récapitulatif des données granulométriques des échantillons

	Référence	Argile	Limons	Sable	Moyenne	Texture
Comp, Gauche	BS	33,50%	66,14%	0,36%	12,47 μm	Limono-argileux fin
	BDG-E	51,48%	48,29%	0,23%	6,83 μm	Argilo-limoneux
	BDG-S	58,08%	41,92%	0%	4,64 μm	Argilo-limoneux
Comp, Droit	BDD-E	51,95%	48,05%	0%	6,05 μm	Argilo-limoneux
	BDD-S	55,35%	44,65%	0%	5,53 μm	Argilo-limoneux
B520	B520-S	42,96%	56,72%	0,32%	6,97 μm	Argilo-limoneux
	B520-M	48,39%	51,46%	0,15%	9,94 μm	Argilo-limoneux

HORIBA LA-300 for Windows(TM) Ver.3.74
LA-300 system for Windows



No.	Diamètre(µm)	q (%)	% en dessous	No.	Diamètre(µm)	q (%)	% en dessous	No.	Diamètre(µm)	q (%)
1	0.115	0.965	0.965	26	3.409	0.659	53.770	51	101.460	0.0
2	0.131	1.734	2.700	27	3.905	0.963	54.734	52	116.210	0.0
3	0.150	2.730	5.430	28	4.472	1.368	56.102	53	133.103	0.0
4	0.172	3.315	8.744	29	5.122	1.856	57.959	54	152.453	0.0
5	0.197	3.755	12.499	30	5.867	2.461	60.420	55	174.616	0.0
6	0.226	3.774	16.273	31	6.720	3.021	63.441	56	200.000	0.0
7	0.259	4.079	20.351	32	7.697	3.585	67.026	57	229.075	0.0
8	0.296	4.283	24.635	33	8.816	4.011	71.038	58	262.376	0.0
9	0.339	4.382	29.017	34	10.097	4.344	75.381	59	300.518	0.0
10	0.389	4.341	33.359	35	11.565	4.440	79.821	60	344.206	0.0
11	0.445	4.059	37.417	36	13.246	4.274	84.095	61	394.244	0.0
12	0.510	3.577	40.994	37	15.172	3.857	87.952	62	451.556	0.0
13	0.584	2.967	43.961	38	17.377	3.257	91.208	63	517.200	0.0
14	0.669	2.308	46.269	39	19.904	2.583	93.792	64	592.387	0.0
15	0.766	1.708	47.977	40	22.797	1.965	95.757			
16	0.877	1.214	49.191	41	26.111	1.469	97.225			
17	1.005	0.828	50.018	42	29.907	1.017	98.242			
18	1.151	0.578	50.596	43	34.255	0.676	98.919			
19	1.318	0.425	51.021	44	39.234	0.449	99.368			
20	1.510	0.336	51.357	45	44.938	0.302	99.670			
21	1.729	0.296	51.653	46	51.471	0.198	99.867			
22	1.981	0.294	51.947	47	58.953	0.133	100.000			
23	2.269	0.317	52.264	48	67.523	0.000	100.000			
24	2.599	0.370	52.634	49	77.339	0.000	100.000			
25	2.976	0.477	53.111	50	88.583	0.000	100.000			

Nom fichier :BDE Médian : 1.0018(
 N° ID :20111124; Moyenne : 6.0551(
 Vitesse de circulation :15 Mode : 10.7946
 Ultrasons :OFF R Parameter : 4.3167E
 Laser T% : 88.1(%) Validation :
 Type de distribution :Manual
 Indices de réfraction :1.08-0.001
 Type d'axe :LogX-LinY
 Matériau :
 Source :
 Etapes de la dispersion :

Figure 18: Exemple du type de fiche obtenue par granulomètre laser (échantillon BDD-E)

Si on projette les résultats granulométriques obtenus sur le diagramme triangulaire des textures (Figure 19), on constate que tous les échantillons de la vase extraite ont une texture argilo-limoneuse. Le taux minimal d'argile identifié est de 33,50% (échantillon BS) et le taux maximal est de 58,08% (échantillon BDG-S). Le taux de limon varie entre un minimum de 41,92% (échantillon BDG-S) et un maximum de 66,14% (échantillon BS), tandis que le taux maximal du sable enregistré est aux alentours de 0,36% (échantillon BS).

Cette vase contient un taux de matière fine (Argile + Limon) de 99,84%. Ce taux de matière fine explique les valeurs élevées de la turbidité dans les bassins, car les particules fines restent longtemps en suspension dans l'eau.

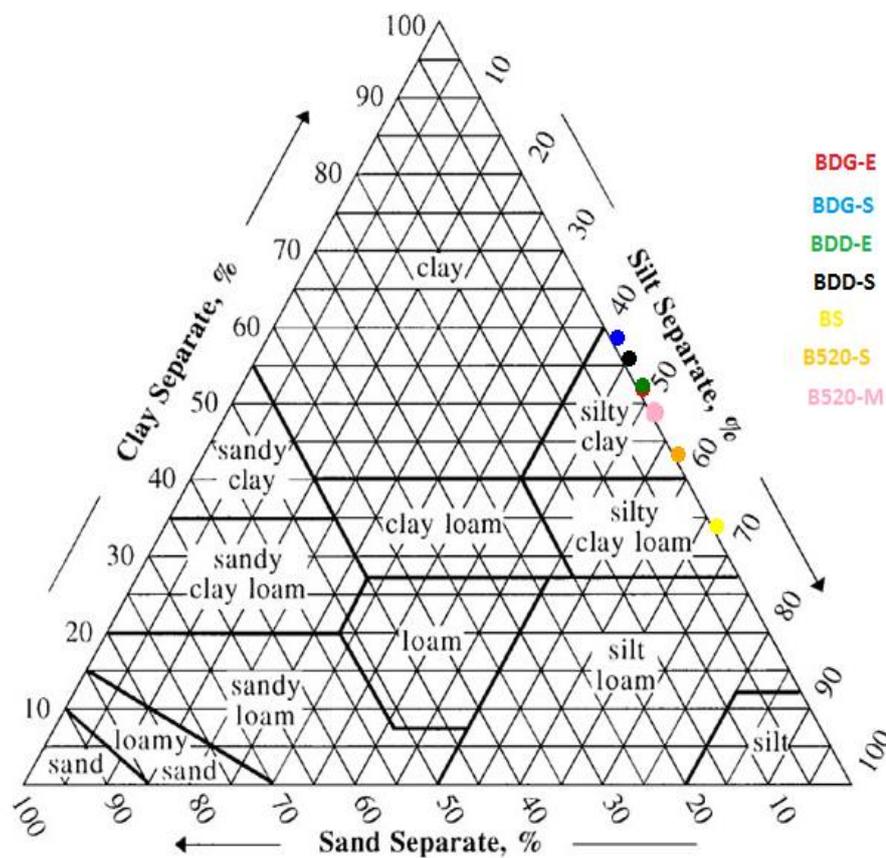


Figure 19: Projection des échantillons de la vase dans le diagramme triangulaire

II.7 Relation entre la matière en suspension de l'eau et la granulométrie de la vase

L'interprétation conjointe des données de la MES et de grain moyen permet d'évaluer le degré d'efficacité des deux bassins de décantation et le bassin 520.

Pour le bassin de décantation droit :

Si on compare les données obtenus pour les MES de l'eau et pour la granulométrie de la vase (Tableau 18 et Figure 20), on constate que la quantité des particules a connu une diminution de l'amont vers l'aval.

Tableau 18: les valeurs de grain moyen en μm et des MES en mg/l

ECH.	GRAIN MOYEN (μm)	MES (mg/l)
BDD-E	6,05	460
BDD-M	-	220
BDD-S	5,53	100

Les résultats de tableau sont projetés dans le graphe ci-dessous.

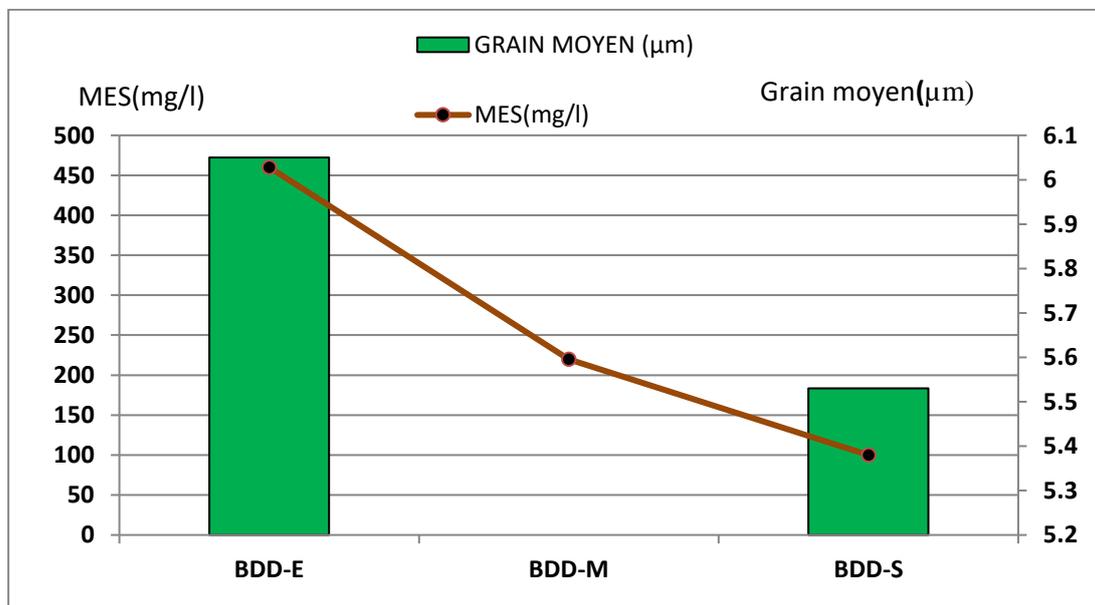


Figure 20: Evolution du grain moyen et des MES du bassin droit

. Ces résultats indiquent que le bassin droit conduit à la décantation d'une grande quantité de la MES des eaux d'irrigation, ce qui veut dire qu'il joue un rôle important dans la clarification des eaux qui transitent dans ce bassin.

Pour le bassin de décantation gauche :

Les résultats du tableau 19 et de la figure 21 indiquent que la quantité des MES diminue très nettement de l'entrée vers la sortie du bassin. De même, l'évolution du grain moyen diminue de l'entrée (6,83 μm) vers la sortie (4,64 μm).

Tableau 19: La quantité de MES et de grain moyen dans le bassin gauche

ECH.	GRAIN MOYEN (μm)	MES (mg/l)
BDG-E	6,83	640
BDG-M	-	200
BDG-S	4,64	140

Le graphe suivant montre l'évolution de la MES et de grain moyen de bassin de décantation droit.

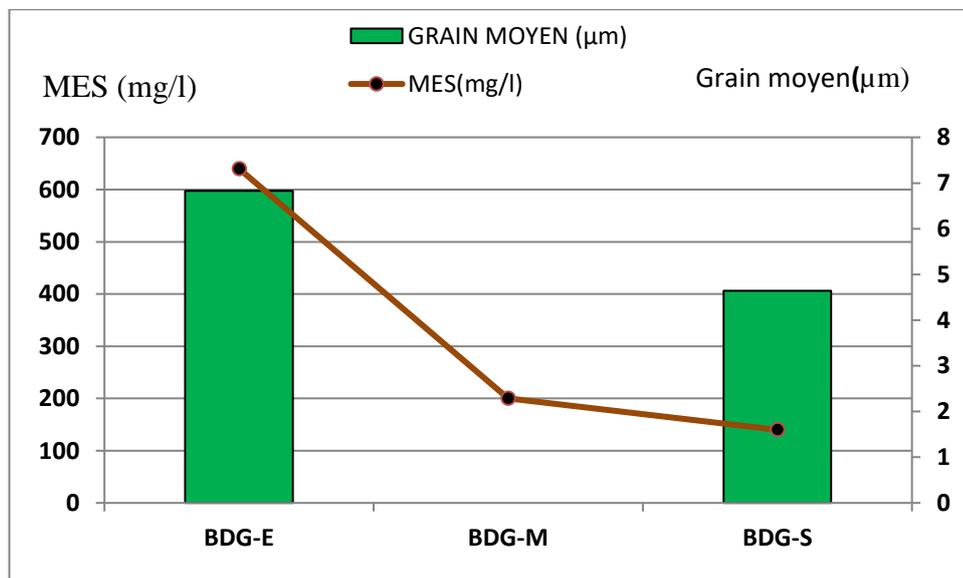


Figure 21: Variation du grain moyen et des MES du bassin gauche

Donc, on peut conclure que le bassin gauche a un rôle plus important que le bassin droit dans la décantation des particules fines et dans la clarification des eaux d'irrigation qui transitent par ce bassin.

Pour le bassin 520 :

- D'après le tableau 20 et le diagramme de la figure 22, on constate qu'il ya une évolution décroissante nette de l'amont vers l'aval du bassin 520 à la fois pour la teneur en MES et pour la granulométrie.

Tableau 20: pourcentage de la granulométrie et de la MES dans le bassin 520

ECH.	GRAIN MOYEN (μm)	MES (mg/l)
B520E	-	380
B520M	9,94	180
B520S	6,97	160

Les résultats obtenus de la MES et de grain moyen sont projetés dans le graphe suivant.

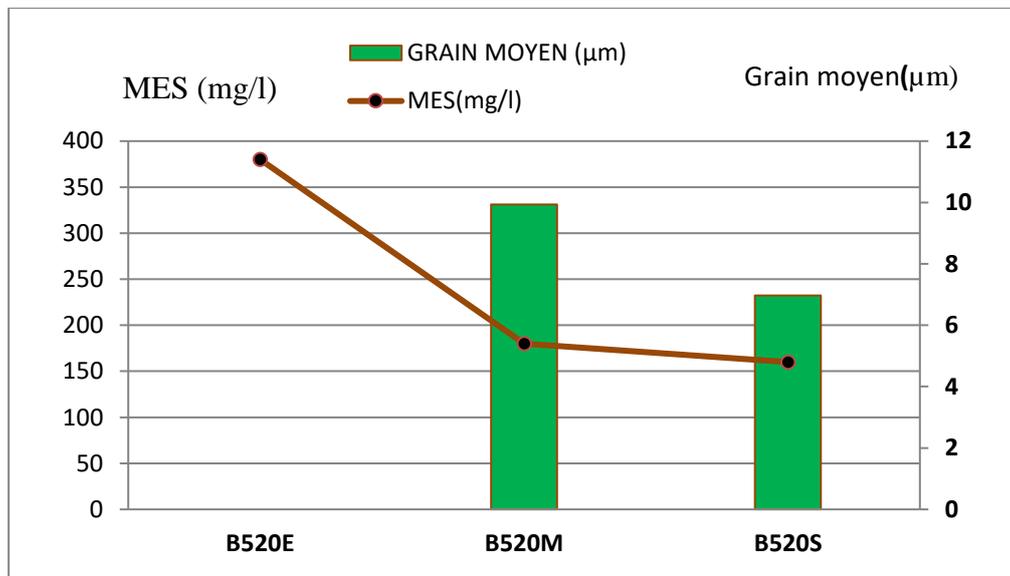


Figure 22: Evolution du grain moyen en μm et des MES en mg/l

On peut conclure que, de même que les bassins de décantation, le bassin 520 joue un rôle important dans la clarification des eaux qui transitent par ce bassin.

D'après les analyses et l'interprétation des trois diagrammes (Figures 22, 23 et 24) on peut conclure que les deux compartiments du bassin de décantation et le bassin 520 ont un rôle très important pour la filtration et la décantation des eaux d'irrigation de la région du Haouz central

CONCLUSION GENERALE

Le travail de stage que nous avons effectué conjointement à l'ORMVAH et à la FST de Marrakech est un travail complet qui comporte :

- Une analyse bibliographique des documents relatifs au canal de Rocate et aux deux bassins de décantation,
- Un travail de terrain qui consiste à étudier et à observer les deux bassins et à faire des prélèvements d'eau et de la vase,
- Un travail de laboratoire qui consiste à analyser par l'intermédiaire de plusieurs techniques à la fois l'eau et la vase ; ces techniques ont été appliquées aussi bien à l'ORMVAH et à la FST,
- Un travail de synthèse, d'analyses et d'interprétations des données obtenues.

En fonction des objectifs que nous nous sommes fixés au départ (voir Introduction), les résultats que nous avons obtenus permettent de conclure sur les points suivants :

- Les eaux des bassins étudiés se caractérisent par un pH moyennement alcalin à alcalin et selon la conductivité électrique, ces eaux sont légèrement salines.
- Les résultats des analyses chimiques des eaux montrent une concentration faible des ions de sulfates (SO_4^{2-}), suivis par les bicarbonates et les chlorures qui ont des teneurs légères. A cela s'ajoute la grande quantité de matière en suspension.
- Concernant les concentrations des cations on constate que le calcium et le magnésium sont présents en faible quantité. Donc ces eaux sont pauvres en calcium et en magnésium.
- D'après la conformabilité des résultats des analyses aux normes on peut conclure que ces eaux sont compatibles à l'irrigation.

La vase décantée est légèrement saline et alcaline, en plus elle est pauvre en matière organique ; moyennement riche en calcaire et faible en phosphore assimilable.

- D'après les analyses et l'interprétation des trois diagrammes (Figures 22.23 et 24) on peut conclure que les deux compartiments du bassin de décantation et le bassin 520 ont un rôle très important pour la filtration et la décantation des eaux d'irrigation de la région du Haouz central.

Références bibliographiques

- Rapport ORMVAH (2011). Note d'orientation .n° 186, 43p
- Rapport ORMVAH, présentation centre de gestion et de télé-contrôle et caractéristiques géométriques de canal, 2012,6p
- Inguer M. et Bourouay O. (2016), Etudes de l'envasement du canal de Rocade (pleine du Haouz-Marrakech). Rapport LST EE, FST, Université Cadi Ayyad Marrakech. 50p
- Jaboun K. et Kouza M. (2012), Etude de l'impact du transport solide du canal Rocade sur la qualité de l'eau et sur l'irrigation. Techniques naturelles de remédiation (Barrage Sidi Driss et le canal de Rocade, Maroc)
- Rapport ORMVAH (2017) : Intégration de deux bassins de décantation dans le logiciel de supervision et de régulation du canal de Rocade. ORMVAH, 17p.
- Souidi B. (2018) : Le renforcement des capacités des cadres de l'ORMVAH pour la réalisation des états de référence du sol et d'eau dans la zone de la grande irrigation.
- Simler R. (31-10-2014), laboratoire d'hydrogéologie d'avignon)
- <http://energieterre.com/index.php/sidi-driss/>
- <http://www.Lenntech.fr/application/irrigation/salinite-risque-irrigation.htm>
- <http://www.researchgate.net/https://svt.ac-versailles.fr/IMG/archives/docpeda/banques/Limay/docs/calci.htm>
- http://www.actu.environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/matiere_organique_du_sol.php4
- (<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA115Cond11.pdf>)

Listes des abréviations

FSTG	Faculté des Sciences et Technique Guéliz
ORMVAH	Office Régional de Mise en Valeur agricole
MES	Matière en suspension
Ph	Potentiel hydrogène
CE	Conductivité électrique
MO	Matière organique
NTU	Unités de la turbidité néphélogométrique
CT	Calcaire total
Ca	Calcium
Mg	Magnésium
HCO3	Bicarbonates
SO4	Sulfates
Cl	Chlorure
Na	Sodium
BDD-E	Bassin de décantation droite entrée
BDD-M	Bassin de décantation droite milieu
BDD-S	Bassin de décantation droite sortie
BDG-E	Bassin de décantation gauche entrée
BDG-M	Bassin de décantation gauche milieu
BDG-S	Bassin de décantation gauche sortie
BS	Boue sèche
B520-E	Bassin 520 entrée
B520-M	Bassin 520 milieu
B520-S	Bassin 520 sortie
Ech.	Echantillon
EDTA	Ethylène diamine tétra-acétique
CTGC	Centre de gestion et de télé-contrôle
DN	Diamètre nominal
FDA	Le fond de développement agricole
CMV	Collectif marocain de volontariat
Granulo.	Granulométrie
Comp.	Compartiment

ANNEXE 1

Organigramme de l'ORMVAH

PRESENTATION D'OFFICE REGIONAL DE MISE EN VALEUR AGRICOLE HAOUZ(ORMVAH) :

I.1 La zone d'action de l'ORMVAH :

La zone d'action de l'ORMVAH est limitée à l'Est par l'oued Labid, à l'Ouest par le N'fis, au Sud par le piémont du Haut Atlas et au Nord par les oueds Tensift et Oum Rabiaa.

Elle s'étend sur une superficie de 663 000 Ha (dont 473 000 Ha de superficie agricole utile), répartie comme suit :

- La préfecture de Marrakech - Ménara (12 communes rurales) : 134 000 ha
- La province d'Al Haouz (11 communes rurales) : 143 000 ha
- La province d'El Kelaa des Sraghnas (42 communes rurales) : 342 875 ha
- La province de Rhamna (4 communes rurales) : 43 125 ha

Population totale : 1.735.000 habitants dont 745.500 ruraux

Climat : semi- aride avec une pluviométrie faible et irrégulière : 240mm/an

I.2 Rôle et mission :

- Réalisation des études et exécution des équipements hydro-agricoles et de mise en valeur agricole.
- Gestion des équipements hydro-agricoles et des ressources en eau à usage agricole.
- Vulgarisation des techniques culturales et formation professionnelle.
- Développement de la production végétale et animale.
- Promotion de l'agro-industrie.

I.3 L'organigramme de l'office :



ANNEXE 3

- **Normes utilisées dans les analyses de l'eau** (Soudi B. (2018) : Le renforcement des capacités des cadres de l'ORMVAH pour la réalisation des états de référence du sol et d'eau dans la zone de la grande irrigation.)

Problème potentiel et paramètres correspondants	unité	Degré de restriction de l'usage			
		sans restriction	Léger à modéré	Sévère	
Salinité (impacts sur le sol et les rendements des cultures)					
CE (Conductivité électrique à 25°C))	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0	
TDS (Poids total des sels dissous)	mg/L	< 450	450 - 2000	>2000	
SAR et CE : impacts sur la sodification du sol et le taux d'infiltration					
SAR =	0 - 3 et CE	dS/m	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
	= 3 - 6 et CE	dS/m	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
	= 6 - 12 et CE	dS/m	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
	= 12 - 20 et CE	dS/m	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
	= 20 - 40 et CE	dS/m	> 5.0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicité spécifique (impacts sur les cultures et les végétaux de manière générale)					
Na	Irrigation de surface	méq/L	< 3	3 – 9	> 9
Na	Irrigation par aspersion	méq/L	< 3	> 3	
Cl	Irrigation de surface	méq/L	< 4	4 – 10	> 10
Cl	Irrigation par aspersion	méq/L	< 3	> 3	
Bore (B)		mg/L	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3.0

- **Les normes utilisées pour les analyses de la vase :** (Soudi B. (2018) : Le renforcement des capacités des cadres de l'ORMVAH pour la réalisation des états de référence des sol et d'eau dans la zone du grande irrigation.)

Tableau : Normes d'interprétation du calcaire total

Classe (%)	Interprétation
0 à 1	Non calcaire
1 à 5	Peu calcaire
5 à 10	Moyennement calcaire
10 à 15	Calcaire
15 à 30	Fortement calcaire
30 à 60	Très fortement calcaire
> 60	Excessivement calcaire

Tableau : Normes d'interprétation de la CE extrait 1/5

Classe (dS/m)	Interprétation
< 0,5	Non salé
0,5 à 1,5	Faiblement salé
1,5 à 3,0	Salé
3,0 à 6,0	Fortement salé
> 6,0	Très fortement salé

Tableau : Normes d'interprétation de la matière organique

Classe MO(%)	Teneur en argile		
	< 10 %	10 à 30 %	> 30 %
< 1,5	Faible	Faible	Faible
1,5 à 2,0	Moyen	Faible	Faible
2,0 à 2,5	Elevé	Moyen	Faible
2,5 à 3,0	Elevé	Elevé	Moyen
> 3,0	Elevé	Elevé	Elevé

Tableau : Normes d'interprétation de la matière en suspension

Type d'eau d'irrigation	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
MES (mg/l)	<50	50-200	200-1000	1000-2000	2000-4000

Tableau : normes d'interprétation du pH

Classe	Interprétation
4,4 à 5,0	Très fortement acide
5,0 à 5,5	fortement acide
5,5 à 6,0	Moyennement acide
6,0 à 6,5	Faiblement acide
6,5 à 7,3	Neutre
7,3 à 7,8	Faiblement basique
7,8 à 8,5	Moyennement basique
8,5 à 9,0	Tendance alcaline
> 9.0	Très alcaline

Tableau : Normes d'interprétation de la CE extrait 1/5

Classe (dS/m)	Interprétation
< 0,5	Non salé
0,5 à 1,5	Faiblement salé
1,5 à 3,0	Salé
3,0 à 6,0	Fortement salé
> 6,0	Très fortement salé

Tableau : Normes d'interprétation de la matière organique

Classe (MO en %)	Teneur en argile		
	< 10 %	10 à 30 %	> 30 %
< 1,5	Faible	Faible	Faible
1,5 à 2,0	Moyen	Faible	Faible
2,0 à 2,5	Elevé	Moyen	Faible
2,5 à 3,0	Elevé	Elevé	Moyen
> 3,0	Elevé	Elevé	Elevé

Tableau : normes d'interprétation du pH

Classe	Interprétation
4,4 à 5,0	Très fortement acide
5,0 à 5,5	fortement acide
5,5 à 6,0	Moyennement acide
6,0 à 6,5	Faiblement acide
6,5 à 7,3	Neutre
7,3 à 7,8	Faiblement basique
7,8 à 8,5	Moyennement basique
8,5 à 9,0	Tendance alcaline
> 9,0	Très alcaline