

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Kheider Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques



Réf: /.....

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de doctorat LMD en sciences agronomiques

Spécialité : Production et amélioration végétale

Thème

**Impact de l'irrigation des cultures maraichères par
les eaux piscicoles dans la région de Biskra.**

Présenté par : Mr. MECHOUMA Abdelhakim

Setenu le : 26/02/2025

Devant le jury composé de :

Mr. BENAZIZA Abdelaziz	Maitre de conférences A	Président	Université de Biskra
Mr. MEZERDI Farid	Professeur	Directeur de thèse	Université de Biskra
Mr. BOUMARAF Belkacem	Professeur	Examineur	Université de Biskra
Mr. MESNOUA Mohammed	Directeur de recherche	Examineur	CRSTRA

Année universitaire : 2024/2025

Dédicace

A la mémoire de mes parents Djamilia et Lakhder.

A la reine de mon cœur ma femme Hadjer et ses frères et sa sœur.

A Hadja H'mama ma deuxième mère.

A mon oncle Hadj Abderrahmane

A mes précieux enfants : Djaber et Mohamed.

A mes sœurs et mes frères.

A toute ma famille.

A tous mes amis.

*Je dédie ce modeste
travail.*

Remerciement

Je remercie d'abord dieu tout puissant de m'avoir donné la volonté, le courage et la santé pour terminer ce travail.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à Mr. MEZERDI Farid directeur de thèse professeur à l'université de Biskra pour m'avoir dirigée, orientée et encouragée durant les étapes de ce travail.

Je tiens aussi à exprimer mes remerciements Mr. BEN AZIZA Abdelaziz Maitre de conférences A à l'université de Biskra pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury pour la soutenance de cette thèse.

Je remercie également les membres du jury, qui nous ont honorés par leur participation à l'examen de ce travail :

Mr. BOUMARAF Belkacem professeur à l'université de Biskra et Mr. MESNOUA Mohammed Directeur de recherche à le CRSTRA de Biskra.

Toute ma gratitude à tout le personnel de l'ITDAS (cadres, laborantines et ouvriers) qui m'ont aidé tout au long de ce travail.

Merci à ma famille de son soutien et ses encouragements, surtout pendant les périodes les plus difficiles.

En fin, je dis merci à toute personne qui m'a aidé de loin et de près.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale1

Première partie : Expérimentation5

Chapitre I. Présentation de la région d'étude5

1. Situation géographique de la région d'étude5

2. Le climat6

3. Les précipitations6

4. La température8

5. L'humidité relative9

6. La synthèse Climatique9

6.1. L'indice d'aridité de Martonne9

6.2. Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls10

6.3. Climagramme d'Emberger10

7. Les ressources en eaux11

7.2. Les eaux superficielles12

7.2.1. Barrages de Fontaines des Gazelles12

7.2.2. Barrage de Foum El Gharza12

7.3. Les eaux souterraines12

8. Situation de l'irrigation dans la wilaya de Biskra15

8.1. Evolution de la superficie irriguée dans la wilaya de Biskra durant la période
2010/201815

8.2. Les systèmes d'irrigation pratiqués dans la région de Biskra15

**Chapitre II : Situation de l'aquaculture et les cultures maraîchères dans la région de
Biskra17**

1. Situation de l'aquaculture dans la région de Biskra17

1.1. L'investissement et le soutien des projets22

1.2. Les systèmes d'élevages pratiqués dans la région de Biskra23

1.3. Les espèces les plus élevés en pisciculture dans la région de Biskra23

2. Situation des cultures maraichères dans la wilaya de Biskra	24
1.1. La production légumières pour l'année 2021.....	26
2.2. La production légumières des communes de la wilaya du Biskra pour la campagne 2021/2022	28
Chapitre III : Matériels et méthodes	32
1. Matériels	32
2. Méthodes	32
2.1. Préparation de sol et l'apport de fumure de fond	32
2.2. La mise en place de la culture	32
2.3. Les paramètres des plantes, du sol et de l'eau à étudiés	36
Deuxième Partie : Résultats et Discussions.....	38
Chapitre I : Premier essai. Effet de l'utilisation de l'eau piscicole en irrigation de la culture de la pomme de terre de primeur.	38
1. Lieu d'installation de l'essai.....	38
2. Caractéristiques physiques et chimiques du sol avant l'installation de l'essai.....	38
2.2. La granulométrie	38
2.3. Les résultats des analyses chimiques du sol (avant l'installation de l'essai)	38
3. L'état chimique de l'eau d'irrigation	40
4. La croissance végétative des plantes.....	42
5. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres de plant (hauteur et rendement en tubercules)	43
5.1. Hauteur des plants	43
5.2. Rendement en tubercules	45
6. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres chimiques du sol	47
6.1. pH	47
6.2. CE	48
6.3. MO.....	49
6.4. P ₂ O ₅ assimilable	51
6.5. K assimilable	52
6.6. L'azote total.....	53
6.7. Ca ²⁺	54
6.8. Mg ²⁺	55
6.9. Na ⁺	56
6.10. K ⁺	57

6.11. SO ₄ ⁻	59
6.12. Cl ⁻	60
6.13. HCO ₃ ⁻	61
Conclusion.....	63
Chapitre II : Deuxième essai. Effet de l'utilisation de l'eau piscicole en irrigation de la culture de la pomme de terre d'arrière saison.	64
1. Lieu d'installation de l'essai.....	64
2. Caractéristiques physiques et chimiques du sol avant l'installation de l'essai.....	64
2.1. La granulométrie	64
2.2. Les résultats des analyses physiques et chimiques du sol avant l'installation de l'essai	64
3. L'état chimique de l'eau d'irrigation	66
4. La croissance végétative des plantes.....	67
5. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres du plant (hauteur et rendement en tubercules)	68
5.1. Hauteur des plants	68
5.2. Rendement en tubercules	69
6. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres chimiques du sol	71
6.1. pH	71
6.2. CE	72
6.3. MO	74
6.4. P ₂ O ₅ assimilable	75
6.5. K assimilable	76
6.6. L'azote total.....	78
6.7. Ca ²⁺	79
6.8. Mg ²⁺	80
6.9. Na ⁺	81
6.10. K ⁺	83
6.11. SO ₄ ⁻	84
6.12. Cl ⁻	85
6.13. HCO ₃ ⁻	86
Conclusion.....	87
Chapitre III : Troisième essai. Effet de l'irrigation par l'utilisation de l'eau piscicole sur la culture de piment sou serre.	87

1. Lieu d'installation de l'essai.....	88
2. Caractéristiques physiques et chimiques du sol avant l'installation de l'essai.....	88
2.1. La granulométrie	88
2.2. Les résultats des analyses physiques et chimiques du sol (avant l'installation de l'essai).....	88
3. L'état chimique de l'eau d'irrigation	90
4. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres du plant (hauteur et rendement)	91
4.1. Hauteur des plants	91
4.2. Rendement en fruit	92
5. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres chimiques du sol	94
5.1. pH	94
5.2. CE.....	95
5.3. MO.....	96
5.4. P ₂ O ₅ assimilable	98
5.5. K assimilable	99
5.6. L'azote total.....	100
5.7. Ca ²⁺	102
5.8. Mg ²⁺	103
5.9. Na ⁺	104
5.10. K ⁺	105
5.11. SO ₄ ⁻	106
5.12. Cl ⁻	107
5.13. HCO ₃ ⁻	108
Conclusion.....	109
Conclusion générale.....	110
Les références bibliographiques.....	112
Les annexes	Error! Bookmark not defined.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Précipitation moyenne mensuelles de la région de Biskra durant la période (1989-2018).....	6
Tableau 02 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra pour l'année 2020...7	7
Tableau 03: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra pour l'année 2021....7	7
Tableau 04: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (1989-2018).....	8
Tableau 05: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra pour l'année 2020....8	8
Tableau 06: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra pour l'année 2021....8	8
Tableau 07: L'humidité relative moyenne mensuelle de la région de Biskra durant la période (1989-2018).....	9
Tableau 08: L'humidité relative moyenne mensuelle de la région de Biskra pour l'année 2020.	9
Tableau 09: L'humidité relative moyenne mensuelle de la région de Biskra pour l'année 2021.	9
Tableau 10: Evolution de la superficie irriguée dans la wilaya de Biskra durant la période (2010-2018).....	15
Tableau 11: Les systèmes d'irrigation pratiqués dans la région de Biskra (2018).....	15
Tableau 12: Situation de la pisciculture et de la pêche au niveau de la wilaya de Biskra pour l'année 2021. (SPRH, 2021).....	18
Tableau 13: Les opérations d'ensemencement (2013-2021). (SPRH, 2021).....	19
Tableau 14: Les quantités de poissons produits dans la région de Biskra. (SPRH, 2021).....	21
Tableau 15: Classement des cultures dans la wilaya de Biskra pour l'année 2021.....	25
Tableau 16: Les cultures dont la wilaya de Biskra occupe la première place au niveau national en production maraîchère pour l'année 2019.	31
Tableau 17: Les pourcentages de la fumure NPK ajoutés aux traitements des essais.	35
Tableau 18: Les résultats de l'analyse granulométrique du sol.....	38
Tableau 19: Les résultats des analyses chimiques du sol avant l'installation de l'essai.	39
Tableau 20: Les résultats des analyses chimiques de l'eau piscicole et de l'eau de forage.	39
Tableau 21: Les dates des stades de croissance végétative des plantes de pomme de terre....	42
Tableau 22: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur des plants.	44
Tableau 23: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en tubercules.	46
Tableau 24: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol.	47
Tableau 25: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol.....	49
Tableau 26: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol.	50
Tableau 27: Effet de l'eau d'irrigation sur le P ₂ O ₅ assimilable du sol.....	51
Tableau 28: Effet de l'eau d'irrigation sur le K assimilable du sol.	53
Tableau 29: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total du sol.....	54
Tableau 30: Effet de l'eau d'irrigation sur le Ca ²⁺ de la solution du sol.....	55
Tableau 31: Effet de l'eau d'irrigation sur le Mg ²⁺ de la solution du sol.....	56
Tableau 32: Effet de l'eau d'irrigation sur le Na ⁺ de la solution du sol.....	57
Tableau 33: Effet de l'eau d'irrigation sur le K ⁺ de la solution du sol.....	58
Tableau 34: Effet de l'eau d'irrigation sur le SO ₄ ⁻ de la solution du sol.	59
Tableau 35: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl ⁻ de la solution du sol.	60
Tableau 36: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO ₃ ⁻ de la solution du sol.	62
Tableau 37: Les résultats de l'analyse granulométrique du sol.....	64
Tableau 38: Les résultats des analyses chimiques du sol avant l'installation de l'essai.	65
Tableau 39: Les résultats des analyses chimiques de l'eau piscicole et de l'eau de forage.	65
Tableau 40: Les stades de croissance végétative des plantes de pomme de terre.....	67

Tableau 41: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur des plants	69
Tableau 42: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en tubercule.....	70
Tableau 43: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol.....	72
Tableau 44: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol.....	73
Tableau 45 : Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol.	75
Tableau 46: Effet de l'eau d'irrigation sur le P ₂ O ₅ assimilable du sol.....	76
Tableau 47: Effet de l'eau d'irrigation sur K ⁺ assimilable du sol.....	77
Tableau 48: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total du sol.....	79
Tableau 49: Effet de l'eau d'irrigation sur Ca ²⁺ de la solution du sol.....	80
Tableau 50: Effet de l'eau d'irrigation sur le Mg ²⁺ de la solution du sol.....	81
Tableau 51: Effet de l'eau d'irrigation sur la Na ⁺ de la solution du sol.....	82
Tableau 52: Effet de l'eau d'irrigation sur la K ⁺ de la solution du sol.....	83
Tableau 53: Effet de l'eau d'irrigation sur la SO ₄ ⁻ de la solution du sol.....	84
Tableau 54: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl ⁻ de la solution du sol.	85
Tableau 55: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO ₃ ⁻ de la solution du sol.	86
Tableau 56: Les résultats de l'analyse granulométrique du sol.....	88
Tableau 57: Les résultats des analyses chimiques du sol avant l'installation de l'essai.	89
Tableau 58: Les résultats des analyses chimiques de l'eau piscicole et de l'eau de forage.	89
Tableau 59: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur des plants.	92
Tableau 60: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en fruit.	94
Tableau 61: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol.....	95
Tableau 62: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol.....	96
Tableau 63: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol.	97
Tableau 64: Effet de l'eau d'irrigation sur le P ₂ O ₅ assimilable du sol.....	99
Tableau 65: Effet de l'eau d'irrigation sur la K assimilable du sol.	100
Tableau 66: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total.....	101
Tableau 67: Effet de l'eau d'irrigation sur Ca ²⁺ de la solution du sol.....	102
Tableau 68: Effet de l'eau d'irrigation sur Mg ²⁺ de la solution du sol.....	103
Tableau 69: Effet de l'eau d'irrigation sur Na ⁺ de la solution du sol.....	104
Tableau 70: Effet de l'eau d'irrigation sur K ⁺ de la solution du sol.	105
Tableau 71: Effet de l'eau d'irrigation sur SO ₄ ⁻ de la solution du sol.....	106
Tableau 72: Effet de l'eau d'irrigation sur Cl ⁻ de la solution du sol.	107
Tableau 73: Effet de l'eau d'irrigation sur HCO ₃ ⁻ de la solution du sol.	108

Liste des figures

Figure 01 : Situation géographique de la wilaya de Biskra.5

Figure 02: Courbe des précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (1989-2018).6

Figure 03: La carte de l'évaporation potentielle de sud d'Algérie. (Dubost, 1992).7

Figure 04: Représentation de Diagramme Ombrothermique de la région de Biskra durant la période (1989-2018).10

Figure 05: Emplacement de la région de Biskra dans le Climagramme d'Emberger.11

Figure 06: Le château d'eau souterrain algérien. (Dubost, 1992).14

Figure 07: Evolution de la superficie irriguée dans la wilaya de Biskra durant la période (2010-2018).15

Figure 08: Le pourcentage des systèmes d'irrigation pratiqués dans la région de Biskra (2018).16

Figure 09: Les alevins dans les écloseries. (Photos SPRH, 2021).20

Figure 10: Les opérations d'ensemencement dans des bassins. (Photos SPRH, 2019).20

Figure 11: L'aquaponie (Photos SPRH, 2019).21

Figure 12: Les quantités de poissons produits dans la région de Biskra. (SPRH, 2021).21

Figure 13: La pêche continentale au niveau des deux barrages (Foum El-Gherza et Fontaine des Gazelles). (Photos SPRH, 2019).22

Figure 14: La production en poisson. (Photos SPRH, 2019).22

Figure 15: Les bassins d'élevage en géo membrane et en biton. (Photos SPRH, 2019).23

Figure 16: Evolution de la production des cultures maraichères de 2010 jusqu'à 2021.25

Figure 17: La production des cultures maraichères de la wilaya de Biskra pour la campagne 2020/2021.27

Figure 18: La production de tomate des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.28

Figure 19: La production du piment des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.29

Figure 20: La production du poivron des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.29

Figure 21: La production d'oignon des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.29

Figure 22: La production de la courgette des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.30

Figure 23: La production de la fève verte des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.30

Figure 24: La production de concombre des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.30

Figure 25: Schéma représentatif de dispositif expérimental appliqué pour l'essai de la pomme de terre de primeur.33

Figure 26: Schéma représentatif de dispositif expérimental appliqué pour l'essai de la pomme de terre de l'arrière saison.33

Figure 27: Schéma représentatif de dispositif expérimental appliqué pour l'essai de piment.34

Figure 28: Bassin d'élevage de Tilapia du Nil.34

Figure 29: Les tubercules semences de la variété Désirée et les plantules de piment.34

Figure 30: Localisation de site d'installation de l'essai à Ain Ben Noui (ITDAS) Biskra.38

Figure 31: La croissance végétative des plants de la pomme de terre durant la période de la culture.42

Figure 32: La récolte de pomme de terre (11/05/2020).43

Figure 33: Evolution de la croissance en hauteur des plants des différents traitements de la plantation jusqu'à la sénescence.	44
Figure 34: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur de plant.....	45
Figure 35: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en tubercule.	46
Figure 36: Classement des tubercules selon les classes de calibre (Ø<30, 30< Ø<50, 50< Ø<60 et Ø>60).....	46
Figure 37: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	48
Figure 38: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60 cm.....	49
Figure 39: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	50
Figure 40: Effet de l'eau d'irrigation sur le P ₂ O ₅ assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	52
Figure 41: Effet de l'eau d'irrigation sur la K assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	53
Figure 42: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total du sol.	54
Figure 43: Effet de l'eau d'irrigation sur la Ca ²⁺ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	55
Figure 44: Effet de l'eau d'irrigation sur le Mg ²⁺ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	56
Figure 45: Effet de l'eau d'irrigation sur le Na ⁺ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	57
Figure 46: Effet de l'eau d'irrigation sur le K ⁺ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	58
Figure 47: Effet de l'eau d'irrigation sur les SO ₄ ⁻ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	60
Figure 48: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl ⁻ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	61
Figure 49: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO ₃ ⁻ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	62
Figure 50: Localisation de site d'installation de l'essai à Ain Ben Noui (ITDAS) Biskra.....	64
Figure 51: La croissance végétative de pomme de terre durant la période de sa culture.	67
Figure 52: La récolte de pomme de terre (05/01/2021).....	67
Figure 53: Evolution de la croissance en hauteur des plants des différents traitements de la plantation jusqu'à la sénescence.	68
Figure 54: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur de plant.....	69
Figure 55: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en tubercule.	70
Figure 56: Classement des tubercules selon les classes de calibre (Ø<30, 30< Ø<50, 50< Ø<60 et Ø>60).....	71
Figure 57: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	72
Figure 58: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	74
Figure 59: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	75
Figure 60: Effet de l'eau d'irrigation sur le PO assimilable (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	76
Figure 61: Effet de l'eau d'irrigation sur K assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.....	78

Figure 62: Cycle interne de l'azote dans le sol. (Chambenoit et al , 2002).	78
Figure 63: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total.	79
Figure 64: Effet de l'eau d'irrigation sur la Ca^{2+} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	80
Figure 65: Effet de l'eau d'irrigation sur Mg^{2+} de la solution de sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	81
Figure 66: Effet de l'eau d'irrigation sur le Na^+ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	82
Figure 67: Effet de l'eau d'irrigation sur le K^+ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	84
Figure 68: Effet de l'eau d'irrigation sur les SO_4^{-} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	85
Figure 69: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl^- de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	86
Figure 70: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO_3^- de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	87
Figure 71: Localisation de site d'installation de l'essai à Ain Ben Noui (ITDAS) Biskra.....	88
Figure 72: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur de plant.....	92
Figure 73: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en fruit.	94
Figure 74: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	95
Figure 75: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	96
Figure 76: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-0cm.	98
Figure 77: Effet de l'eau d'irrigation sur le P_2O_5 assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	99
Figure 78: Effet de l'eau d'irrigation sur le K assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	100
Figure 79: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	101
Figure 80: Cycle interne de l'azote dans le sol. (Chambenoit et al, 2002).	102
Figure 81: Effet de l'eau d'irrigation sur le Ca^{2+} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	103
Figure 82: Effet de l'eau d'irrigation sur Mg^{2+} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60 cm.	104
Figure 83: Effet de l'eau d'irrigation sur Na^+ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	105
Figure 84: Effet de l'eau d'irrigation sur K^+ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	106
Figure 85: Effet de l'eau d'irrigation sur les SO_4^{-} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	107
Figure 86: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl^- de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	108
Figure 87: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO_3^- de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.	109

Liste des abréviations

ACSAD : Arab Centre for Studies of Arid Zones and Dry Land.

APFA : Accès à la Propriété Foncier Agricole.

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CRSTRA : Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides.

DGPA : Direction Générale de la pêche et de l'aquaculture.

DSA : Direction des Services Agricoles.

FAO : Fond and Agriculture Organization.

IAA : Intégration de l'Aquaculture à l'Agriculture.

ITDAS : Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne.

MADR : Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural.

MPRH : Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

NENA : Near East and North Africa.

OFALAC : Office Algérien d'Action Economique et Touristique.

OSS : Observatoire du Sahara et du Sahel.

PNDA : Plan National de Développement Agricole.

SDDAPA : Schéma Directeur de Développement des Activités de la Pêche et de l'Aquaculture

SNA : Schéma National de l'Aquaculture.

SPRH : Station de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

Syrpalac : Système de régulation des produits agricoles à large consommation.

Introduction générale

En Algérie l'agriculture saharienne a connu une transformation large et profonde à travers les différentes politiques agricoles appliqués par l'Etat sur ce secteur (Zenkri et al, 2015). Cette agriculture saharienne dans le passé était une agriculture oasienne traditionnelle pratiquée sous forme des étages (palmier dattier, arbres fruitiers et cultures condimentaires ou maraichères), mais après la promulgation de l'APFA (Accès à la Propriété Foncier Agricole) en 1983 et après le lancement de PNDA (Plan National de Développement Agricole) en 2000 par le Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural (MADR), cette agriculture a connu aussi un changement et un développement remarquable par l'apparition des nouvelles exploitations équipés par des forages, énergie électrique, infrastructure et équipements hydraulique....etc, dans les quelles les agriculteurs ont commencés à pratiquer le système intensive en monoculture (Hadeid et al, 2018). En plus le développement de l'accès à l'eau souterraine a favorisé l'émergence de ce modèle d'agriculture (intensif) souvent basés sur des cultures à haute valeur ajoutée comme les cultures maraichères (Lejars et Courilleau, 2015 ; Daoudi et Lejars, 2016).

Biskra est parmi les wilayas sahariennes où l'agriculture a connu un développement remarquable et particulièrement les cultures maraichères sous serre (plasticulture) et de pleins champs depuis 1990 qui sont développées dans la wilaya concomitamment avec la phoeniciculture (Bouamar, 2010 ; Amichi et al, 2015). Avec ce développement la wilaya du Biskra est devenu un pôle de production en maraichage au niveau national surtout les cultures protégés (sous serre) avec une production de **10 797 289 qx (7.36%** de la production nationale) pour l'année 2019 (MADR, 2021). Deux systèmes de production sont pratiqués pour la filière des cultures maraichères : le système protégé (sous serre) et le système de plein champ et les cultures les plus cultivées dans le système protégé sont: la tomate, piment, poivron et concombre (Bouamar, 2010).

Mais malheureusement dans ces écosystèmes fragiles ce développement de l'agriculture va exercer une pression sur les facteurs naturels de production surtout les ressources en eau et la fertilité du sol. Plusieurs bilans ont montrés qu'il y a une pression croissante sur les capacités de production (fertilité des terres, volume d'eau disponible et leur qualité...) (Bessaoud et al, 2019). Siebert et al, 2010 ont signalés que l'Algérie est parmi les pays à forte utilisation de l'eau souterraine en agriculture dans la région de l'Afrique du Nord.

L'Algérie appartient aux pays de la région de NENA (Near East and North Africa) qui sont exposés à une extrême pénurie en eau pour satisfaire leurs besoins en cet élément important à la vie, ses ressources en eau renouvelables sont limitées ils se reposent essentiellement sur les eaux souterraines (Corner et al, 2020).

Il s'ajoute que ces pays sont exposés aux risques de changement climatique et tous les rapports et les recherches scientifiques indiquent que ce changement climatique va intensifier la dégradation des agro systèmes. Ce défi écologique met l'Etat Algérienne dans l'obligation d'inscrire la durabilité des modes de production comme un élément clé dans sa politique de développement de secteur agricole (Bessaoud et al, 2019). Cette politique doit prendre en considération la question de l'économie de l'eau et la gestion rationnelle des ressources hydriques en irrigation des cultures conduites sous des climats aride et semi aride qui couvrent la majorité du territoire de pays.

Les sols sahariens sont pauvres en éléments nutritifs, la fertilisation raisonnée reste à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour obtenir une productivité optimale (Halilat, 2004 in Mihoub et al, 2012). En général ces sols sahariens ne constituent qu'un simple support à toute activité agricole, les sols les plus favorables à l'agriculture se situent dans les vallées (dayas) et les plaines sableuses et généralement ces sols présentent une faible fertilité et une salinité en raison de l'absence ou du mauvais fonctionnement du réseau de drainage. (Bouamar, 2010).

En Algérie l'aquaculture est débutée en 1920 par l'élevage extensif sur bordigue (enceint filtrant utilisant des claies ou des filets fixes sur perche) dans la lagune de Mellah (Kara et al, 2016). A partir de 1980 une pisciculture est développée par la construction des centaines de plans d'eau peuplés par des espèces importés comme la carpe (Kara, 2011). Ces dernières années une pisciculture intensive (bar et daurade en cage et en bassins) s'est développé avec la conchyliculture et la production aquacole atteint environ 1000 t/an (Kara et al, 2016). L'idée de l'intégration de l'aquaculture à l'agriculture est appliquée avec le lancement du projet de développement durable de l'aquaculture continentale intégrée à l'agriculture en milieu désertique dans les wilayas du Sud (aquaculture saharienne) et l'aquaculture marine le long de la côte méditerranéenne durant la période de 2008 à 2016 (FAO, 2018). D'autres rapports indiquent qu'elle est plus récente depuis 2015 (Corner et al, 2020). Le rapport de la FAO a affirmé que l'aquaculture continentale saharienne en Algérie a bénéficié de conditions environnementales comme la présence des ressources en eau souterraine et de plans d'eau

artificiels tels que les barrages principalement utilisées en secteur agricole pourrait bien servir comme moteur pour le développement du secteur aquacole.

L'aquaculture continentale saharienne pourra aussi à contribuer largement à la sécurité alimentaire par l'amélioration et la diversification de l'alimentation des populations vivant dans les zones rurales et sahariennes du pays (FAO, 2018). Ce mode d'élevage est pratiqué par les agriculteurs dans des piscines ou bassins d'accumulation de l'eau d'irrigation, de cet effet il a pris l'appellation de la pisciculture. Malgré les bienfaits qu'elle peut présenter cette pratique elle possède un inconvénient qui se révèle par sa grande demande en eau utilisé à l'opération d'élevage en plus l'eau utilisé à cet élevage il va devenir comme une eau usée, si cette eau est réutilisée en irrigation elle va devenir comme une source en eau non conventionnelle qui pourra contribuer à l'irrigation des cultures. Ces eaux non conventionnelles comprennent les eaux de drainage agricole, les eaux souterraines saumâtres, les eaux usées domestiques, les eaux usées de l'agro-industrie, les eaux usées de l'industrie minière et les eaux usées des tours de refroidissement (Abdelraouf et Ragab, 2017). De nombreux pays ont déjà inclus la réutilisation des eaux usées comme une ressource importante dans leur planification des ressources en eau, à l'heure actuelle plusieurs pays semi-arides utilisent les eaux usées dans l'agriculture par exemple : Egypte, Maroc, Jordanie, Inde, Pakistan, Tunisie, Ghana, Afrique du Sud et les pays du Golfe (Abdelraouf et Ragab, 2017).

L'idée de l'intégration de l'aquaculture à l'agriculture (IAA) va assurer la réutilisation de l'eau de la pisciculture dans l'irrigation des cultures, cela va augmenter la productivité de l'eau et réduire les risques associés au manque et à la rareté de l'eau (Ahmed et al, 2014).

L'utilisation de l'eau de drainage de la pisciculture comme une nouvelle source en eau pour l'irrigation peut améliorer les caractéristiques chimiques du sol, la productivité des cultures et réduire les quantités des engrais utilisés dans les plans de fumures préconisées dans la conduite de ces cultures, puisque cette eau est riche en éléments fertilisants et en matière organique (Abdelraouf et Hoballah, 2014). L'eau de drainage des étangs piscicoles peut améliorer considérablement la qualité du sol, cela est indiqué par l'augmentation de la matière organique et d'azote total, et une salinité réduite du sol (Elnwishy et al, 2008).

Au niveau de la région de Biskra les agriculteurs ont commencés déjà à pratiquer l'irrigation des cultures par cette eau issu de la pisciculture et comme nous avons vu précédemment cet élevage piscicole consomme des grandes quantités d'eau surtout pour le renouvellement de ce

dernier pour assurer l'existence de l'oxygène dissous dans l'eau, cette action est importante surtout dans les systèmes d'élevage qui ne possèdent pas les appareils d'oxygénation. Devant cette situation la problématique qui se pose ici est la concurrence de cet élevage piscicole à l'agriculture sur l'utilisation de l'eau et pour trouver une solution par la mise en œuvre de l'idée de réutilisation de l'eau piscicole en irrigation des cultures qu'est déjà considéré comme une eau usée nous avons posés la question « Quel est l'impact de l'utilisation de l'eau piscicole en irrigation sur les cultures maraichère ? ».

L'objectif de notre travail est d'étudier cet impact sachant que la région de Biskra se caractérise par la salinité de l'eau et du sol.

La réponse sur cette question va accepter l'hypothèse positive ou l'hypothèse nulle.

Ce travail se divise en deux parties :

1. Première partie d'expérimentation qui a abordée la présentation de la région d'étude, la situation de l'aquaculture et les cultures maraichères dans la région de Biskra et les matériels et les méthodes.
2. Deuxième partie sur les résultats et les discussions dans la quelle nous avons réalisés trois essais sur les cultures de pomme de terre et le piment qu'ils ont été irrigués avec l'eau piscicole et l'eau de forage pour comparer et identifier l'impact de cette eau sur la croissance végétative des plantes et leurs rendement en même temps l'impact sur les caractéristiques chimiques du sol.

Première partie :

Expérimentation

Première partie : Expérimentation

Chapitre I. Présentation de la région d'étude

1. Situation géographique de la région d'étude

La wilaya de Biskra se situe au Centre-Est de l'Algérie aux portes de Sahara. Le chef lieu est situé à 450 km de capitale (Alger). Elle s'étend sur une superficie de 21671 km². Elle se trouve à une altitude de 124 m, sa latitude est de 34°48'N et une longitude de 05°44'E (ANAT, 2003).

La wilaya de Biskra est issue du découpage administratif de 1974. Elle englobe 12 daïras et 33 communes après le découpage administratif de 22 novembre 2019 la surface est devenue a 16221km² et le nombre des commues englobés est devenu 27 communes. Elle est limitée par les wilayas suivantes :

- ✚ Au Nord par la wilaya de Batna.
- ✚ A l'Ouest par les wilayas de M'Sila et Ouled Djellal.
- ✚ A l'Est par la wilaya de Khanchela.
- ✚ Au Sud par les wilayas d'El-Meghaier et El Oued.

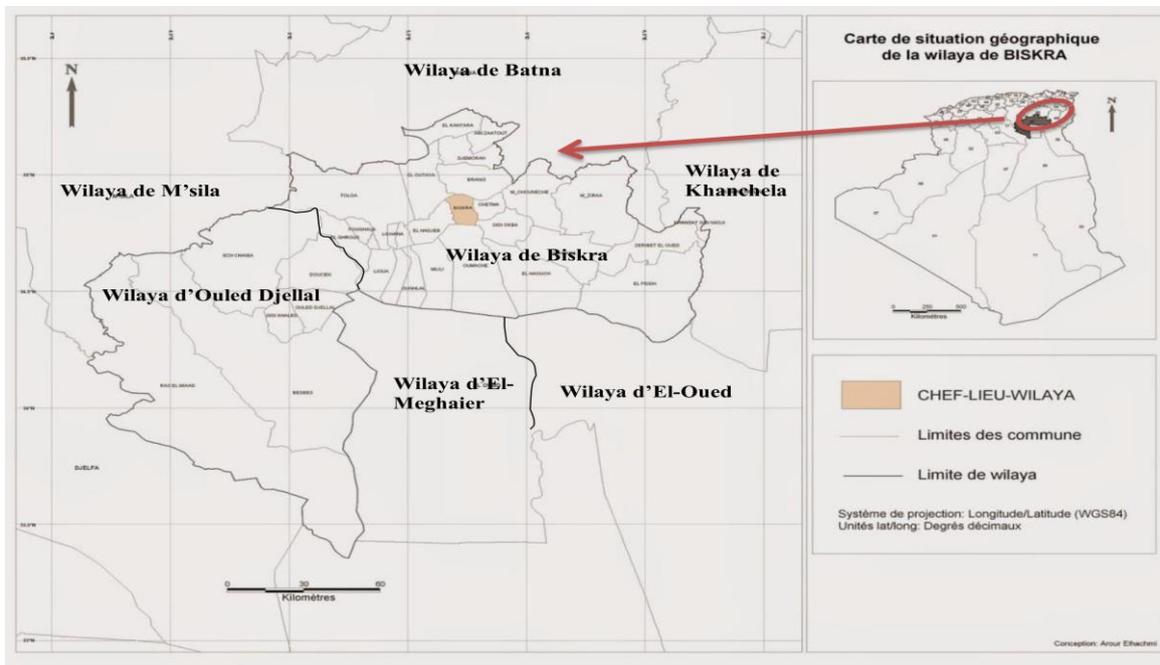


Figure 01 : Situation géographique de la wilaya de Biskra.

2. Le climat

Le climat de Biskra est un climat saharien à hiver doux et un été très chaud et sec, la pluviométrie est faible, la moyenne annuelle est de l'ordre de 150 mm avec une distribution entre l'automne et le printemps (Masmoudi, 2012).

D'après Toutain. (1977) in Rechachi. (2017) le climat saharien se caractérise par :

- ✚ La faiblesse des précipitations.
- ✚ Une luminosité intense.
- ✚ Une forte évaporation.
- ✚ Des grands écarts de températures.

3. Les précipitations

Les précipitations sont l'ensemble des chutes des pluies, neige, grêles...ils ont une influence bénéfique sur l'agriculture par l'arrosage des cultures et le remplissage des nappes et les aquifères. La moyenne annuelle des sommes des précipitations durant la période (1989-2018) est égale à 150.8 mm cette quantité est faible donc une agriculture sans irrigation est impossible dans la région de Biskra, le mois qui a enregistré la grande quantité de précipitation est janvier avec une quantité de 20.6mm et le mois de juillet a enregistré la faible quantité avec une quantité de 1.7mm, aussi on peut constater qu'il y a une irrégularité dans leur distribution sur les mois de l'année.

Tableau 01P : Précipitation moyenne mensuelles de la région de Biskra durant la période (1989-2018)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Total
P (mm)	15.9	17.1	16	13.9	20.6	12.1	13.9	16.1	11.3	7.9	1.7	4.3	150.8

Source : ONM, Biskra.

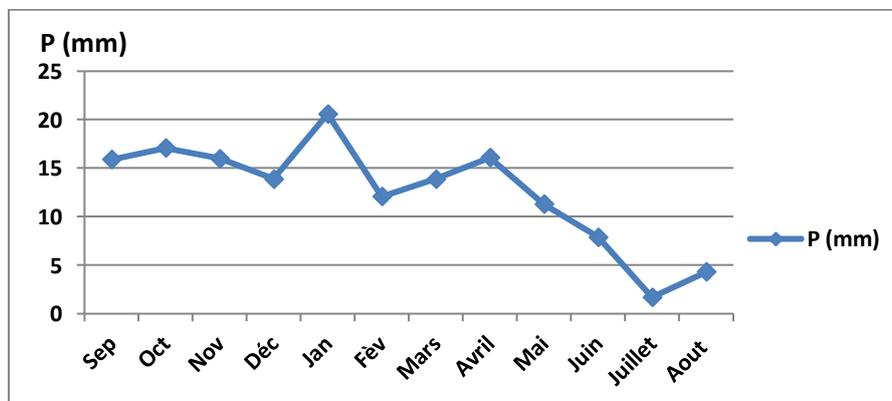


Figure 2: Courbe des précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (1989-2018).

D'après la carte de l'évapotranspiration potentielle (ETP) établit par (Dubost, 1992), la région de Biskra se trouve au Nord de Sahara où le ETP est entre 1700 et 2000mm/an, ces valeurs traduisent les besoins élevés en eau des cultures surtout à la période estivale.

Tableau 02 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra pour l'année 2020.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Total
P (mm)	16	00	0.25	5.33	1.78	00	12.95	25.14	16.51	2.54	0.5	00	81

Source : Site Tutiempo.

Tableau 03: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra pour l'année 2021.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Total
P (mm)	7.11	4.06	6.1	2.03	0.25	00	2.29	6.09	19.55	1.52	00	1.27	50.27

Source : Site Tutiempo.

Pour les deux campagnes les quantités des précipitations enregistrées sont inférieures à celles des moyennes mensuelles de la période de (1989-2018) et les moyennes annuelles sont aussi inférieures à la moyenne annuelle avec des quantités de 81mm pour l'année 2020 et 50.27mm pour l'année 2021.

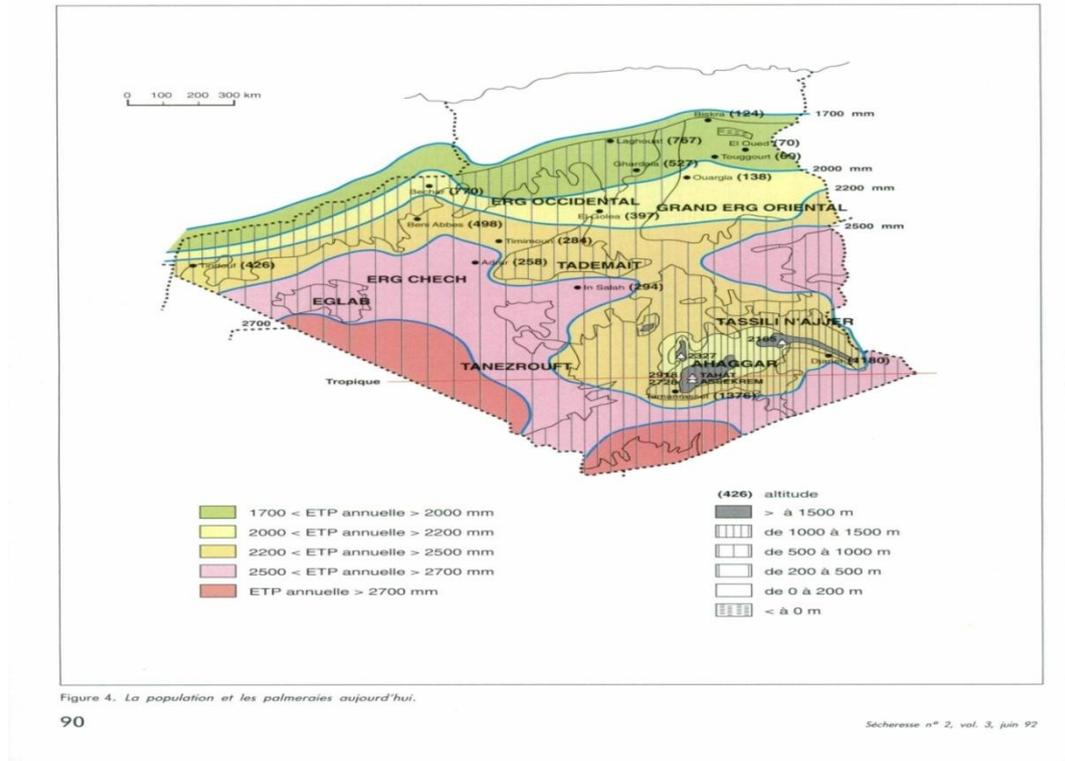


Figure 03: La carte de l'évaporation potentielle de sud d'Algérie. (Dubost, 1992).

4. La température

La température est un facteur essentiel pour caractériser le climat d'une région. Durant la période (1989-2018) la moyenne annuelle des températures a arrivé jusqu'à 22.7°C, cette valeur indique que la région de Biskra a une amplitude thermique élevée. Les mois les plus chauds sont : juin, juillet, août, et un peu septembre qui présentent respectivement les moyennes mensuelles suivants : 31.1°C, 34.4°C, 33.8°C, et 28.6 °C. Les mois les plus froids sont le mois de janvier, décembre et février avec 12 °C, 13°C et 13,8 °C respectivement.

Tableau 04: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (1989-2018)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Tem (°C)													
T.max	17	19.1	23.2	26.8	32.4	37.5	40.8	40	34.7	29	22.2	17.9	28.4
T.min	6.8	8.2	11.5	15.2	20	24.7	27.9	27.7	23.4	18.2	12	8.1	17
T.moy	12	13.8	17.4	20.7	26.2	31.1	34.4	33.8	28.9	23.6	17.1	13	22.7

Source : ONM, Biskra.

Tableau 05: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra pour l'année 2020.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Tem (°C)													
T.max	17.9	22.8	22.8	27.2	34	37.4	40.8	41.4	34	27.7	23.8	18.2	29
T.min	7.2	9.8	12.2	16.6	21.2	25.4	28.3	28.9	23.4	17.1	13.6	8.6	17.69
T.moy	12.2	16.2	17.6	22.1	28.1	31.8	34.6	35.5	28.8	22.3	18.7	13.3	23.43

Source : Site Tutiempo.

Tableau 06: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra pour l'année 2021.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Tem (°C)													
T.max	18.3	21.4	22.6	27.8	32.8	40.6	42.6	42.8	37.6	28.7	21	18.2	29.53
T.min	7.7	10.7	10.8	16	21.2	28.9	29.3	30.1	25.9	18.2	12.1	7.9	18.23
T.moy	13.1	16	17	22.3	27.4	35.2	36.4	36.8	32	23.6	16.5	12.8	24.09

Source : Site Tutiempo.

Pour les deux années 2020 et 2021 les moyennes mensuelles des températures ont connu une légère élévation par rapport à des moyennes mensuelles enregistrées durant la période (1989-2018) comme le montre les valeurs des tableaux n° 05 et 06 par conséquence les moyennes annuelles des années 2020 et 2021 sont aussi élevées par rapport à les moyennes annuelles enregistrées durant la période (1989-2018) avec des moyennes annuelles des températures moyennes égalent 23.43°C et 24.09 °C pour les années 2020 et 2021 respectivement.

5. L'humidité relative

Les moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air de la région de Biskra enregistrées durant la période (1989 à 2018) ont montrés l'aridité de climat de la région surtout les deux mois juin et juillet avec des valeurs de 29.5% et 26.4% respectivement.

Tableau 07: L'humidité relative moyenne mensuelle de la région de Biskra durant la période (1989-2018).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
H(%)	56.7	49	43.9	39.2	33.6	29.5	26.4	30.6	40.1	47.7	53.6	59	42.3

Source : ONM, Biskra.

Tableau 08: L'humidité relative moyenne mensuelle de la région de Biskra pour l'année 2020.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
H(%)	51	37.4	43.3	41.4	27.6	24.2	24.8	24.7	39.2	36.3	44.1	49.7	36.97

Source : Site Tutiempo.

Tableau 09: L'humidité relative moyenne mensuelle de la région de Biskra pour l'année 2021.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
H(%)	41.9	37.4	36.3	33.1	33.8	20.4	18.9	20.7	30.6	37.4	51.8	48	34.19

Source : Site Tutiempo.

6. La synthèse Climatique

Les données climatiques enregistrées durant une période peuvent être synthétisées sous des représentations diverses, pour connaître mieux les caractéristiques de climat et leur impact sur l'agriculture (Prevost, 1999).

6.1. L'indice d'aridité de Martonne

Cet indice se calcule par la formule suivante : $I = \frac{P}{T+10}$ dont :

P : total des précipitations annuelles en mm. (P = 150.8 mm).

T : température moyenne annuelle en degré Celsius. ($T^0 = 22.7^{\circ}\text{C}$).

L'indice de Martonne est d'autant plus bas que le climat est plus aride :

-  I < 10 : climat très sec.
-  I < 20 : climat sec.
-  20 < I < 30 : climat humide.
-  I > 30 : climat très humide.

Après le calcul on obtient une valeur de **4.61**, ce qui donne la caractéristique très sec au climat de la région d'étude.

6.2. Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

Ce diagramme est une méthode graphique à travers la quelle sont définis les périodes sèches et humides de l'année.

Les mois sont portés en abscisses, les précipitations et les températures sont représentées en ordonnées avec $P = 2T$.

L'intersection des deux courbes (P et T) permet de définir la période sèche lorsque $P < 2T$ et la période humide lorsque $P > 2T$.

D'après ce diagramme figure 04, pour la période considérée (1989-2018) la période sèche s'étale sur presque toute l'année et le pic durant les trois mois de juin, juillet et août.

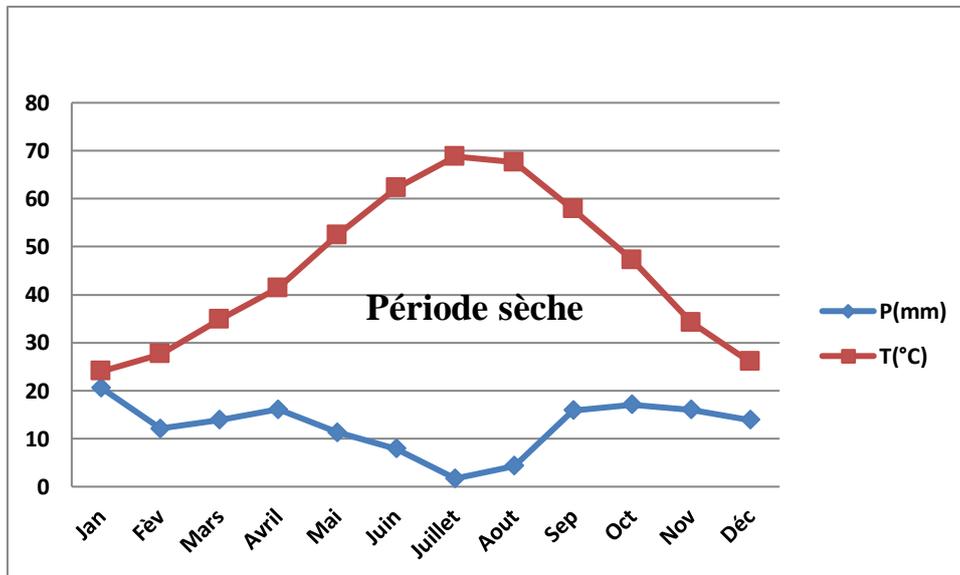


Figure 04: Représentation de Diagramme Ombrothermique de la région de Biskra durant la période (1989-2018).

6.3. Climagramme d'Emberger

Son objectif est de déterminer la classe bioclimatique de la région étudiée par le calcul de quotient Q, ce dernier est le rapport entre les précipitations et les températures moyennes annuelles.

Plus la valeur de quotient est faible, plus le climat est sec.

$$Q = P / (M - m) \times 3.43 \quad \text{avec :}$$

P : précipitations moyennes annuelles = 150.8 mm.

M : température maximale de mois le plus chaud = 40.8 °C.

m : température minimale de mois le plus froid = 6.8 °C.

Après calculer la valeur de **Q** = **15.21**, cette valeur classe la région de Biskra à l'étage bioclimatique Saharien qui se caractérise par un hiver tempéré ou doux, un été très chaud et sec, des précipitations faibles et une luminosité intense.

La douceur de l'hiver et la luminosité intense peuvent contribuer dans la réussite et l'extension des cultures maraichères de primeur et d'arrière saison (sous serre) dans la région par l'avantage de l'inutilisation d'une source de chauffage artificiel pour réchauffer les serres ce qui va réduire le coût de production. Ces deux caractéristiques sont des opportunités pour les régions sahariennes dans la production de maraichage protégé.

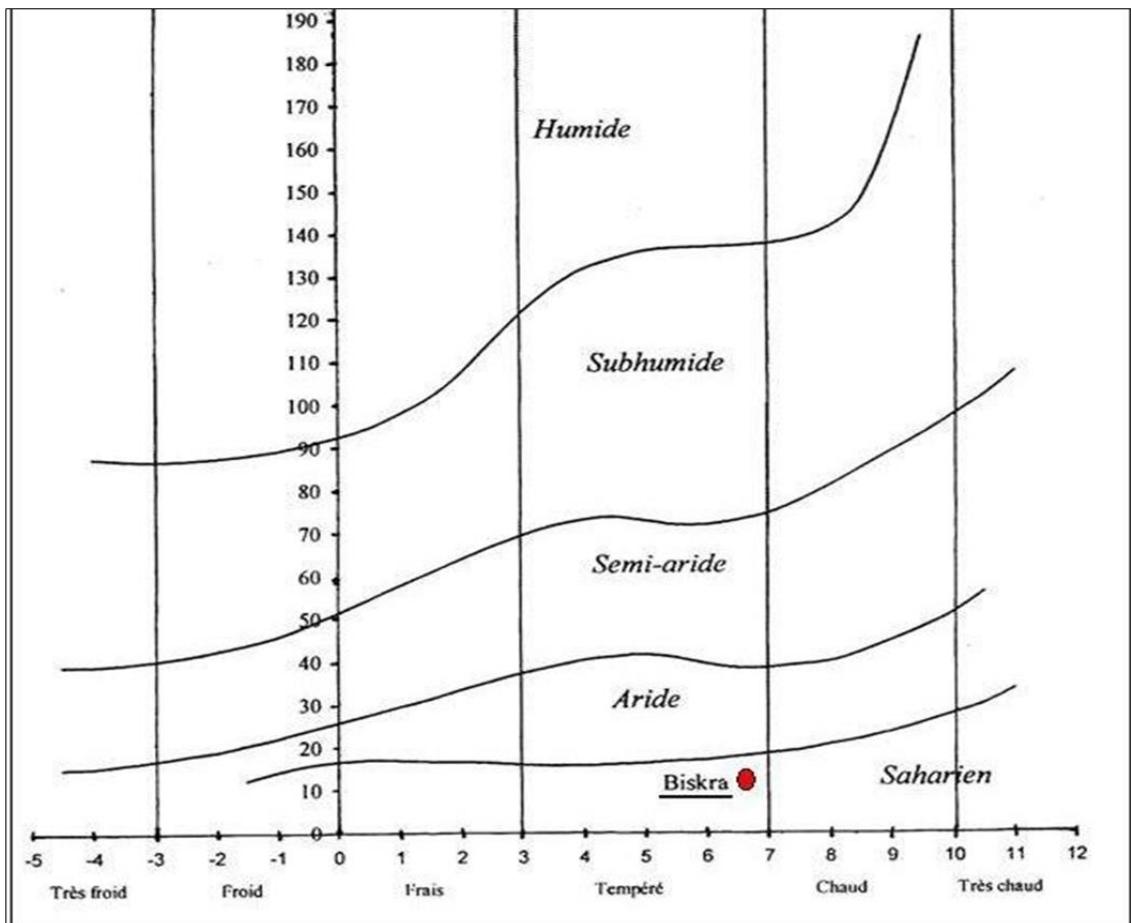


Figure 5: Emplacement de la région de Biskra dans le Climagramme d'Emberger.

7. Les ressources en eaux

La Wilaya de Biskra, est située au pied de l'Atlas Saharien, elle constitue la porte de Sahara, cette position a la favori de profiter sur le plan hydrique d'un côté par les eaux des oueds qui démarrent des montagnes d'Aures après ils pénètrent dans le territoire de cette région et évacuent leurs eaux dans les barrages existants comme Oued El-Abyed, Oued El-Hay et Oued

Laareb et d'un autre côté les crus de ces oueds qui réalimentent les nappes souterraines.

7.2. Les eaux superficielles

Dans la région de Biskra il existe deux grands barrages pour le stockage de l'eau :

7.2.1. Barrages de Fontaines des Gazelles

Il se situe au niveau de la commune d'EL-Outaya, il a été alimenté par Oued El-Hai, sa capacité de stockage est de 55 millions m³, il est édifié en 2000 pour l'irrigation agricole comme le périmètre de Lemckimnet (1137 ha) et d'autres superficies agricoles (terres Arche) à la commune d'El-Outaya, sa capacité de stockage actuelle est 7.5 millions m³, cette diminution de capacité est causé par la sécheresse qui s'installait durant plusieurs années dans la région et les régions voisines, les faibles chutes des précipitations ont diminués le volume en eau des oueds qui alimentent ce barrage et le phénomène d'envasement.

7.2.2. Barrage de Fom El Gharza

Il se situe à l'hameau de Seriana commune de Sidi Okba, il est édifié dans la période coloniale en 1947 sa capacité de stockage est de 44 millions m³, mais elle a recoulé à 17.5 m³ il irrigue environ 130 000 palmiers dans la commune de Sidi Okba.

7.3. Les eaux souterraines

Au cours de sa long histoire géologique le Sahara a connu des périodes d'érosion continentale qui ont permis l'accumulation de puissants dépotes de sable et de grès (Fabre, 1976 & Rognon, 1989) in (Dubost, 1992). Ceux-ci ont ensuite emmagasinés d'énormes réserves d'eau l'hors des phases climatiques les plus humides (figure 06).

Les ressources en eau souterraines au Sahara d'après l'étude du Plan Directeur Général de Développement des Régions Sahariennes 1999, se distinguent principalement par les aquifères du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal. Les réserves théoriques des deux aquifères sont estimées à près de 60.000 milliards de m³ (Zenkri, 2017).

Le complexe terminal (CT)

Cet aquifère se localise dans le Sahara occidental et s'étend sur une superficie de 350.000 Km² avec une profondeur oscillant entre 100 et 500 m. Ces eaux sont froides et généralement salées (de 3 à 8 g/l). Cette nappe est exploitée dans les Ziban, Oued Righ, Souf et Ouargla et

représente environ les 7/10^{ème} des ressources de ces régions, soit 20.000 Milliards de m³ (Zenkri, 2017).

Le continental intercalaire (CI)

Appelé aussi l'Albien c'est un grand réservoir d'eau fossile qui s'étend sur une superficie globale de 840 000 Km² dont 600 000 Km² en Algérie (le reste en Tunisie et en Libye) plus de 1000 m de profondeur, 1 à 2 g/l de sels, chaude, 60°C (Zenkri, 2017). Les volumes d'eau les plus considérables évalués à 50000 milliards de m³ (Margat, 1990) in (Dubost, 1992) sont contenus dans les dépôts sablo gréseux du CI qui recouvrent plus de 600000 km² (Dubost, 1992).

Selon les estimations de l'OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel), la recharge annuelle du système aquifère s'élève à un milliard de m³, alors que les prélèvements sont passés de 0,6 milliard de m³/an, au début des années 1970, à 2,7 milliards de m³/an en 2012. En cinq décennies, l'exploitation des eaux du SASS (Système Aquifère du Sahara Septentrional) a quadruplé en faisant basculer le système dans un état de surexploitation, dont le seuil a été franchi au début des années 1980 (OSS, 2015).

D'après Masmoudi. (2012), 04 unités aquifères principales qui se trouvent dans la région des Ziban :

a. La nappe phréatique du quaternaire

C'est au niveau des palmeraies que cette nappe est la mieux connue. Elle se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires. La plupart des eaux de cette nappe entrent dans la catégorie salées ou très salées et se classent parmi les chlorurées alcalines et sulfatées calco-magnésienne.

b. Nappe des sables du miopliocène

Les eaux de cette nappe sont de type sulfaté alcalin, sulfaté calco magnésien et sulfaté calcique. Elles sont de mauvaise qualité avec une teneur en sels dissous de 3 à 8g/l.

c. La nappe des calcaires de l'Eocène et du Sénonien

La nappe des calcaires est la mieux connue depuis longtemps grâce à ses exutoires naturels qui sont les sources d'Oumache et M'lili. C'est la nappe la plus exploitée dans la palmeraie des Ziban (région de Tolga), le réservoir de cette nappe est constitué essentiellement de calcaire de l'Eocène inférieur et du sénonien supérieur. L'écoulement de la nappe est de direction Nord Ouest – Sud Est. La nappe des Ziban est surexploitée, elle a subi une baisse du

niveau piézométrique ce qui entraîne le tarissement des sources situées à la partie haute duréservoir. Les eaux présentent un faciès sulfaté alcalin mais à dominance alcalino terreux. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne des zones où les calcaires de l'Eocène inférieur et du Crétacé supérieur affleurent (c'est-à-dire en direction du Sud Est et de l'Est), la nappe des calcaires devient plus profonde, moins productive et plus mauvaise de point de vue chimique (augmentation de la salinité).

d. La nappe profonde du continental intercalaire

Cette nappe est souvent appelée Albien, elle correspond à un complexe continental ou continental intercalaire en grande partie gréseux dont les limites stratigraphiques varient selon les régions. Elle est exploitée dans l'Ouest et le Sud Ouest de Biskra par les forages de Sidi Khaled, Ouled Djellal et M'lili. L'eau de cette nappe est très coûteuse en raison de sa profondeur (>2000m) et sa température de l'ordre de 60°C.

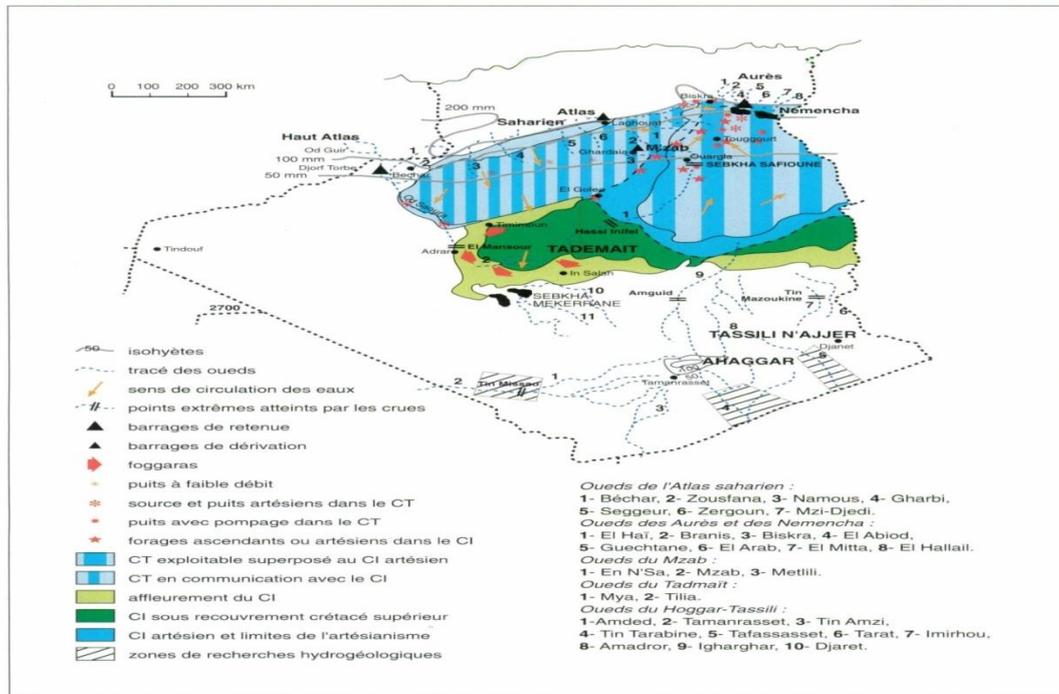


Figure 1. Le château d'eau souterrain du Sahara algérien.

Figure 06: Le château d'eau souterrain algérien. (Dubost, 1992).

8. Situation de l'irrigation dans la wilaya de Biskra

8.1. Evolution de la superficie irriguée dans la wilaya de Biskra durant la période 2010/2018

Tableau 10: Evolution de la superficie irriguée dans la wilaya de Biskra durant la période (2010-2018).

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Superficie (ha)	98433	100680	102503	104079	105920	108622	109500	111170	116964

Source : DSA de Biskra, 2018

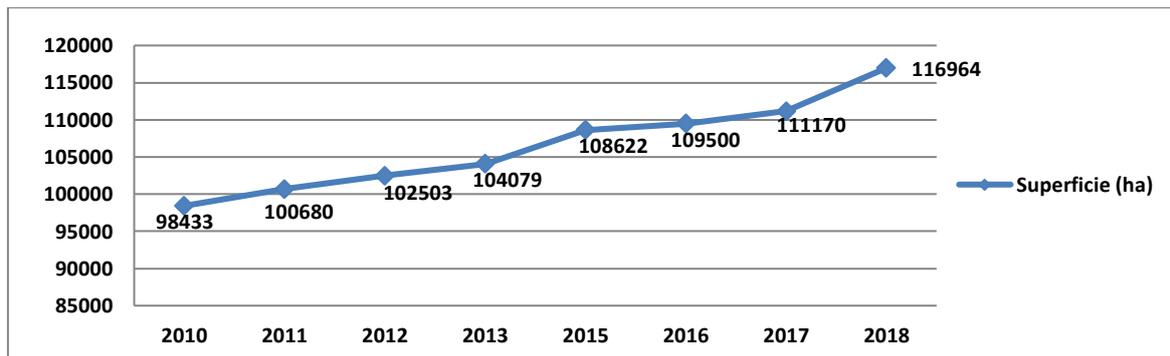


Figure 7: Evolution de la superficie irriguée dans la wilaya de Biskra durant la période (2010-2018).

Les chiffres de tableau n°10 indiquent que la superficie irriguée a connu une augmentation durant la période de 2010 à 2018 avec une moyenne annuelle supérieure à **2300 ha**, cette augmentation est le résultat de création des nouveaux périmètres agricoles, à l'extension des superficie agricoles exploités par les agriculteurs et aux facilitations accordées aux agriculteurs pour obtenir des autorisations pour creuser ou réaménager les forages.

8.2. Les systèmes d'irrigation pratiqués dans la région de Biskra

Tableau 11: Les systèmes d'irrigation pratiqués dans la région de Biskra (2018).

Système d'irrigation	Submersion	Aspersion	Pivot	Localisé	Total
Superficie (ha).	59 269	1 565	749	55 381	116 964
Pourcentage (%).	51%	1.38%	0.64%	47%	100%

Source : DSA de Biskra, 2018

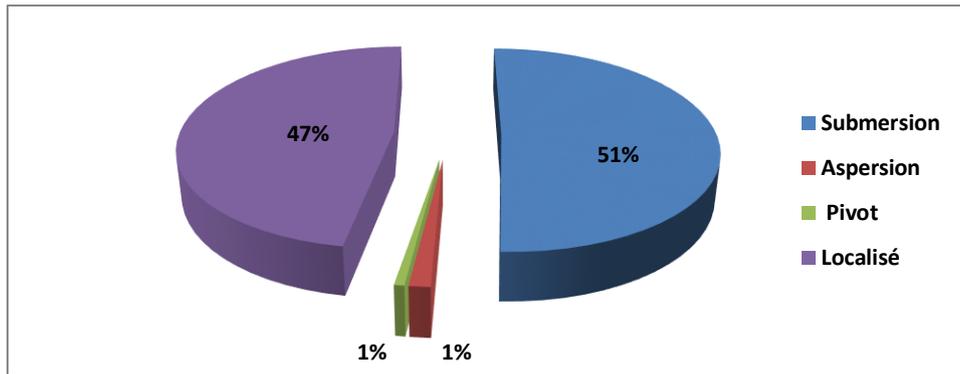


Figure 08: Le pourcentage des systèmes d'irrigation pratiqués dans la région de Biskra (2018).

Les chiffres de tableau n° 11 indiquent que 51% des terre irrigués sont irrigués par le mode traditionnel (submersion), qui se pratique dans la céréaliculture, les cultures fourragères, le palmier dattier et les cultures maraichères de plein champ, en deuxième place il vient le mode localisé avec un pourcentage de 47%, ce mode est utilisé dans la plasticulture, l'oléiculture, l'arboriculture et les cultures maraichères de plein champ, ces dernières années les agriculteurs ont commencés de l'utiliser dans la céréaliculture avec des petites superficies et en fin le mode aspersion et le pivot avec des pourcentages de 1.38% et 0.38% respectivement, ces deux modes sont utilisés pour les céréales et les cultures fourragères.

La lecture de ces chiffres a nous permis de dire que les agriculteurs continuent à pratiquer l'irrigation par submersion pour des raisons que peut accorder ce mode d'irrigation surtout à la culture de palmier dattier par la diminution des accumulations des sels dans le sol par leur lessivage et aux céréales et les cultures fourragères comme ancien mode d'irrigation devant la cherté des kits d'aspersion et les pivots.

En revanche ce système consomme des grandes quantités d'eau qui peuvent s'utiliser dans l'irrigation à des superficies supplémentaires si les agriculteurs vont utiliser des systèmes d'irrigation économiseurs de l'eau.

Chapitre II : Situation de l'aquaculture et les cultures maraîchères dans la région de Biskra

1. Situation de l'aquaculture dans la région de Biskra

La wilaya de Biskra a l'instar des autres wilayas du sud de pays a bénéficié de programmes de développement de l'aquaculture au départ par le SNA suivi par le SDDAPA horizon 2025, ces programmes ont encouragés les investisseurs pour investir dans le secteur de l'aquaculture comme la création des écloséries pour la production des alvins, la pêche continentale, la construction des unités de fabrication des aliments des poissons, la pisciculture intégrée à l'agriculture et récemment l'aquaponie.

Le tableau ci-dessous résume la situation de la pêche et la pisciculture au niveau de la wilaya de Biskra pour l'année 2021.

Tableau 12: Situation de la pisciculture et de la pêche au niveau de la wilaya de Biskra pour l'année 2021. (SPRH, 2021).

	Projet programmé	Réalisation	% de réalisation
<u>Nombre des projets investis et nombre d'investisseurs :</u> 180 demandes d'exploitation (dont 73 dossiers complets)	- 28 décisions sont données pour l'année 2019 avec une superficie de 92 ha. -12 décisions de bénéficiaire encours de signature à la ZAA de Lemckimnat (27 ha). - 10 dossiers au niveau de CNRDPA d'Alger (étude de dossiers) - 23 dossiers au niveau de bureau d'étude	-02 entreprises aquacoles financés par la CNAC au périmètre ZAA El Kantra. -07 fermes aquacoles autos financées à El Outaya, Ourlal, Sidi Okba, Tolga et Biskra. -12 bénéficières au périmètre de ZAA El Outaya. -04 écloseries pour la production des alvines autos financées à El Hadjeb, Ourlal et Sidi Okba. -02 établissements de la pêche continentale (ANSEJ et CNAC)	100%
<u>La superficie programmée :</u> 392 ha	Les périmètres programmés: -Périmètre d'Oued Drouh-Chetma (42 ha +09ha) -Périmètre d'El-Haouch (60 ha) -Périmètre d'El-Hdjeb (40ha) -Périmètre de Foughala (50ha) -Périmètre de Drouh (20 ha)	Les périmètres réalisés: -01périmètre d'El Kantra ZAA (100 ha) -02 périmètres Lemckimnet (El-Outaya) ZAA (35 ha) -03 périmètres Saadoun 1 (El-Outaya) ZAA (50 ha) -08 projets d'investissements personnels (41 ha)	76.85%
<u>La production prévue :</u> la pêche continentale et l'aquaculture	2800 tonnes (selon les études techniques des dossiers des investisseurs) CNRDPA	41 tonnes	1.46%
Nombre d'employés	360	42	11.66%
Enveloppe financière	250 milliards	12 milliards	4.8%
<u>Ensemencement des alvins :</u> pisciculture intégré à l'agriculture et barrages.	Programme 2021 27 communes 109450 unités destinées vers les bassins d'irrigation et les projets privés.	15 communes sont bénéficiées de ce programme : 380 bassins d'irrigation et 06 projets	45.45%

Tableau 13: Les opérations d'ensemencement (2013-2021). (SPRH, 2021).

Année	Quantité de poisson ensemencé	Nombre des bénéficiaires	Espèce de poisson	Source
2013	Programme DPRH (2000 unités) Programme OADA (10000+7000) unités	30 agriculteurs (Bassin de stockage)	Carpe Tilapia du Nil	-Ourassia Sétif -CNRDPA
2014	1000 300	15 agriculteurs (03 communes pour la lutte biologique contre les moustiques)	Tilapia du Nil, Gambusia	-Biskra -Ouargla -Canaux de drainage agricole Mlili
2015	500 poissons 1000 alevins	10 agriculteurs 02 agriculteurs	Tilapia du Nil Carpe argenté	-Bassins Biskra -Ecloserie Khanchela
2016	1350 poissons	15 agriculteurs	Tilapia du Nil	-Bassins Biskra
2017	600 poissons 200 poissons (la lutte biologique contre les moustiques)	15 agriculteurs Communes El-Outaya, Lioua, Ourlel	Tilapia du Nil, Gambusia	-Bassins Biskra -Canaux de drainage Ourlel
2018	1500 7300	25 agriculteurs 02 projets	Tilapia du Nil Carpe	CNRDPA Ouargla Ecloserie d'Alger
2019	9000	03 projets Ain Naga, Oumech et M'lili.	Tilapia de Nil.	Ecloserie de YamAqua Ourlel
2020	37000	42 agriculteurs 04 projets	Tilapia de Nil.	Ecloserie YamAqua et Ecloserie de Ziban
2021	109540	30 agriculteurs 07 projets	Tilapia rouge	Ecloserie YamAqua Ecloserie de Ziban Ecloserie IZAC Ecloserie Massoudi

Les opérations d'ensemencement sont effectuées aux profits des agriculteurs listés par la DSA et la CAW de Biskra en coordination avec l'inspection vétérinaire, l'élevage se fait dans des bassins d'accumulation d'eau d'irrigation avec des capacités allant de 100 à 4400m³ (SPRH,

2021).

Le nombre des bassins ensemencés dans le cadre de programme de la pisciculture intégrée à l'agriculture est 300 bassins de différent capacité surtout les bassins qui ont été réalisés à la période de PNDA en plus 84 bassins d'une capacité supérieure de 1000 m³ sont recensés en 2021 (SPRH, 2021).

L'approvisionnement en eau des bassins se fait à partir des forages personnels des agriculteurs.



Figure 09: Les alevins dans les écloséries. (Photos SPRH, 2021).



Figure 010: Les opérations d'ensemencement dans des bassins. (Photos SPRH, 2019).

L'aquaponie est une activité récente et les agriculteurs ont commencés à faire des essais sur ce mode de production et les investissements sont en nombre minime, les cultures maraichères sous serre sont les plus concernés comme la tomate, piment, poivrent, concombre...etc et de pleine champ comme le gombo, l'haricot, l'oignon.....etc.

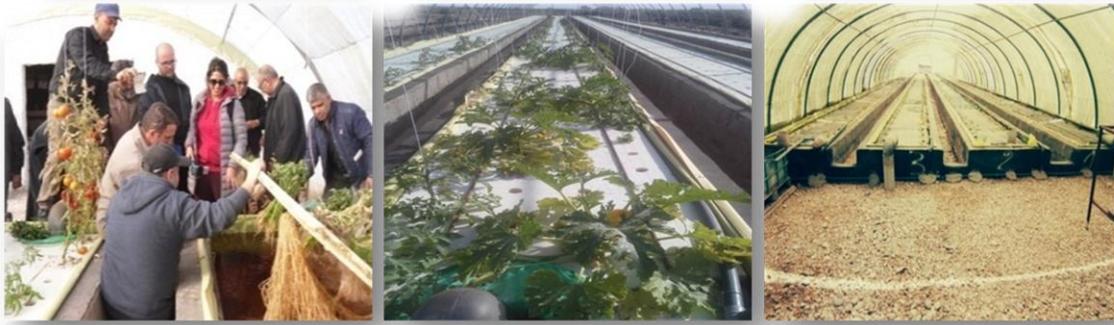


Figure 11: L'aquaponie (Photos SPRH, 2019).

Tableau 14: Les quantités de poissons produits dans la région de Biskra. (SPRH, 2021).

localisation	La quantité de poissons produite (Kg)							Espèce
	2004	2009	2014	2018	2019	2020	2021	
Barrage de Foum El Gherza	6360	6580	12635	5030	11900	10510	3340	Carpe argenté, Carpe à grande bouche, le Mulet
Barrage fontaine des gazelles	/	18010	47290	9670	18350	17510	6930	
Bassins de la pisciculture intégrée à l'agriculture	/	280	1455	6050	9550	13050	7260	Tilapia du Nil
Total	6360	24870	61380	20750	39800	41070	17530	

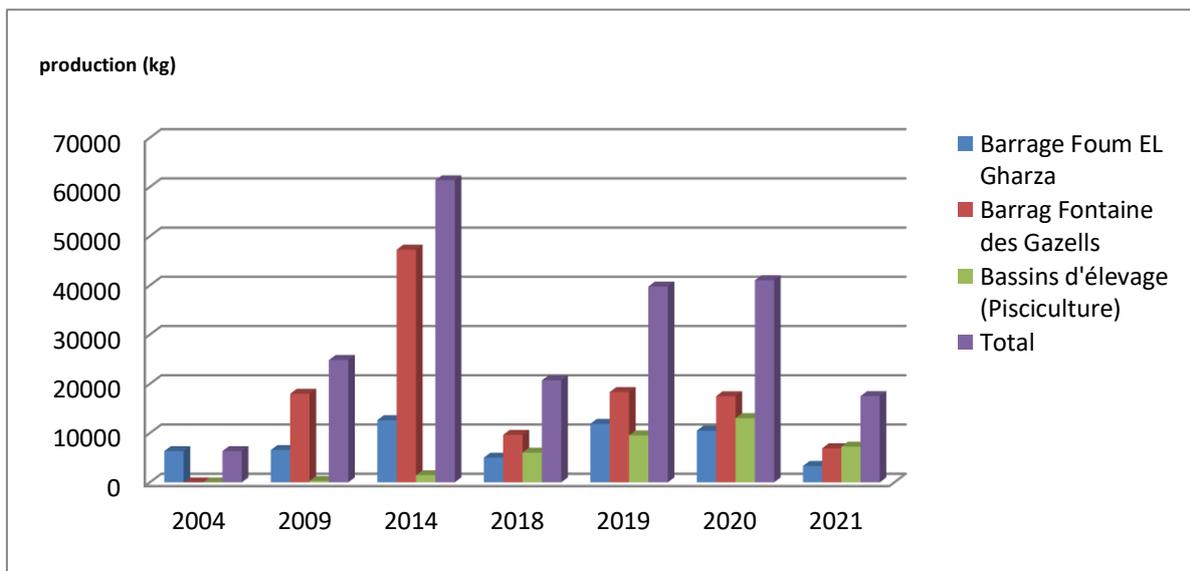


Figure 12: Les quantités de poissons produits dans la région de Biskra. (SPRH, 2021).

La grande part de la production en poissons dans la région de Biskra est assuré par la pêche continental pratiquée au niveau des deux barrages (Foug El-Gherza et Fontaine de Gazelles)

avec une production qui atteint 10270 kg pour la campagne 2021 qui a connu un recule par rapport aux précédents campagnes cela est dû à la sécheresse et aux faibles quantités des précipitations enregistrés ces dernières années. La pêche est pratiquée par deux sociétés de la pêche qui ont bénéficiés d'une autorisation pour l'exploitation des deux barrages en plus des pêcheurs individuels (environ 60 amateurs) (SPRH, 2021).

Pour la pisciculture intégrée à l'agriculture la production est en croissance durant les campagnes mais pour la campagne 2021 la production a chuté à 7260 kg la production est destinée à l'autoconsommation et à la vente au marché local, les prix de vent sont : carpe (100 à 300 DA/kg) et tilapia (400 à 650 DA/kg) (SPRH, 2021).

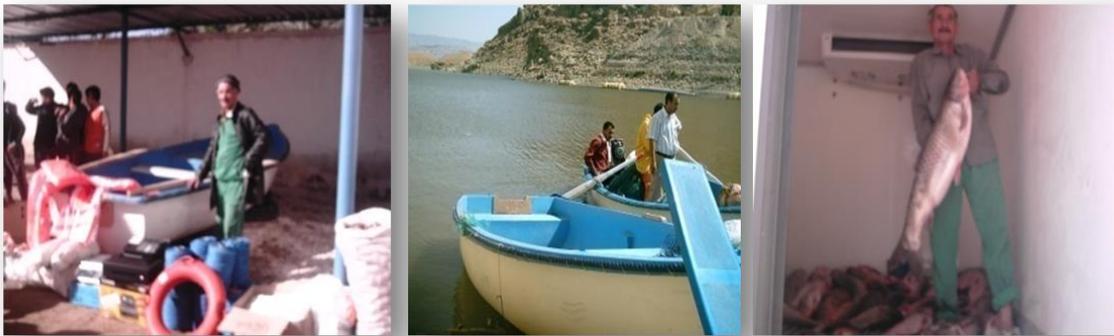


Figure 13: La pêche continentale au niveau des deux barrages (Foum El-Gherza et Fontaine des Gazelles). (Photos SPRH, 2019).



Figure 14: La production en poisson. (Photos SPRH, 2019).

1.1. L'investissement et le soutien des projets

La forte volonté de l'Etat pour développer ce secteur (aquaculture et pêche continentale) dans les régions sahariennes a permis de lancer des programmes et des projets à l'intérêt des agriculteurs et même de faciliter les procédures administratives aux jeunes investisseurs et impliquer les agences (ANSEJ, ANGEM.....) dans ce processus.

Les agriculteurs ont bénéficiés de ce soutien (bassins d'élevages) dans le cadre de la pisciculture intégrée à l'agriculture et leurs but est d'obtenir une production en poissons et en même temps d'utiliser l'eau piscicole résulté de cette activité à l'irrigation des cultures de palmier dattier, oléiculture et les cultures maraichères, l'objectif est d'exploiter cette eau usée dans l'irrigation des cultures en profitant de sa richesse en éléments fertilisants pour réduire l'utilisation des engrais synthétiques.

1.2. Les systèmes d'élevages pratiqués dans la région de Biskra

Dans la région de Biskra les éleveurs ou les pisciculteurs pratiquent 03 types d'élevages : extensif, demi intensif et l'intensif selon la capacité financière des éleveurs par exemple le mode intensif demande des moyens pour la maîtrise de l'oxygénation de l'eau, l'alimentation et le renouvellement de l'eau et le contrôle de la température , alors que les modes extensif et demi intensif sont les plus compatibles à l'intégration de ce mode d'élevage à l'agriculture ou la densité des poissons est aléatoire dans les bassins (les pisciculteurs ne respectent pas les normes) l'alimentation est assurée à partir des déchets des cultures avec l'achat des quantités minimales d'aliment fabriqué donc les pisciculteurs vont bénéficier d'une production en poissons qui n'est pas très coûteuse d'un côté et de l'irrigation des cultures pour diminuer l'apport des engrais d'un autre côté.

L'élevage est effectué dans des bassins en biton qui sont construites précédemment au période de lancement de PNDA et dans des autres bassins construites récemment dans le cadre de programmes de soutien de l'Etat à cette activité en même temps l'autre type des bassins qui sont construites en géo membrane avec différents capacités.



Figure 15: Les bassins d'élevage en géo membrane et en biton. (Photos SPRH, 2019).

1.3. Les espèces les plus élevés en pisciculture dans la région de Biskra

Au niveau de la région Biskra le tilapia du Nil (*Oreochromis nilotica*) et son hybride tilapia rouge sont les plus élevés par les pisciculteurs ce choix se rend aux caractéristiques de ces

poissons et leurs disponibilités localement. D'après Lacroix. (2004) c'est le poisson de la pisciculture africaine et malgache par excellence ses caractéristiques principales sont :

- ✚ Une croissance rapide : de 1 et jusqu'à 3 g /jour /individu dans de bonnes conditions. Il peut atteindre 3,5 kg de poids total.
- ✚ Une reproduction aisée et rapide.
- ✚ C'est préférentiellement un microphage mais il assimile facilement divers aliments : son de riz, tourteau, déchets d'abattoir. Les alevins ont une tendance micro carnivore et même cannibale. On peut dire qu'il est omnivore en étangs.
- ✚ Une bonne chair et appréciée, en plus c'est une espèce rustique, facile à manipuler et son hybridation est possible.
- ✚ Il supporte une salinité de 5 à 15g/l, ce qui réduit cependant la reproduction et gêne la croissance.

En deuxième place et avec un taux réduit le poisson chat (*Clarias gariepinus*).

2. Situation des cultures maraichères dans la wilaya de Biskra

La wilaya de Biskra est une zone potentielles en production agricole par excellence au niveau national, plusieurs filières agricoles sont présents dans cette wilaya, le tableau n° 15 montre que la phoeniciculture occupe la première place puisque c'est la culture la plus ancienne et la mieux adaptée aux conditions climatiques de la région (Bedjaoui, 2007 ; ITDAS, 2011) comme indique l'ancienne non de la région de Biskra « les Ziban » qui signifie Oasis. En deuxième position les cultures maraichères sachant que cette wilaya est considérée comme un grand pôle de production au niveau national pour cette filière surtout les cultures maraichères protégés (plasticulture) et en troisième position les céréales.

Dans le passé le système de production de l'agriculture saharienne était le système oasien basé sur le palmier dattier, les autres cultures étaient pratiquées à des fins d'autoconsommation et de quelques échanges commerciaux au niveau des marchés locaux. (ITDAS, 2011).

Suite à l'application de la loi APFA en 1983 qui se base sur la mise en valeur des terres, le paysage agricole de la wilaya de Biskra a changé beaucoup et a évolué par l'apparition des nouveaux systèmes de production reposant sur des techniques performantes comme la plasticulture dans les années 1984-1985 qui a donnée des résultats encourageants en termes de précocité et de productivité (Bouammar, 2010 ; ITDAS, 2011).

La période entre 1983 à 1991 est considérée comme la première installation de la plasticulture dans la région de Biskra et qu'a partir de 1990 la production a devenu significative et les

principaux espèces maraichères cultivés sont : la tomate, piment, poivron, concombre, courgette..... (Bedjaoui, 2007).

Tableau 15: Classement des cultures dans la wilaya de Biskra pour l'année 2021.

Type de culture	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
Palmier dattier	Deglet Nour	2 804 057 palmiers	3 090 000 /
	Total de palmier dattier	4 472 867 palmiers	4 785 000 /
Cultures maraichères	Cultures maraichères sous serre	9404.5	8 500 912 903.82
	Cultures maraichères de plein champ	22 681.5	4 094 928 180.45
	Total	32 086	12 595 840 392.56
Céréaliculture	29 648	1 031 270 34.78	
Oléiculture	5432 (140 368 arbres)	111 819 20.58	
Les cultures fourragères	9850	637 330 /	

Source : DSA de Biskra, 2021.

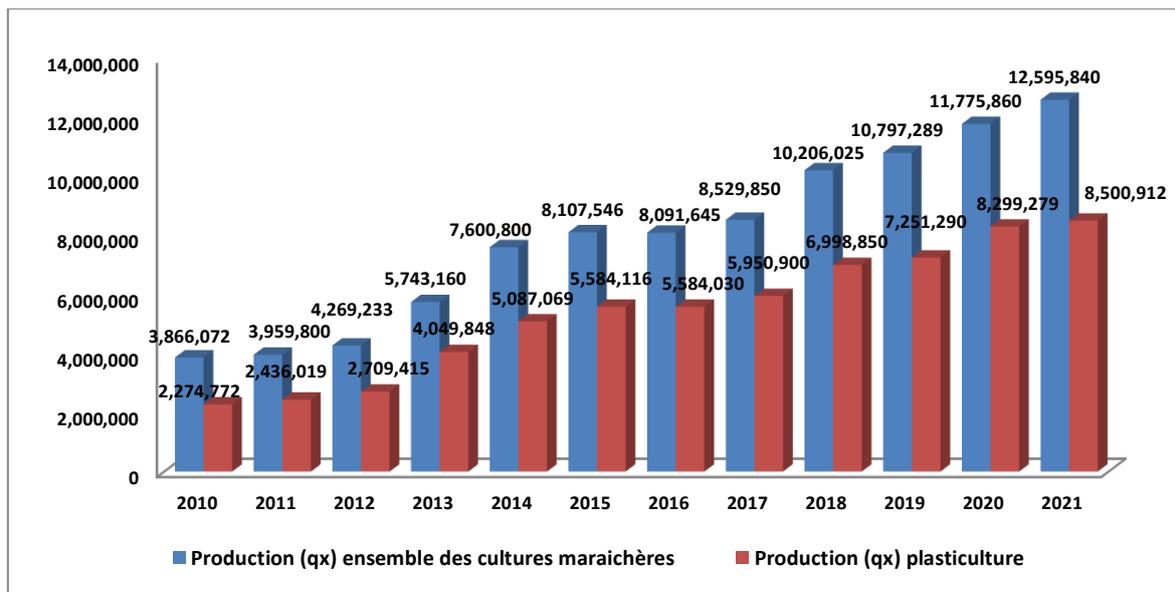


Figure 16: Evolution de la production des cultures maraichères de 2010 jusqu'à 2021.

Source : DSA de Biskra, 2021.

Au niveau de la wilaya de Biskra il existe deux systèmes de cultures maraichères : sous abri (plasticulture) et en plein champ. Le maraîchage de plein champ se trouve surtout dans la zone du Zab Chergui (cultures de fèves vertes, pastèques) associé avec certaines cultures industrielles (principalement tabac et Henné). Alors que dans la zone du Zab El Gherbi, c'est surtout le maraîchage sous abris qui se pratique. Les cultures les plus pratiquées sous serres sont : la tomate, poivron, piment et concombre (Bouammar, 2010).

Les données de tableau n°15 a nous permis de constater que la superficie de la plasticulture est inferieur (**29.31 %** superficie totale) à celle de mode plein champ mais par contre, la production est en double de c'elle de ce dernier (**67.49 %** de la production totale), ce la peut se rendre à des rendements élevés obtenus dans la plasticulture.

La figure n°16 révèle que la production totale des cultures maraichères a connu une croissance durant la période de 2010 à 2021 avec une moyenne presque de **800 000qx** pour chaque campagne, ce la peut être dû à la volonté des agriculteurs d'accroître leurs investissements (extension des superficies), l'utilisation des nouvelles techniques de production (serres canariennes, la fertigation, des nouvelles variétés hybrides (F₁) performantes, la maitrise de la lutte contre les maladies et les ravageurs.....), disponibilité des intrants, disponibilité des marchés pour la vente et l'arrivé et l'installation des agriculteurs locataires des terres hors de la wilaya de Biskra pour pratiquer le maraichage.

1.1. La production légumières pour l'année 2021

La tomate se trouve en première place en production légumière pour l'année 2021 au niveau de la wilaya de Biskra avec une production de **4 631 200qx** dont **4 628 380qx** sont produits sous serre et avec un rendement de **1451.8 qx/ha**. En deuxième place le melon et la pastèque avec un total de la production **1 712 757 qx** dont **680 362qx** sont produits sous serre et avec des rendements de **303.94 qx/ha** et **400.7 qx/ha** respectivement. En troisième place le piment avec une totale de production **1 493 141qx** dont **1 406 783qx** sont produits sous serre avec des rendements de **606.8qx/ha** et **738.1qx/ha** respectivement. (Figure 17) (DSA de Biskra, 2021).

La première culture de plein champ est l'oignon avec une production de **764 000qx** avec un rendement de **272.8qx/ha**, suivi par la fève verte en deuxième place avec une production de **456 090qx** et avec un rendement de **133.8qx/ha**. La pomme de terre se trouve à l'avant dernière place avec une production de **57 800qx** et avec un rendement de **231.2qx/ha**. (Figure 17) (DSA de Biskra, 2021).

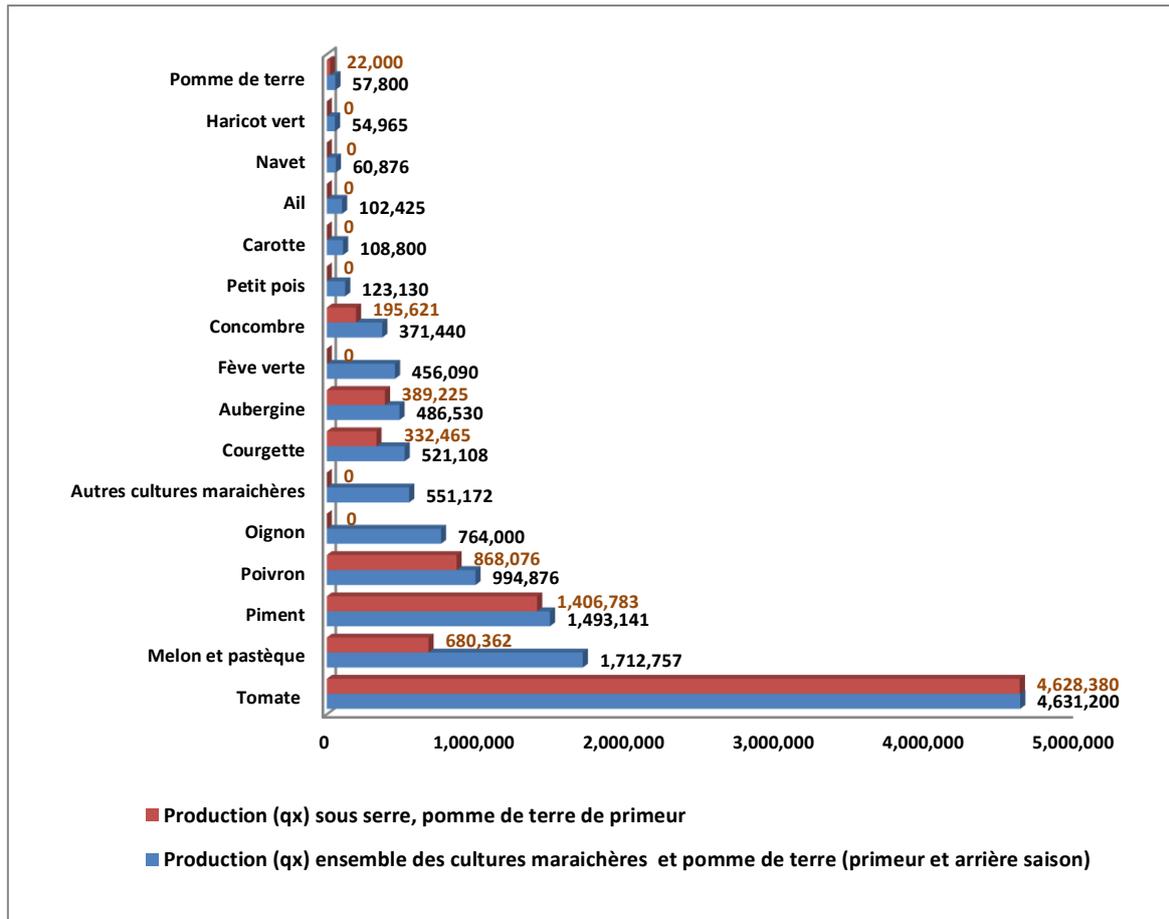


Figure 17: La production des cultures maraichères de la wilaya de Biskra pour la campagne 2020/2021.

Source : DSA de Biskra, 2021

Les rendements des cultures sous serre sont les plus élevées par rapport à c’elles de cultures de plein champ, la tomate se classe en première position avec un rendement de **1451.8qx/ha** et **1453.6qx/ha** obtenu sous serre. (DSA de Biskra, 2021).

Les rendements élevés obtenus en mode sous serre se rendent au système de la conduite intensif des cultures qui se caractérise par la pratique des opérations d’entretien comme le palissage vertical (tomate, aubergine, concombre, melon) le tuteurage (piment et poivron), la taille des plantes, étêtage, le binage, la fertilisation de couverture au cours de cycle végétatif....etc (ITDAS, 2005).

En plus ces cultures sont protégées durant la période hivernale, cela permis aux plantes de persister en végétation et en fructification pendant cette période, donc plus de production et hausse de rendement. Le palissage vertical lui aussi favorise aux plants une continuité de croissance végétative et un développement au sens vertical pour les espèces à croissance non limitée, cela est constaté ces dernières années avec l’introduction des serres canariennes où les

plantes de la tomate peuvent atteindre le 14^{ème} bouquet (dans le cas des serres tunnels les plantes atteignent en maximum le 08^{ème} bouquet).

2.2. La production légumière des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022

Presque toutes les communes de la wilaya de Biskra sont des producteurs des cultures maraichères et les communes potentielles en production légumière sont :

1. M'ziraa, Zeribet El Oued, Ain Naga, El Feidh et Sidi Okba qui se situent dans le Zeb El Chergui.
2. El Ghrous, Tolga, Lioua, M'lili et Ourlal qui se situent dans le Zeb El Gherbi.

Les figures ci-dessous montrent le classement des communes selon leur production pour chaque filière légumière.

Ce que nous constatons que les communes de Zeb El Chergui ont dominés la production légumière dans la wilaya du Biskra pour toutes les filières et la commune de M'ziraa est le leader de la production légumière suivi par la commune de Zeribet El Oued.

Comme nous avons vu précédemment la tomate occupe la première place suivie par le piment, le poivron et les autres cultures légumières comme le montre la figure n° 17.

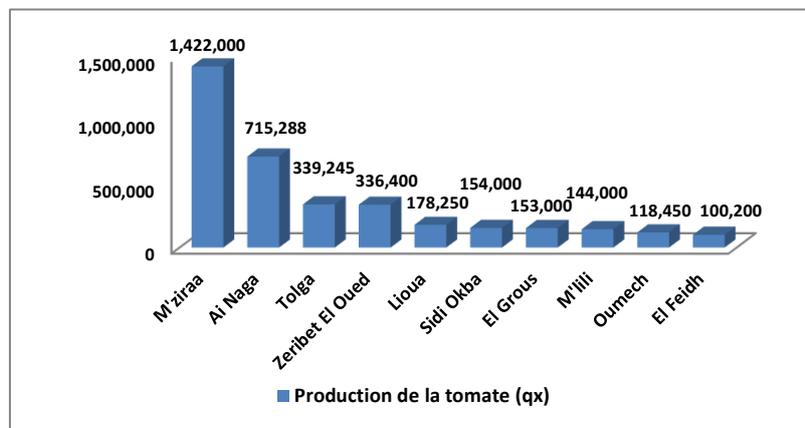


Figure 18: La production de tomate des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.

Source : DSA de Biskra, 2022

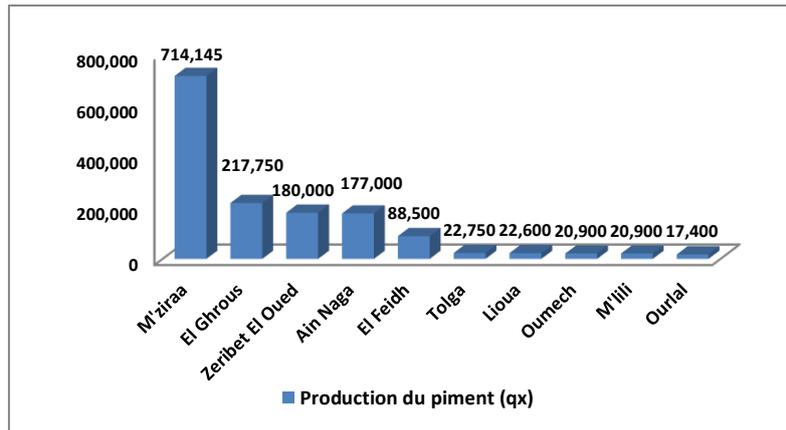


Figure 19: La production du piment des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.

Source : DSA de Biskra, 2022

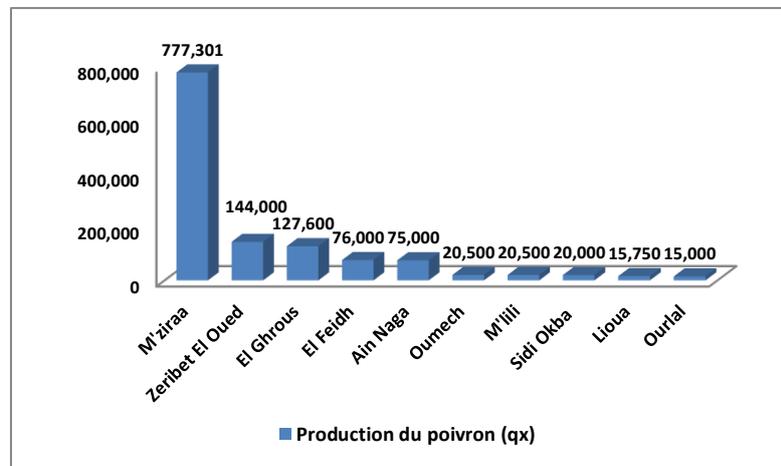


Figure 20: La production du poivron des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.

Source : DSA de Biskra, 2022

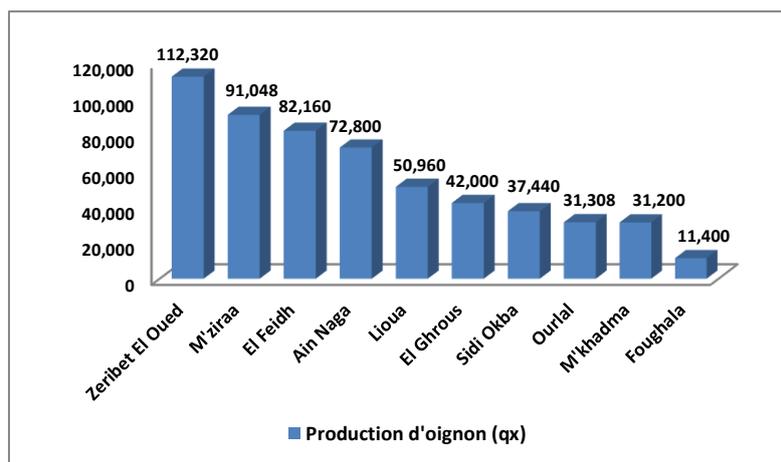


Figure 21: La production d'oignon des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.

Source : DSA de Biskra, 2022

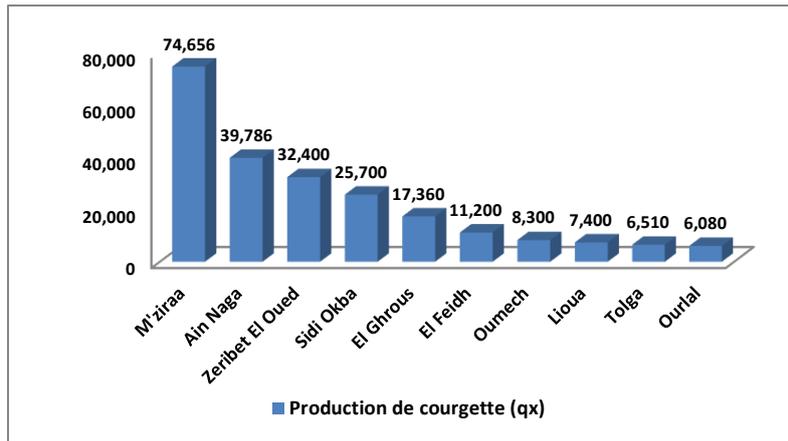


Figure 22: La production de la courgette des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.

Source : DSA de Biskra, 2022

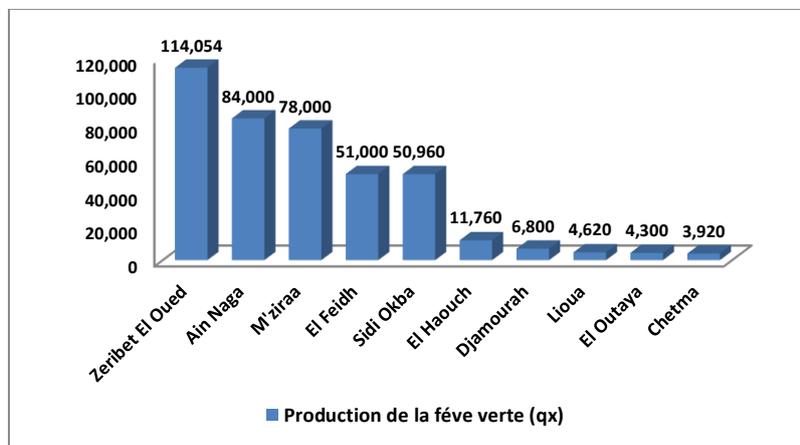


Figure 23: La production de la fève verte des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.

Source : DSA de Biskra, 2022

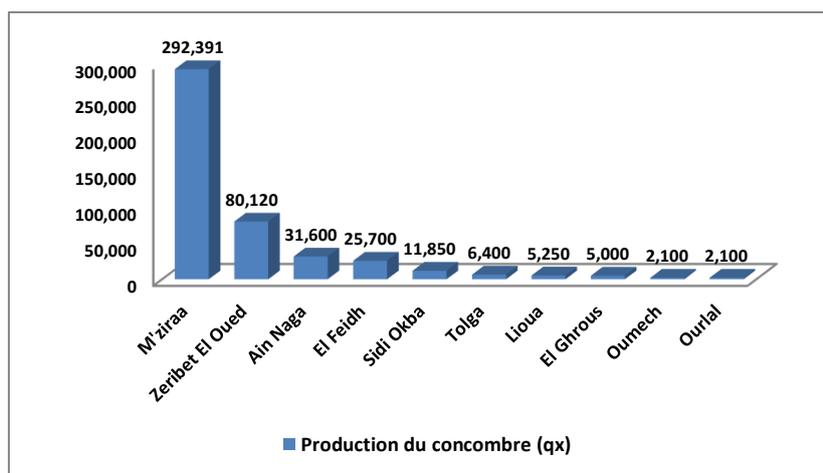


Figure 24: La production de concombre des communes de la wilaya de Biskra pour la campagne 2021/2022.

Source : DSA de Biskra, 2022

Tableau 16: Les cultures dont la wilaya de Biskra occupe la première place au niveau national en production maraichère pour l'année 2019.

Culture	Production (qx)	Production nationale (qx)	% par apport à la production nationale
Tomate	3 664 280	14 778 786	24.79%
Piment	1 175 400	3 082 823	38.13%
Poivron	867 535	3 668 857	23.65%
Courgette	752 110	4 201 354	17.9%
Concombre	342 807	1 660 456	20.64%
Fève verte	380 240	2 984 837	12.74%

Source : MADR, 2021.

Les chiffres de tableau n°16 révèlent que Biskra est une wilaya potentielle par excellence en production des cultures maraichères, cela peut se remarquer par sa grande contribution dans la production nationale.

Chapitre III : Matériels et méthodes

1. Matériels

L'expérimentation est effectuée sur :

1- la culture de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) de primeur et de l'arrière saison durant la campagne 2020/2021, la variété utilisée est Désirée (demis tardive). Les tubercules semences sont plantés avec un espacement de 70 cm entre les lignes et 30 cm entre les plants dans des parcelles élémentaires de 08 m².

2- La culture de piment (*Capsicum annuum* L) sous serre, la variété cultivée est Startare durant la campagne 2021/2022, les plants sont apportés de la pépinière et sont repiqués dans la serre avec un espacement de 70 cm entre les lignes et 40 cm entre les plants.

Le mode d'irrigation est localisé avec l'utilisation de la gaine perforée de 16 mm cette gaine est alimentée en eau par de tuyau en PEHD de 40 mm, la source de l'eau piscicole utilisé à l'irrigation est le bassin d'élevage de 50 m³ de capacité (géo membrane).

L'espèce de poisson élevée est le Tilapia de Nil (*Oreochromis niloticus*) et son hybride Tilapia rouge, le mode d'élevage est extensif avec une densité de stockage inférieur à 1.5 kg/m³, l'alimentation des poissons est assurée par des déchets des cultures séchés et broyés (les rebus des dattes, son de blé et de maïs... etc) avec des quantités de 300g distribués 02 fois par jours. Le renouvellement de l'eau se fait presque chaque jour avec un pourcentage de 05% de volume total de bassin, l'eau est pompée avec une pompe horizontale.

2. Méthodes

2.1. Préparation de sol et l'apport de fumure de fond

La culture précédente de l'essai de la pomme de terre de primeur : maïs.

La culture précédente de l'essai de la pomme de terre de l'arrière saison : céréales.

La culture précédente de l'essai de piment sous serre : tomate.

Labour profond suivi par un passage avec rotovator.

Préparation des billons avec la billonneuse pour les essais de la pomme de terre.

Apport de fumier pour l'essai de la pomme de terre de l'arrière saison 30t/ha.

Apport de fumier pour l'essai de piment 40t/ha.

2.2. La mise en place de la culture

Installation de réseau d'irrigation.

La date de plantation est le :

18/02/2020 pour la pomme de terre de primeur.

14/09/2020 pomme de terre de l'arrière saison.

La date de repiquage pour les plants de piment est le : 04/10/2020.

Le dispositif expérimental appliqué est en blocs aléatoires, un seul facteur étudié qu'est l'eau d'irrigation avec 07 traitements pour les 02 essais de la pomme de terre et avec 06 traitements pour l'essai de piment.

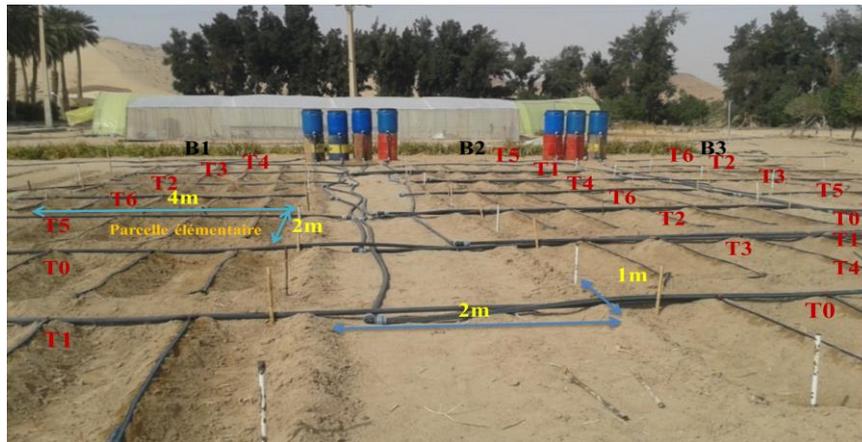


Figure 25: Schéma représentatif de dispositif expérimental appliqué pour l'essai de la pomme de terre de primeur.

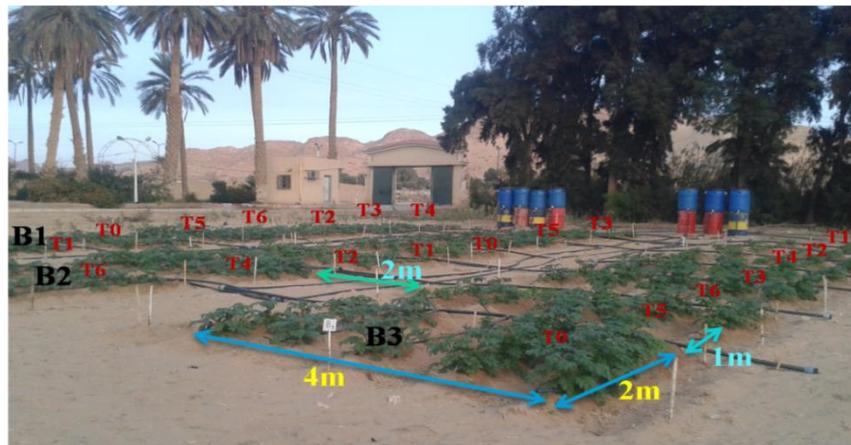


Schéma représentatif de dispositif expérimental appliqué.

Figure 26: Schéma représentatif de dispositif expérimental appliqué pour l'essai de la pomme de terre de l'arrière saison.

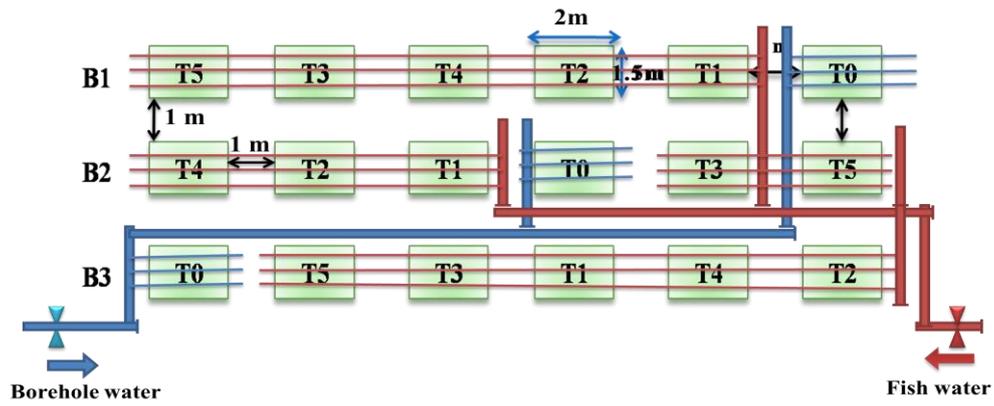


Figure 27: Schéma représentatif de dispositif expérimental appliqué pour l'essai de piment.



Figure 28: Bassin d'élevage de Tilapia du Nil.



Figure 29: Les tubercules semences de la variété Désirée et les plantules de piment.

Tableau 17: Les pourcentages de la fumure NPK ajoutés aux traitements des essais.

La culture	Pomme de terre	Piment
Traitements	T₀ : témoin (eau de forage + 100% de NPK).	T₀ : témoin (eau de forage + 100% de NPK).
	T₁ : eau piscicole + 0% de NPK.	T₁ : eau piscicole + 0% de NPK.
	T₂ : eau piscicole + 20% de NPK.	T₂ : eau piscicole + 25% de NPK.
	T₃ : eau piscicole + 40% de NPK.	T₃ : eau piscicole + 50% de NPK.
	T₄ : eau piscicole + 60% de NPK.	T₄ : eau piscicole + 75% de NPK.
	T₅ : eau piscicole + 80% de NPK.	T₅ : eau piscicole + 100% de NPK.
	T₆ : eau piscicole + 100% de NPK.	

Pour la culture de pomme de terre l'irrigation est effectuée suivant un programme de pilotage d'irrigation ACSAD et ITDAS, ce programme est un logiciel dans le quel les données climatiques de plusieurs années précédents de la région (température, humidité, vitesse de vent et ensoleillement), les données édaphiques et les données de la culture (date de plantation, Kc,etc) sont entrés dans ce logiciel après un programme d'irrigation est obtenu. Les données de l'espèce cultivée (hauteur, profondeur des racines....etc) sont récupérer à partir de document de FAO (Irrigation and Drainage paper) N⁰: 56 (Allen et al, 1998).

La quantité d'eau utilisée en irrigation pendant le cycle de la culture de pomme de terre de primeur est de 3218 m³ avec 79 irrigations et pour la culture de pomme d'arrière saison est de 2725 m³ avec 84 irrigations.

Pour la culture de piment l'irrigation est effectuée suivant la demande de la culture et l'état hydrique du sol.

La fumure d'entretien apporté à la culture de pomme de terre est calculé à partir de la formule citée par (Soltner, 1999b) qui détermine les besoins des plants en NPK pour produire une tonne de tubercule de pomme de terre, cette formule préconise pour atteindre cet objectif : 3.2 kg de N, 1.6 kg de P₂O₅ et 6 kg de K₂O. L'objectif de rendement visé dans le cas de cette expérimentation est d'obtenir 40 tonnes/hectare donc la fumure sera : 128 kg de N, 64 kg de P₂O₅ et 240 Kg de K₂O cette fumure est apportée par fertigation.

La fumure d'entretien apporté à la culture de piment est 210 kg du N, 100 kg du phosphore et 310 kg du potassium (K) pour obtenir un rendement de 40t/ha. Un 1/3 de la fumure est apportée en fond et les 2/3 comme fumure de couverture fractionnée en 04 apports.

2.3. Les paramètres des plantes, du sol et de l'eau à étudiés

Paramètres des plantes

Se sont la hauteur et le rendement des plantes. Au moment où les plants sont arrivés au stade de pleine croissance végétative, la mesure de hauteur des plants est effectuée sur des plants choisies aléatoirement en suite la moyenne est calculée pour chaque parcelle élémentaire, le rendement est calculé de la même procédée.

Pour la culture de la pomme de terre le rendement par hectare est calculé par la multiplication de rendement d'un plant à la densité de plantation par hectare.

La densité de plantation est déterminée par la formule du (Ravenel et al, 2009).

$$D = \left[\frac{20}{\frac{L}{E}} \right] * 10000 \quad \text{Dont :}$$

L : longueur moyenne occupé par 20 plants(m).

E : écartement entre les buttes (m).

$$D = [20/5.7*1/0.75]*10000 = \mathbf{46784 \text{ plants/hectare.}}$$

Paramètres chimiques du sol et de l'eau d'irrigation

Les paramètres du sol étudiés sont :

Le taux de la matière organique (MO) dosé par la méthode de Walkley-Black.

pH à l'aide de pH-mètre.

CE à l'aide de conductimètre à l'extrait aqueux de 1/5.

Le P₂O₅ assimilable dosé par la méthode de Joret-Hebert.

Le K assimilable par l'extraction de l'acétate d'ammonium et le dosage par le spectrophotomètre à flamme.

L'azote total dosé par la méthode de Kjeldahl.

Les cations : Ca²⁺, Mg²⁺ par la méthode volumétrique à EDTA et Na⁺ et K⁺ par spectrophotomètre d'émission atomique.

Les anions : Cl⁻ par la méthode de Mohr, CO₃⁻ et HCO₃⁻ par le titrage avec l'acide sulfurique et SO₄⁻ par la méthode Gravimétrique.

Pour le sol avant l'installation de l'essai plus aux l'analyses citées ci-dessus les analyses encor effectuées sont :

La granulométrie par la méthode internationale à l'aide de la Pipette de Robinson.

Le calcaire total par la méthode volumétrique à l'aide du calcimètre de Barnard.

Calcaire actif par la méthode de Drouineau et Galet.

L'azote total dosé par la méthode de Kjeldahl.

CEC par la centrifugation à l'alcool.

Pour l'eau d'irrigation (eau piscicole et eau de forage) se sont les mêmes analyses des caractéristiques chimiques du sol.

Pour l'eau piscicole il s'ajoute les analyses de nitrite par la méthode de spectrométrie d'absorption moléculaire ISO 6777, les nitrates par la méthode de spectrométrie avec l'acide sulfosalicylique ISO 7890-3 et l'oxygène dissous par le spectrophotomètre.

Les analyses sont effectuées au niveau des laboratoires de l'ITDAS, CRSTRA, département des sciences agronomiques de l'université de Mohamed kheider Biskra et laboratoire privé.

Deuxième partie :

Résultats et discussions

Deuxième Partie : Résultats et Discussions

Chapitre I : Premier essai. Effet de l'utilisation de l'eau piscicole en irrigation de la culture de la pomme de terre de primeur.

1. Lieu d'installation de l'essai

Notre étude est déroulée au niveau de la station d'Ain Ben N'oui de l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS), (34°48'29" N et 05°39'98" E) qui se situe à 05 km au Ouest de chef-lieu de la wilaya de Biskra.



Figure 30: Localisation de site d'installation de l'essai à Ain Ben Noui (ITDAS) Biskra.

2. Caractéristiques physiques et chimiques du sol avant l'installation de l'essai

Deux échantillons du sol sont prélevés à deux profondeurs : de 0 à 30cm et de 30 à 60cm avant l'installation de l'essai et à la fin de l'essai.

2.2. La granulométrie

Le sol a une texture Limon argilo-sableuse (LAS) pour les deux profondeurs selon le triangle des textures (G.E.P.P.A) (Calvet et Villemin, 1986).

Tableau 18: Les résultats de l'analyse granulométrique du sol.

Echantillon	0 à 30cm de profondeur	30 à 60cm de profondeur
Argile (%)	25.6	23.6
Limon fin (%)	00	11.4
Limon grossier (%)	27	24.5
Sable fin (%)	24.4	10.2
Sable grossier (%)	23	30.2

2.3. Les résultats des analyses chimiques du sol (avant l'installation de l'essai)

D'après Daoud. (2011) le sol est très salin, avec un pH basique et de modérément à fortement calcaire (Baize, 1988). Le taux de MO est très faible en fonction de taux d'argile pour les deux profondeurs (Calvet et Villemin, 1986) (Tableau 19).

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 19: Les résultats des analyses chimiques du sol avant l'installation de l'essai.

Echantillon	0 à 30cm de profondeur	30 à 60cm de profondeur
CE (ds/m) Rapport 1/5	2.6	2.62
pH	7.8	7.11
Calcaire total (%)	24.48	27.75
Calcaire actif (%)	7	9
MO (%)	0.91	0.62
P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	1118.57	425.37
K assimilable (méq/100g)	0.1	0.07
CEC (méq/l)	21.3	13.04
Azote total (%)	0.028	/
Cations (méq/l) :		
Na ⁺	6	4.12
Ca ²⁺	11.4	14.8
Mg ²⁺	0.6	0.4
K ⁺	0.12	0.2
Anions (méq/l) :		
HCO ₃ ⁻	2.2	2.6
CO ₃ ⁻	/	/
Cl ⁻	2.8	3.08
SO ₄ ⁻	29.18	30.9

Tableau 20: Les résultats des analyses chimiques de l'eau piscicole et de l'eau de forage.

Echantillon	Eau de forage	Eau piscicole	Gamme habituelle de l'eau d'irrigation (AYERS et WASTCOT, 1985)
CE (ds/m)	6.08	6.27	0-3
pH	7.72	6.88	6-8.5
Cations (méq/l) :			
Na ⁺	35.13	36.92	0-40
Ca ²⁺	14.7	15.3	0-20
Mg ²⁺	25.7	28.7	0-5
K ⁺	0.21	0.24	0-2
Anions (méq/l) :			
HCO ₃ ⁻	5.8	4.2	0-10
CO ₃ ⁻	/	/	0-0.1
Cl ⁻	29.12	29.28	0.30
SO ₄ ⁻	21.26	24.9	0-20
Nitrite (mg/l)	/	0.17	
Nitrates (mg/l)	/	10.47	
Oxygène dissous (mg/l)	/	4.5	
SAR (meq/l)	7.81	7.87	0-15

3. L'état chimique de l'eau d'irrigation

Le tableau n°03 montre que la salinité (CE) de l'eau de forage et de l'eau piscicole est excessive d'après la classification du (Daoud et Halitim, 1994) in (Masmoudi, 2012) et ces eaux ne peuvent être pas s'utiliser en irrigation sans lessivage. Le guide du (Ayers et Watscot, 1985) pour l'interprétation de la qualité des eaux d'irrigation indique que ces eaux peuvent causer des problèmes graves à la plus part des cultures. La comparaison des taux des cations et des anions de l'eau de forage et de l'eau piscicole aux normes de qualités de l'eau d'irrigation établie par (Ayers et Watscot, 1985) ont montrées que ces taux sont élevées mais ne dépassent pas la gamme habituelle et seulement les SO_4^- et Mg^{2+} qui sont dépassés cette gamme.

La projection des valeurs de CE et de SAR des deux eaux sur diagramme de classification des eaux d'irrigation proposé par le laboratoire de Riverside USSL (1954) complété par Durand (Durand, 1973), indiquent que l'eau piscicole et l'eau de forage sont classée dans la classe C5.S3 cette classe peut provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plus part des sols, leur emploi exige un bon drainage, un fort lessivage et l'addition de la matière organique (Durand, 1973 ; Lallemand-Barres, 1980).

Le faciès géochimique de l'eau du forage et de l'eau piscicole est chloruré sodique.



Le pH des deux eaux est alcalin (Baize, 1988). Selon Peterson. (1999) in El Oumlouki et al. (2014), le pH de l'eau utilisée pour l'irrigation des cultures devrait être se situé entre 6 et 7 car à ces valeurs la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale.

Nous avons constatés qu'il y a une légère diminution de pH de l'eau piscicole (6.88) par apport à c'elle de l'eau de forage (7.72) cela est une acidification naturelle causée par le phénomène de nitrification et de respiration des poissons (Somerville et al, 2014).

Les bactéries nitrifiantes trouvent des difficultés pour convertir l'ammoniac en nitrate en cas de pH inférieur à 06. La plupart des poissons utilisés en aquaponie ont une plage de tolérance au pH de 6,0 à 8,5. En conclusion l'eau aquaponique idéale est légèrement acide, avec une plage de pH optimale de 6 à 7 (Somerville et al, 2014).

Aussi il y a une légère augmentation de la CE de l'eau piscicole par apport à c'elle de l'eau de forage cela est dû à l'élévation des taux des sels dans l'eau ce la est causé par l'excrétion des urines par les poissons pour maintenir les teneurs en sels dans leurs corps (Somerville et al, 2014).

L'oxygène se diffuse passivement depuis l'atmosphère dans l'eau, la quantité maximale d'oxygène dissous (OD) dans l'eau d'élevage se dépend d'un grand nombre de paramètres : la température, la salinité, et l'altitude (Delphine Escudero, 2018).

Le Tilapia du Nil exposés à une concentration d'OD (oxygène dissous) de 03 mg/l, pendant une durée de 25 jours n'a fait aucun ajustement hématologique ce niveau d'OD qui est probablement loin d'être une hypoxie sévère pour cette espèce (Tran-Duy et al, 2008).

Certaines espèces de poissons comme la carpe et le tilapia peuvent tolérer l'OD à des niveaux aussi bas que 2-3 mg/l (Somerville et al, 2014).

Dans le cas de l'eau d'élevage de notre étude, la valeur d'OD égale 4.5mg/l et cette valeur est acceptable.

L'azote est un paramètre crucial dans la qualité de l'eau, cet élément pénètre à l'origine dans un système aquatique à partir de l'alimentation des poissons, généralement étiquetés comme protéines brutes et mesurés en pourcentage. Une partie de cette protéine est utilisé par le poisson pour sa croissance et le reste est rejeté par le poisson comme des déchets sous forme d'ammoniac (NH_3) et sont libérés par les branchies comme urine et des déchets solides sont également rejetés, dont une partie est transformée en ammoniac par activité microbienne. Cet ammoniac est ensuite nitrifié par des bactéries et converti en nitrite (NO_2^-) et en nitrate (NO_3^-) (Somerville et al, 2014).

Le nitrite est toxique pour les poissons, comme pour l'ammoniac des problèmes de santé des poissons peuvent survenir avec des concentrations aussi faibles que 0,25 mg/l. Des niveaux élevés de NO_2^- peuvent entraîner immédiatement la mort rapide des poissons (Somerville et al, 2014).

La concentration maximale recommandée en nitrites est de 0.1 mg/l (Wedemeyer, 1996) in (Delphine Escudero, 2018). Toutefois une concentration en oxygène dissous optimale, la présence d'autres ions dans le milieu en compétition et avec un pH basique peuvent faire diminuer la toxicité des nitrites.

Atwood et al. (2001), dans leurs études ont démontrés que le nitrite est toxique pour tilapias du Nil et que la toxicité varie selon la taille (les petits le poisson ont montés une plus grande tolérance au nitrite par apport aux grands poissons) aussi l'étude a indiqué que la toxicité peut être inhibée par l'ajout de chlorure à l'eau sous forme de chlorure de calcium ou de chlorure de sodium.

Dans le cas de l'eau d'élevage de notre étude (0.17 mg/l) est acceptable.

Les nitrates sont beaucoup moins toxiques que les autres formes d'azote. C'est la forme d'azote la plus accessible pour les plantes et la production de nitrate est l'objectif du biofiltre. Les poissons peuvent tolérer des niveaux allant jusqu'à 300 mg/l, certains poissons tolérant des niveaux aussi élevés que 400 mg/l. Des niveaux élevés (> 250 mg/l) auront un impact négatif sur les plantes, entraînant une croissance végétative excessive et une accumulation dangereuse de nitrates dans les feuilles, ce qui est dangereux pour la santé humaine. Il est recommandé de maintenir les niveaux de nitrates entre 5 et 150 mg/l et de changer l'eau lorsque les niveaux deviennent plus élevés (Petit, 1986. Somerville et al, 2014)

Les nitrates (NO₃⁻) sont produits à partir de l'oxydation des nitrites par la bactérie *Nitrobacter spp.* Une augmentation de l'alimentation et une diminution du débit d'eau peuvent provoquer une augmentation de la concentration en nitrates (Delphine Escudero, 2018).

Dans le cas de l'eau d'élevage de notre étude (10.47 mg/l) est acceptable.

4. La croissance végétative des plantes

Tableau 21: Les dates des stades de croissance végétative des plantes de pomme de terre.

Stade	Levée	5feuilles	6feuilles	8feuilles	9feuille	Tubérisation	10feuilles	Floraison	Sénescence
Date	4/3/20	8/3/20	15/3/20	22/3/20	30/3/20	01/4/20	15/4/20	9/4/20	4/05/20



Figure 31: La croissance végétative des plants de la pomme de terre durant la période de la culture.



Figure 32: La récolte de pomme de terre (11/05/2020).

5. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres de plant (hauteur et rendement en tubercules)

5.1. Hauteur des plants

La hauteur des plants s'augmente significativement suivant l'augmentation de taux de la fumure NPK dans l'eau piscicole des traitements, T₅ et T₆ ont enregistré les hauteurs élevées avec 19.75 ± 3.18 cm et 19.62 ± 2.7 cm respectivement par rapport au témoin qui a enregistré 20.82 ± 2.29 cm comme le montre le tableau n° 22 et la figure 34, cela est dû à l'effet de l'azote (N) qui est le facteur de la croissance végétative il produit des tiges et des ramifications (Chambenoit et al, 2002).

D'après Ellisseche. (1996) l'azote favorise en premier temps le développement de feuillage puis la formation et le grossissement des tubercules d'un autre sens il privilège la croissance foliaire au détriment des tubercules. Cet élément est présent dans l'eau piscicole comme le montre l'analyse chimique avec un taux de 10.47 mg/l de NO_3^- et après le calcul de ce taux des nitrates (NO_3^-) dans l'eau utilisé en irrigation le résultat est 33.96 kg de NO_3^- en plus l'azote (N) est apportée sous forme d'engrais en fertigation avec des pourcentages croissantes selon les traitements pour assurer les besoins des plants de pomme de terre en azote (N). Les résultats des essais obtenus par (Zouakh et al, 2016) sur les cultures de mulon, pastèque et courgette et (Bouhali et al, 2021) sur la culture de la tomate ont montrés que l'eau issue de la pisciculture a un impact favorable sur la croissance végétative des plantes (les tiges et les feuilles).

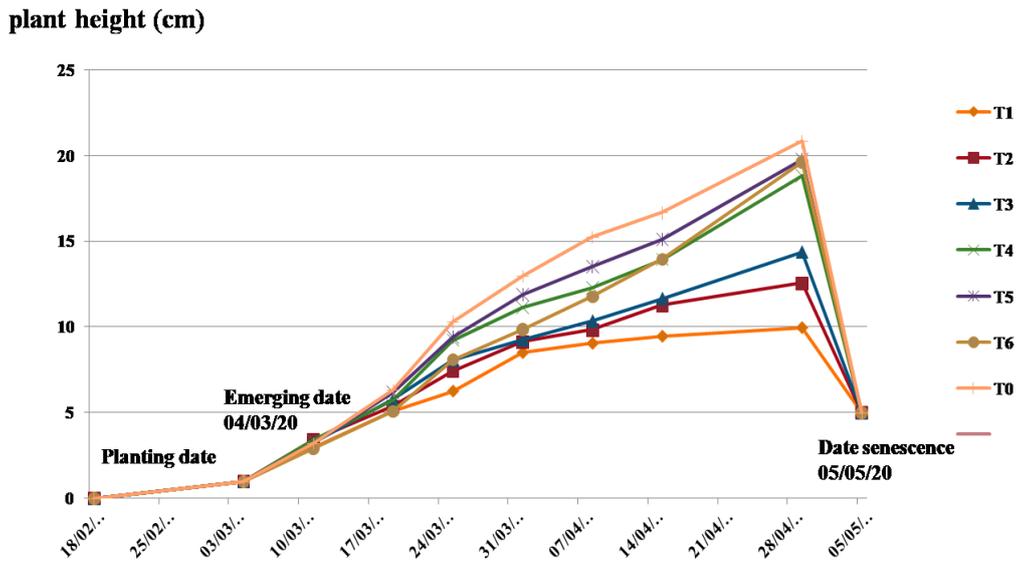


Figure 33: Evolution de la croissance en hauteur des plants des différents traitements de la plantation jusqu'à la sénescence.

Tableau 22: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur des plants.

Paramètre étudié	Hauteur de plant (cm)
T ₀	20.82 ± 2.29 a
T ₁	9.96 ± 0.28 b
T ₂	12.55 ± 0.14 ab
T ₃	14.38 ± 0.29 ab
T ₄	18.83 ± 3.03 ab
T ₅	19.75 ± 3.18 ab
T ₆	19.62 ± 2.71 ab
P-value	0.017*

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

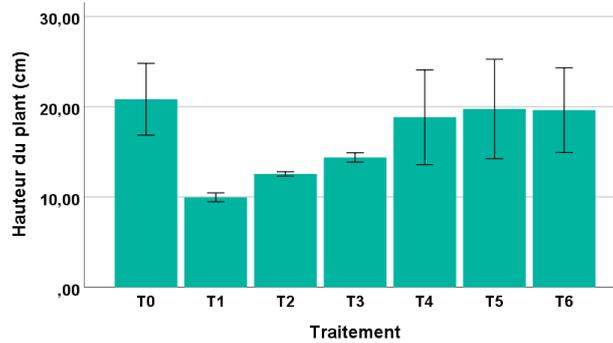


Figure 34: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur de plant.

5.2. Rendement en tubercules

Le tubercule est la justification économique de la culture de pomme de terre, les rendements en tubercules obtenus des traitements sont faibles mais ils s'augmentent suivant l'augmentation de taux de la fumure NPK apportée dans les traitements le T₅, T₄ et T₆ ont enregistré les hauts rendements avec 125.1 ± 49.74 qx/ha, 116.49 ± 47.22 qx/ha et 115.39 ± 44.25 qx/ha respectivement par rapport au témoin 118 ± 39.07 qx/ha comme le montre le tableau n°23 et la figure 35, mais cette augmentation n'est pas significative ($P > 0.05$) donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin. Abdelraouf et Hoballah. (2014) ont obtenu dans leurs travaux un rendement en tubercules de pomme de terre qui atteint 20 tonnes/ha en cas d'irrigation par l'eau d'élevage des poissons et 19.5 tonnes/ha en cas d'irrigation avec l'eau de forage (avec des caractéristiques de l'eau piscicole $PH = 7.02$, $CE = 1.82$ ds/m, $N = 4.79$ ppm, $K = 35$ ppm), aussi cela peut être dû à la densité d'élevage ou de stockage des poissons comme le montre (Licamele, 2009) dans son travail où il a testé 03 densités d'élevage de Tilapia sur la culture de la laitue (2kg/m^3 , 5kg/m^3 et 8kg/m^3) et il a trouvé que la densité de 5kg/m^3 a donné le meilleur rendement. Mais en réalité les rendements en tubercules obtenus dans le cas de notre travail sont faibles sous l'effet des conditions de salinité du sol et de l'eau d'irrigation ($CE_{\text{sol}} = 8.66$ ds/m et $CE_{\text{eau}} = 6.27$ ds/m). D'après Ayers et Wastcot. (1985) l'irrigation avec l'eau chargée par des concentrations très élevées en sels va créer des accumulations des sels au niveau de la zone racinaire ce qui va produire une réduction en rendements des cultures. D'après le tableau établie par Maas et Hoffman, 1977 et Maas, 1984 in Ayers et Wastcot, 1985, le rendement de la pomme de terre peut se diminuer à l'inférieur de 50% de rendement potentiel de cette culture (en cas de $CE_{\text{sol}} = 5.9$ ds/m et $CE_{\text{eau}} = 3.9$ ds/m) et peut atteindre 0% (en cas de $CE_{\text{sol}} = 10$ ds/m et $CE_{\text{eau}} = 6.7$ ds/m), en plus la pomme de terre est classée parmi les cultures modérément sensible à la salinité.

Tableau 23: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en tubercules.

Paramètre étudié	Rendement en tubercule (qx/ha)
T ₀	118 ± 39.07 n.s
T ₁	63.72 ± 21 n.s
T ₂	87.71 ± 21.45 n.s
T ₃	92.55 ± 27.41 n.s
T ₄	116.49 ± 47.22 n.s
T ₅	125.1 ± 49.74 n.s
T ₆	115.39 ± 44.25 n.s
P-value	0.9

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

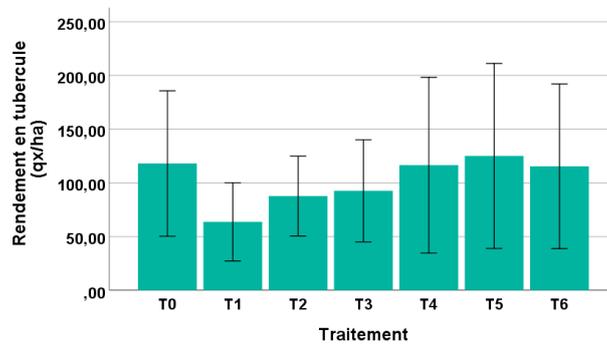


Figure 35: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en tubercule.



Figure 36: Classement des tubercules selon les classes de calibre (Ø < 30, 30 < Ø < 50, 50 < Ø < 60 et Ø > 60).

6. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres chimiques du sol

6.1. pH

Les valeurs du pH des traitements sont dans l'intervalle de 7.59 à 8, ces valeurs se classent dans la fourchette (7.5-8.7) qui prennent le caractère basique d'après (Baize, 1988 ; Daoud, 2011) pour les deux profondeurs, l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P > 0.05$) pour les deux profondeurs donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin.

Pour la profondeur (0-30cm) le témoin (T_0) a enregistré la grande valeur avec un $pH = 8 \pm 0.2$ suivi par T_1 et T_5 avec des $pH = 7.91 \pm 0.28$ et $pH = 7.77 \pm 0.05$ respectivement.

Pour la profondeur (30-60cm) T_3 a enregistré la haute valeur avec un $pH = 8 \pm 0.08$ suivi par T_4 et T_6 avec des $pH = 7.83 \pm 0.23$ et $pH = 7.69 \pm 0.11$ respectivement.

Si nous comparons les valeurs de pH du sol avant l'installation de l'essai (7.8) et après nous remarquons que le pH a connu une élévation pour le T_0 et T_1 et une légère diminution pour T_2 , T_3 , T_4 , T_5 et T_6 , pour la première profondeur ce la peut se justifier par l'effet acidifiant de l'eau piscicole, puisque le pH de l'eau piscicole a connu une légère diminution par apport au pH de l'eau de forage et le phénomène de nitrification en saison de forte activité biologique peut abaisser le pH l'écart peut passer de 0.5 à 1 (De Beaucorps, 1958) in (Duchaufour, 1965).

Pour la deuxième profondeur le pH des sols des traitements ont connu une élévation par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (7.11), ce la peut être dû à la dilution de la solution du sol par l'eau d'irrigation et la solution va se déconcentrer et par conséquence il va relever son pH, ces variations sont en général une à deux unités (Baize, 1988 ; Soltner, 2000).

Tableau 24: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol.

Paramètre étudié PH	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T_0	8 ± 0.2 n.s	7.67 ± 0.2 n.s
T_1	7.91 ± 0.28 n.s	7.65 ± 0.01 n.s
T_2	7.68 ± 0.16 n.s	7.59 ± 0.09 n.s
T_3	7.6 ± 0.15 n.s	8 ± 0.08 n.s
T_4	7.6 ± 0.06 n.s	7.83 ± 0.23 n.s
T_5	7.77 ± 0.05 n.s	7.61 ± 0.1 n.s
T_6	7.75 ± 0.08 n.s	7.69 ± 0.11 n.s
P-value	0.64	0.3

T_0 : témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T_1 : eau piscicole + 0% de NPK. T_2 : eau piscicole +20% de NPK. T_3 : eau piscicole +40% de NPK. T_4 : eau piscicole +60% de NPK. T_5 : eau piscicole +80% de NPK. T_6 : eau piscicole +100% de NPK.

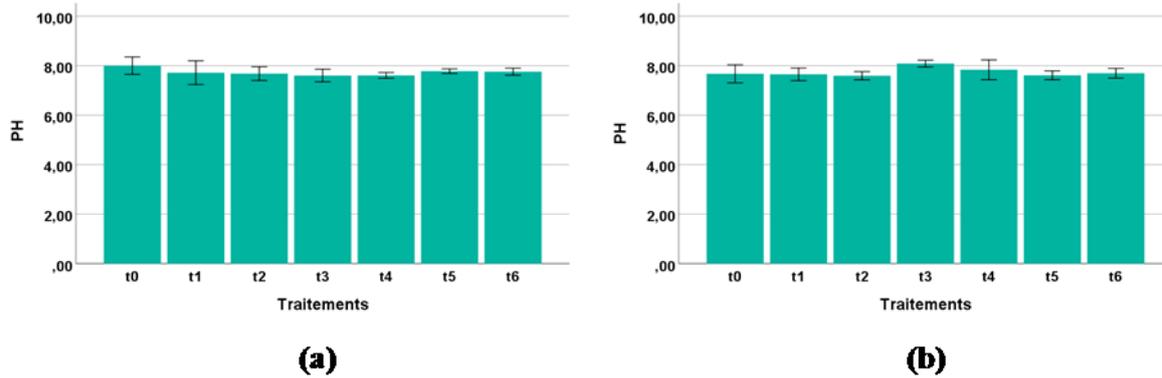


Figure 37: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.2. CE

Pour la profondeur (0-30cm) la CE de l'extrait aqueux 1/5 des sols des traitements (T_2 et T_5) est salée et très salé pour les traitements (T_0 , T_1 , T_3 , T_4 et T_6) d'après Daoud, 2011. L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P > 0.05$) comme le montre le tableau n° 25 donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin. Si nous comparons les valeurs de CE des traitements avec la valeur de CE initiale du sol avant l'installation de l'essai (2.6) nous constatons qu'il y a une légère diminution. Cette diminution s'explique par la fréquence des irrigations (CRUESI, 1970 ; Masmoudi, 2011) puisque dans le programme de pilotage d'irrigation la fréquence est grande et cela va laisser la zone racinaire toujours humide et assurer le lessivage des sels apportés par l'eau d'irrigation. Et l'apport d'une quantité d'eau d'irrigation suffisante sans déficit avec l'utilisation de système d'irrigation localisé et avec un sol sableux le lessivage des sels se produit et la salinité va diminuer (Ben Hamida et al, 2013). Durant la période de la culture des chutes de pluie sont enregistrés aux mois de Mars, Avril et Mai avec des quantités de 12.95mm, 25.14mm et 16.51mm respectivement ces dernières ont contribué au lessivage des sels accumulés vers l'horizon inférieur.

Pour la profondeur (30- 60cm) la CE des sols des traitements est très salée d'après Daoud, 2011, le T_4 a enregistré la haute valeur suivi par T_1 et T_6 . L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification comme le montre le tableau n° 25 donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin. Mais la comparaison des valeurs de CE des sols des traitements avec la valeur de CE du sol avant l'installation de l'essai (2.62) a révélé qu'il y a une élévation, cette dernière s'explique probablement au lessivage des sels de la profondeur (0-30cm) vers la profondeur de (30-60cm) en plus il y a une possibilité

d'existence d'une couche imperméable en sous sol empêche le drainage naturel l'évacuation des sels lessivés de l'horizon supérieur de la parcelle où a été installé l'essai.

Tableau 25: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol.

Paramètre étudié CE (ds/m)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	2.47 ± 0.06 n.s	2.67 ± 0.05 n.s
T ₁	2.46 ± 0.06 n.s	2.8 ± 0.14 n.s
T ₂	2.35 ± 0.15 n.s	2.71 ± 0.07 n.s
T ₃	2.43 ± 0.06 n.s	2.7 ± 0.06 n.s
T ₄	2.55 ± 0.13 n.s	2.84 ± 0.15 n.s
T ₅	2.39 ± 0.07 n.s	2.64 ± 0.07 n.s
T ₆	2.48 ± 0.18 n.s	2.78 ± 0.13 n.s
P-value	0.91	0.81

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

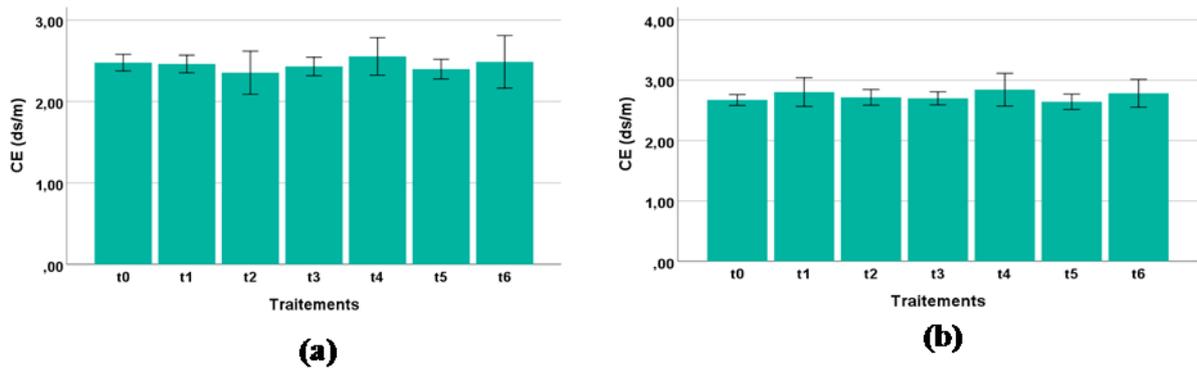


Figure 38: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60 cm

6.3. MO

La matière organique est un constituant important dans sol, elle contribue à l'amélioration de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Les taux enregistrés de la matière organique (MO) des sols de tous les traitements des échantillons des deux profondeurs correspondent sur le graphique établi par (Calvet et Villemin, 1986) en fonction de taux d'argile et de calcaire à des niveaux de très faibles à faibles comme le montre le tableau n° 26, les sols des régions arides sont en général pauvres en matière organique cela est dû aux faibles apports d'amendements organiques et à la dégradation rapide de la MO sous le climat aride. Les taux de la matière organique (MO) des traitements qui sont irrigués par l'eau piscicole sont élevés par apport au sol de témoin irrigué par l'eau de forage mais cette augmentation n'est pas significative pour tous les traitements du sol des deux profondeurs (P > 0.05). Aussi

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

la comparaison de taux de la MO des traitements avec le taux de MO du sol avant l'installation de l'essai a montrés qu'il y a une élévation. Ces résultats ont permis à nous de dire que l'eau piscicole a augmenté partiellement le taux de la matière organique dans les sols des traitements irrigués par cette eau, ces résultats sont confirmés par (Elnwishy, 2008 ; Elnwishy et al, 2008) dans leurs travaux. Aussi plusieurs études ont montré que l'apport des engrais azotés de synthèse peut entraîner une augmentation de taux de la matière organique dans le sol (Stevens et al, 2005 ; Vullioud et al, 2006) in (Tabaxi et al, 2020) et (Khan et al, 2007). Dans le cas du sol de notre travail le taux d'argile = 25.6% et de calcaire total = 24.48% donc le taux de la matière organique souhaité pour atteindre le niveau satisfaisant est égale 2.2%.

Tableau 26: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol.

Paramètre étudié MO (%)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	0.85 ± 0.17 n.s	0.66 ± 0.16 n.s
T ₁	1.08 ± 0.89 n.s	1 ± 0.83 n.s
T ₂	0.86 ± 0.13 n.s	0.83 ± 0.48 n.s
T ₃	1.62 ± 0.66 n.s	1.40 ± 0.74 n.s
T ₄	1.59 ± 0.79 n.s	1.3 ± 0.78 n.s
T ₅	1.69 ± 0.76 n.s	1.14 ± 0.79 n.s
T ₆	1.76 ± 0.67 n.s	1.24 ± 0.75 n.s
P-value	0.87	0.98

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

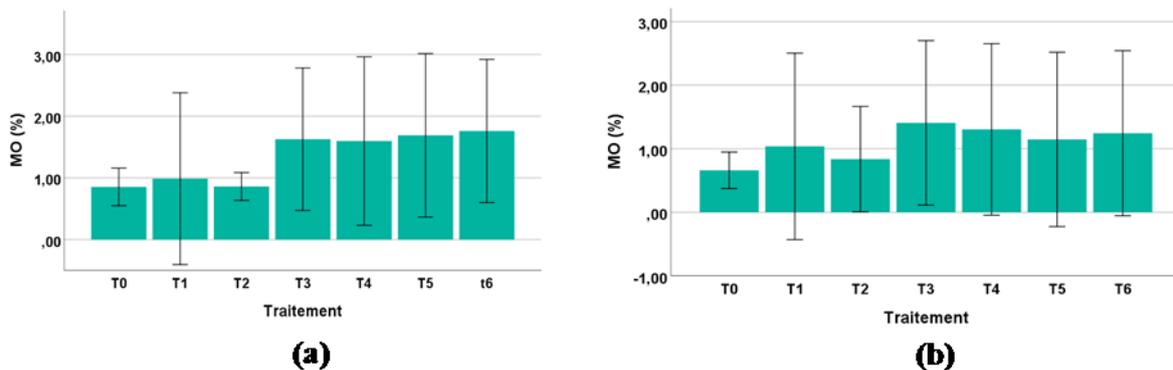


Figure 39: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.4. P₂O₅ assimilable

Le phosphore est un élément indispensable à la culture de pomme de terre c'est un facteur de précocité et favorise le développement racinaire (Rousselle et al, 1996). Aussi c'est un élément peu mobile dans le sol, le phosphore assimilable est l'ensemble de phosphore soluble et le phosphore adsorbé sur le complexe argilo-humique, leur variation dépend aux propriétés physico-chimiques du sol (Elalaoui, 2007). Les taux de phosphore assimilable (P₂O₅) des sols des traitements révèlent qu'ils n'y a pas une signification donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n°27 (P>0.05), ces valeurs correspondent sur le graphique établi par (Calvet et Villemain, 1986) en fonction de taux d'argile à des niveaux élevés et aussi l'analyse du sol avant l'installation de l'essai montre que le sol est déjà riche en phosphore assimilable, donc l'effet de l'irrigation avec l'eau piscicole ne peut pas apparaître sur le taux phosphore assimilable dans le sol même avec l'apport de NPK avec l'eau d'irrigation puisque le sol est déjà bien entretenu en cet élément. Ravenel et al. (2009) ont testés différentes doses de phosphore avec des apports fractionnés sur un sol déjà en entretien en cet élément pour voir leur effet sur le rendement de la pomme de terre (classes de calibres, nombre des tubercules et leur grossissement) et ils ont trouvés qu'il n'y a pas d'effet significatif puisque le sol est bien pourvu en phosphore. Dans le cas du sol de notre travail (les taux d'argile des deux profondeurs sont : 25.6% et 23.6%) le taux de phosphore assimilable souhaité pour atteindre le niveau satisfaisant est égale 200ppm et les niveaux du sol des traitements dépassent cette valeur.

Tableau 27: Effet de l'eau d'irrigation sur le P₂O₅ assimilable du sol.

Paramètre étudié P assimilable (ppm)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	677 ± 238.3 n.s	293.4 ± 52.4 n.s
T ₁	888 ± 312.3 n.s	390.6 ± 41.8 n.s
T ₂	562 ± 188.4 n.s	259.2 ± 65 n.s
T ₃	781.2 ± 194.7 n.s	298.9 ± 87.7 n.s
T ₄	825.5 ± 282.5 n.s	301.9 ± 27.9 n.s
T ₅	403.3 ± 85.7 n.s	368 ± 111 n.s
T ₆	442 ± 71.7 n.s	387.7 ± 114 n.s
P-value	0.59	0.83

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

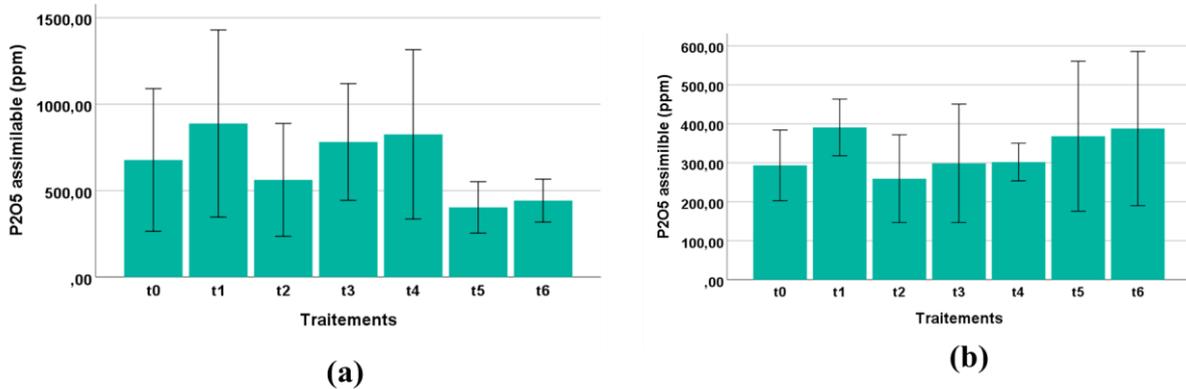


Figure 40: Effet de l'eau d'irrigation sur le P₂O₅ assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.5. K assimilable

Le potassium est un élément important pour la pomme de terre, une bonne alimentation potassique améliore la qualité des tubercules (abaissement de la teneur en sucre réducteurs et la sensibilité au brunissement enzymatique) et réduit leur sensibilité aux endommagements. (Rousselle et al, 1996).

Pour la profondeur 0-30cm le taux de K assimilable s'augmente significativement suivant l'augmentation de taux de la fumure NPK dans les traitements ($P < 0.05$) comme le montre le tableau n°28, T₆ a enregistré la haute valeur avec 0.20 ± 0.01 méq/100g par apport au témoin T₀ qui a enregistré 0.24 ± 0.02 méq/100g. Le potassium assimilable représente la somme du potassium soluble et du potassium échangeable (Elalaoui, 2007 ; Daoud, 2011) la comparaison de la teneur de K assimilable du sol avant l'installation de l'essai et les teneurs du sol aux normes d'interprétation en fonction de taux d'argile et le type du culture ont montrés qu'ils sont inférieure à l'entretien (sol est bien pourvu en K assimilable) selon Daoud, 2011, (dans le cas du sol de cette expérimentation, le taux d'argile = 25%, la teneur de K assimilable pour le cultures intensifs de plein champ doit compris dans l'intervalle de 0.68 à 0.85 méq/100g de terre). Cette légère augmentation à la teneur du K assimilable dans le sol des traitements est justifié par l'effet de potassium de l'engrais (sulfates de potassium) apporté avec l'eau d'irrigation qui reste insuffisant pour amener la teneur du K assimilable au niveau de l'entretien dans le sol d'un coté et d'un autre coté la teneur du potassium (K) dans l'eau piscicole est insuffisant pour enrichir le sol et de couvrir les besoins des cultures. Schmautz et al. (2015) ; Somsak (2019) ont confirmés dans leurs travaux sur l'eau aquacole cette observation et pour corriger ce manque il faut recours à l'apport des engrais.

Pour la deuxième profondeur l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$) donc il n'y a pas une différence.

Tableau 28: Effet de l'eau d'irrigation sur le K assimilable du sol.

Paramètre étudié K assimilable (méq/100g)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	0.24 ± 0.02 a	0.16 ± 0.04 n.s
T ₁	0.08 ± 0.05 b	0.15 ± 0.07 n.s
T ₂	0.12 ± 0.03 b	0.11 ± 0.03 n.s
T ₃	0.13 ± 0.01 b	0.09 ± 0.02 n.s
T ₄	0.16 ± 0.03 a	0.13 ± 0.04 n.s
T ₅	0.17 ± 0.02 a	0.10 ± 0.02 n.s
T ₆	0.20 ± 0.01 a	0.10 ± 0.02 n.s
P-value	0.02*	0.42

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

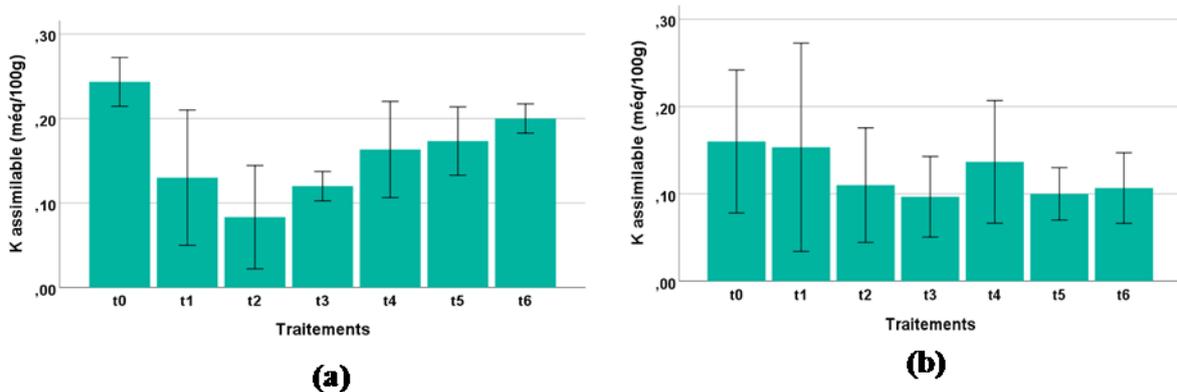


Figure 41: Effet de l'eau d'irrigation sur la K assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.6. L'azote total

L'azote total existe dans le sol sous deux formes : forme organique qui représente 95 à 98% de l'azote total et la forme minérale qui est représenté principalement par NH_4^+ (échangeable et fixé), nitrate (NO_3^-) et nitrite (NO_2^-) (Daoud, 2011).

Les teneurs de l'azote total du sol de tous les traitements ont montrés que le sol est très pauvre et seulement T₅ a un sol pauvre, selon les normes d'interprétation de (Calvet et Villemin, 1986).

Si nous comparons les teneurs de l'azote total des traitements à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (0.028%) nous remarquons qu'il y a une légère augmentation suivant les pourcentages d'ajoute de l'engrais azotique à l'eau d'irrigation par apport au témoin. Aussi nous pouvons remarquer que l'eau piscicole a enrichis le sol par l'azote organique mais

avec des faibles quantités. Cela est confirmé par le travail de (Elnwishy et al, 2008) et d'après (Elnwishy, 2008) l'eau piscicole est riche en azote. L'analyse de la variance a révélé qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P>0.05$) comme le montre le tableau n° 29.

Tableau 29: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total du sol.

Paramètre étudié l'azote total (%)	Profondeur de 0 à 30cm
T ₀	0.037 ± 0.01 n.s
T ₁	0.028 ± 0.004 n.s
T ₂	0.0283 ± 0.004 n.s
T ₃	0.0397 ± 0.01n.s
T ₄	0.0463 ± 0.01 n.s
T ₅	0.0523 ± 0.001 n.s
T ₆	0.0497 ± 0.006 n.s
P-value	0.23

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

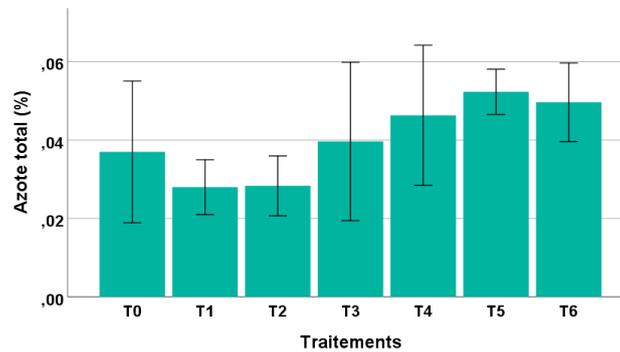


Figure 42: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total du sol.

6.7. Ca²⁺

Pour la profondeur (0-30cm) les teneurs en Ca²⁺ des traitements T₀, T₁ et T₂ ont connu une légère augmentation et les traitements T₃, T₄, T₅ et T₆ ont connu une diminution par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (11.4 méq/l) et l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P>0.05$) comme le montre le tableau n° 30 donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin.

Pour la profondeur (30-60cm) les teneurs en Ca²⁺ de tous les traitements ont connu une diminution par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (14.8 méq/l), mais aussi c'est le même cas l'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P>0.05$) donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin. Malgré les chutes des pluies cet élément n'a pas subi un lessivage comme le Na⁺ et d'après (Ghaibeh, 1996) in

(Masmoudi, 2011) sa concentration et son lessivage sont faibles et il se varie très peu avec la variation de la CE.

Tableau 30: Effet de l'eau d'irrigation sur le Ca^{2+} de la solution du sol.

Paramètre étudié Ca^{2+} (még/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	11.86 ± 0.6 n.s	11.2 ± 0.7 n.s
T ₁	12 ± 1.45 n.s	11 ± 0.81 n.s
T ₂	11.46 ± 1.39 n.s	12.26 ± 0.33 n.s
T ₃	11 ± 1 n.s	11 ± 0.66 n.s
T ₄	10.13 ± 3 n.s	13.8 ± 2.3 n.s
T ₅	11 ± 0.9 n.s	13 ± 2 n.s
T ₆	10.66 ± 0.88 n.s	12.73 ± 0.93 n.s
P-value	0.99	0.66

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

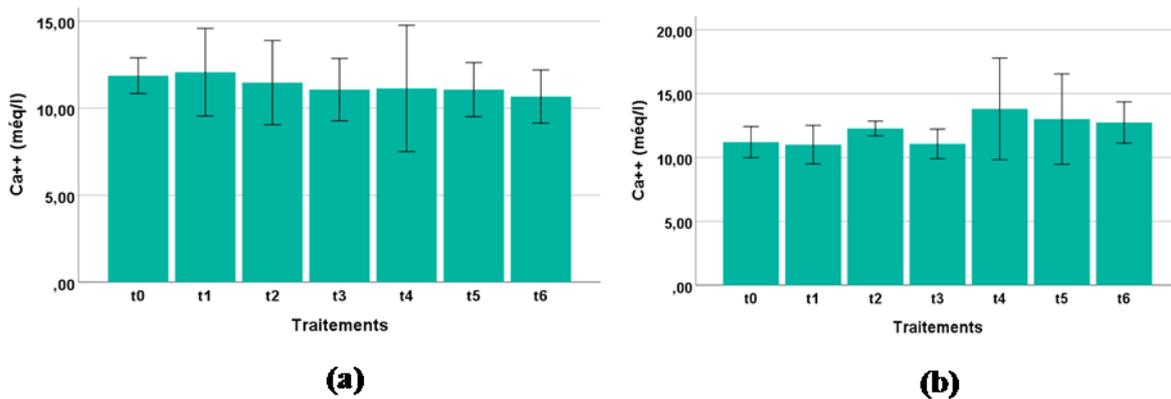


Figure 43: Effet de l'eau d'irrigation sur la Ca^{2+} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm

6.8. Mg^{2+}

Pour les deux profondeurs les teneurs du Mg^{2+} des tous traitements ont connu des élévations remarquables par rapport aux valeurs initiales des deux profondeurs avant l'installation de l'essai (0.6 még/l et 0.4 még/l, respectivement) mais l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification donc pas différence entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$) comme le montre le tableau n° 31, cette élévation s'explique par la présence de l'ion Mg^{2+} dans l'eau d'irrigation (piscicole et de forage) en teneurs élevés par rapport au Ca^{2+} en même temps il n'a pas lessivé en profondeur.

Tableau 31: Effet de l'eau d'irrigation sur le Mg^{2+} de la solution du sol.

Paramètre étudié Mg^{2+} (még/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	4 ± 1.44 n.s	4.66 ± 1.35 n.s
T ₁	3.8 ± 1.79 n.s	5.73 ± 1.46 n.s
T ₂	4 ± 1.07 n.s	2.8 ± 1.4 n.s
T ₃	4.93 ± 1.3 n.s	6.13 ± 1.29 n.s
T ₄	2.73 ± 2.44 n.s	3.2 ± 1.6 n.s
T ₅	2.46 ± 0.29 n.s	3.13 ± 2.21 n.s
T ₆	2.66 ± 0.24 n.s	3.46 ± 1.09 n.s
P-value	0.85	0.6

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

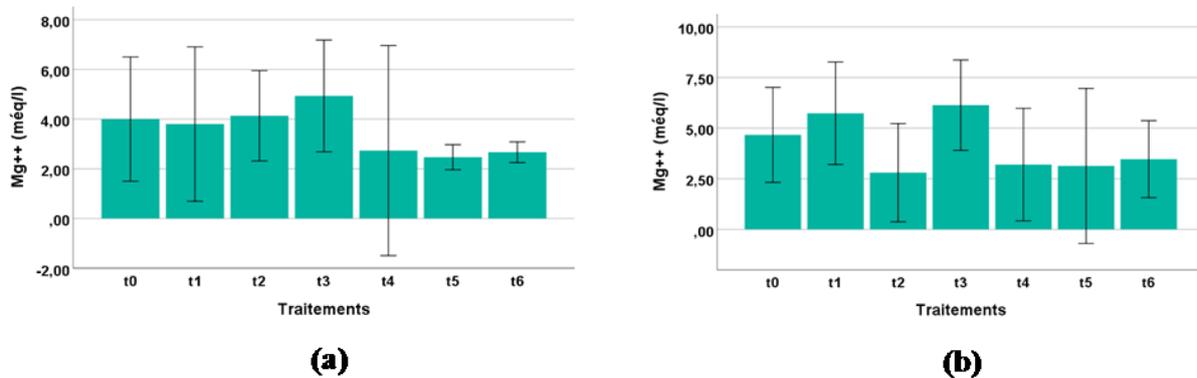


Figure 44: Effet de l'eau d'irrigation sur le Mg^{2+} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.9. Na⁺

Pour la profondeur (0-30cm) les teneurs du Na⁺ de la solution du sol des traitements enregistrés sont inférieures au témoin à l'exception de T₃, l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P > 0.05$) comme le montre le tableau n° 32 donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin. Si nous comparons les valeurs du Na⁺ des traitements à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (6 még/l) nous remarquons qu'il y a un abaissement, le Na⁺ a une très bonne corrélation positive avec la CE (Masmoudi, 2011) et comme nous l'avons vu précédemment que la CE a connu aussi une diminution, cette diminution est due probablement au lessivage causé par l'eau d'irrigation et surtout les pluies du fin d'hiver (CRUESI, 1970).

Pour la profondeur (30-60cm) les teneurs du Na⁺ des tous les traitements avec le témoin ont connu des élévations par rapport aux valeurs enregistrés en première profondeur, c'est le même cas que la CE comme nous avons vu précédemment et si nous comparons ces valeurs à

c'elle du sol avant l'installation de l'essai (4.12 méq/l) nous remarquons que T₀, T₁, T₂ et T₃ ont connu une élévation et les T₄, T₅ et T₆ ont connu une diminution ce la s'explique par le lessivage de Na⁺ de la première profondeur.

Tableau 32: Effet de l'eau d'irrigation sur le Na⁺ de la solution du sol.

Paramètre étudié Na ⁺ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	2.89 ± 0.49 n.s	4.4 ± 1.04 n.s
T ₁	2.24 ± 0.39 n.s	4.66 ± 1.66 n.s
T ₂	2.74 ± 0.18 n.s	5.08 ± 1.48 n.s
T ₃	3.05 ± 0.37 n.s	4.75 ± 0.98 n.s
T ₄	2.62 ± 0.34 n.s	3.54 ± 0.41 n.s
T ₅	2.34 ± 0.39 n.s	2.90 ± 0.37 n.s
T ₆	2.30 ± 0.27 n.s	3.45 ± 0.28 n.s
P-value	0.61	0.71

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

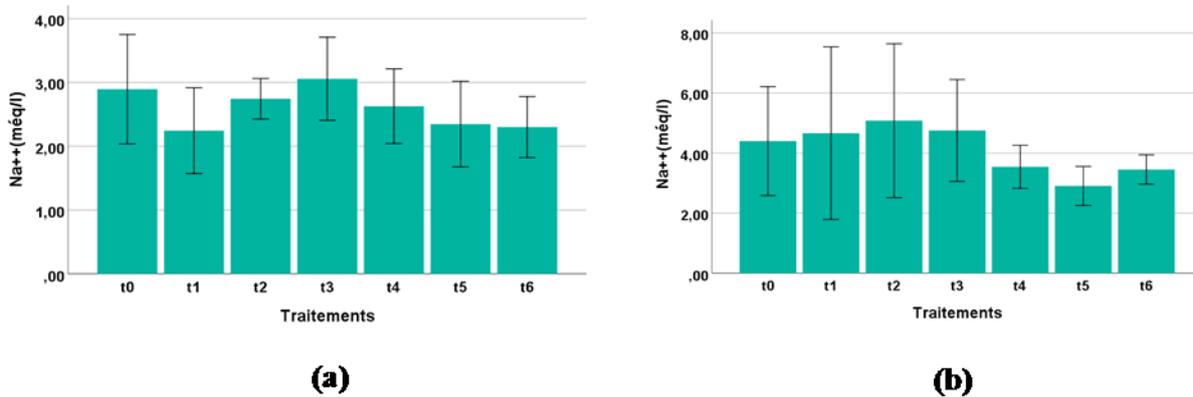


Figure 45: Effet de l'eau d'irrigation sur le Na⁺ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.10. K⁺

Pour la profondeur (0-30cm) les teneurs du K⁺ dans la solution du sol des traitements T₀, T₆ et T₅ ont connu une élévation par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (0.12 méq/l), T₄ a gardé la même valeur et les T₁, T₂ et T₃ ont connu une légère diminution, cette diminution est due à l'effet compétitif du Na⁺ sur le K⁺ qui réduit sa disponibilité dans la solution du sol sachant que les pourcentages de K⁺ dans les traitements T₁, T₂ et T₃ est inférieurs à celle des traitements T₀, T₆ et T₅ (Ben Fattoum, 2003) in (Rezkallah et al, 2014) et l'augmentation des traitements T₀, T₆ et T₅ peut se rendre à l'apport d'engrais potassique

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

avec l'eau d'irrigation et comme nous avons vu précédemment l'eau piscicole ou aquacole est pauvre en potassium (K). L'analyse de la variance a montré qu'il y a une signification ($P < 0.05$) comme le montre le tableau n° 33 donc il y a une différence entre les traitements et le témoin et cette élévation en fonction de pourcentage de l'engrais apporté pour chaque traitement.

Pour la profondeur (30-60cm) les teneurs du K^+ des tous les traitements ont enregistré des diminutions par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (0.2 méq/l) et l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$). La distribution du K^+ dans le profil est inverse de celle des autres cations, les horizons supérieurs sont plus riches que ceux de profondeur par suite des apports d'engrais potassiques (CRUESI, 1970).

Tableau 33: Effet de l'eau d'irrigation sur le K^+ de la solution du sol.

Paramètre étudié k^+ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	0.24 ± 0.17 a	0.05 ± 0.04 n.s
T ₁	0.07 ± 0.05 c	0.03 ± 0.02 n.s
T ₂	0.09 ± 0.04 c	0.08 ± 0.04 n.s
T ₃	0.08 ± 0.04 c	0.05 ± 0.02 n.s
T ₄	0.12 ± 0.03 b	0.03 ± 0.01 n.s
T ₅	0.15 ± 0.01 b	0.04 ± 0.04 n.s
T ₆	0.29 ± 0.01 a	0.12 ± 0.03 n.s
P-value	0.002*	0.42

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. **T₁**: eau piscicole + 0% de NPK. **T₂**: eau piscicole +20% de NPK. **T₃**: eau piscicole +40% de NPK. **T₄**: eau piscicole +60% de NPK. **T₅**: eau piscicole +80% de NPK. **T₆**: eau piscicole +100% de NPK.

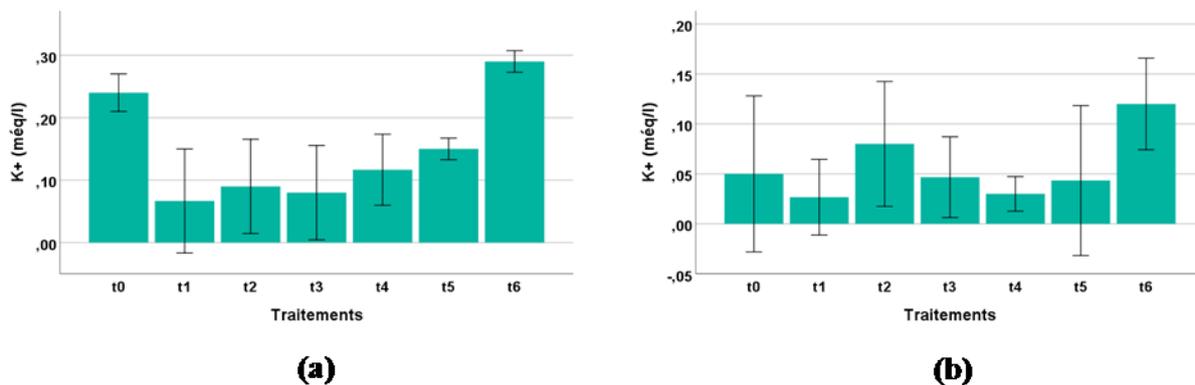


Figure 46: Effet de l'eau d'irrigation sur le K^+ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.11. SO₄⁻

Pour la profondeur (0-30cm) les teneurs du SO₄⁻ des traitements son presque stable si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (29.18 méq/l). Mais pour les traitements T₁, T₅ et T₆ ont connu une augmentation et seulement le T₃ a subis une diminution, l'analyse de la variance a montré qu'il n y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05) comme le montre le tableau n° 34.

Pour la profondeur (30-60cm) les teneurs du SO₄⁻ des traitements son presque stable si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (30.9 méq/l) et seul les traitements T₆, T₃ ont connu une élévation. L'analyse de la variance a montré qu'il n y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05). D'après CRUESI. (1970), les ions SO₄⁻ suivent la même évolution que celle des ions Cl⁻ mais avec des variations moindres. En plus l'addition de l'engrais sulfate de potassium a enrichis plus l'eau d'irrigation même s'il y a un lessivage la solution du sol va s'enrichir à nouveau avec l'irrigation.

Tableau 34: Effet de l'eau d'irrigation sur le SO₄⁻ de la solution du sol.

Paramètre étudié SO ₄ ⁻ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	29.18 ± 0.99 n.s	30.89 ± 2.27 n.s
T ₁	33.18 ± 2.81 n.s	30.89 ± 1.79 n.s
T ₂	29.46 ± 1.03 n.s	31.47 ± 2.9 n.s
T ₃	25.76 ± 4.53 n.s	34.33 ± 1.98 n.s
T ₄	30 ± 0.99 n.s	31.18 ± 1.59 n.s
T ₅	31.59 ± 4.15 n.s	30.02 ± 0.85 n.s
T ₆	31.47 ± 3.72 n.s	35.76 ± 1 n.s
P-value	0.71	0.34

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

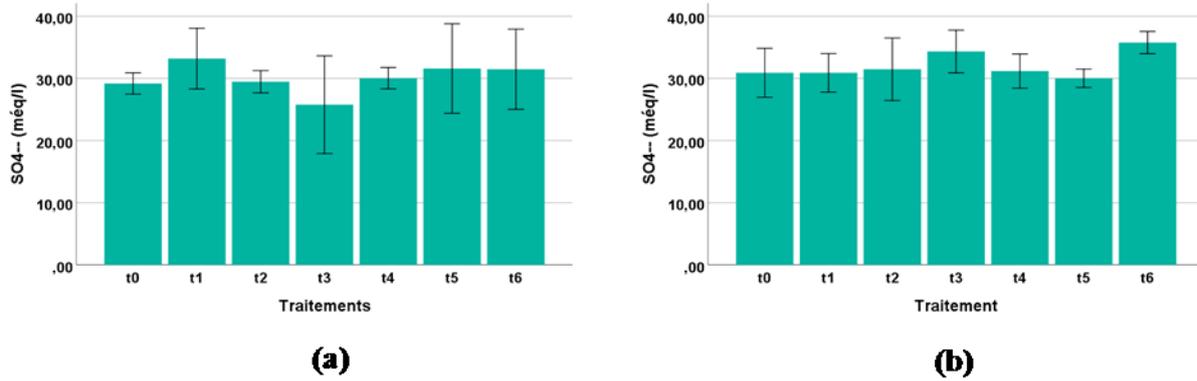


Figure 47: Effet de l'eau d'irrigation sur les SO_4^{2-} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.12. Cl⁻

Pour la profondeur (0-30cm) la teneur de Cl⁻ dans la solution du sol des traitements a connu une élévation pour T₆, T₄ et T₂ par apport au témoin en revanche les T₁ et T₅ ont connu une légère diminution et le témoin garde la même valeur du sol avant l'installation de l'essai (2.8 méq/l). L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05) comme le montre le tableau n° 35.

Pour la profondeur (30-60cm) la teneur de Cl⁻ des tous les traitements a augmentés par apport au témoin et par apport à la valeur initiale du Cl⁻ dans le sol avant l'installation de l'essai (3.08 méq/l), L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05). Ces résultats s'expliquent par l'élévation légère de CE de l'eau (Ghaibeh, 1996) in (Masmoudi, 2011) (eau piscicole par apport à l'eau de forage) et à l'accumulation des sels dans l'horizon inferieur ce qui va élever la CE du sol comme nous l'avons vu précédemment.

Tableau 35: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl⁻ de la solution du sol.

Paramètre étudié Cl ⁻ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	2.8 ± 0.23 n.s	3.4 ± 0.2 n.s
T ₁	2.13 ± 0.93 n.s	4.2 ± 0.7 n.s
T ₂	3.26 ± 0.17 n.s	3.4 ± 0.64 n.s
T ₃	2.8 ± 0.3 n.s	3.93 ± 1.18 n.s
T ₄	3.73 ± 0.35 n.s	6.4 ± 1.15 n.s
T ₅	2.66 ± 0.07 n.s	4.13 ± 0.59 n.s
T ₆	4 ± 0.3 n.s	4.26 ± 0.53 n.s
P-value	0.09	0.08

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

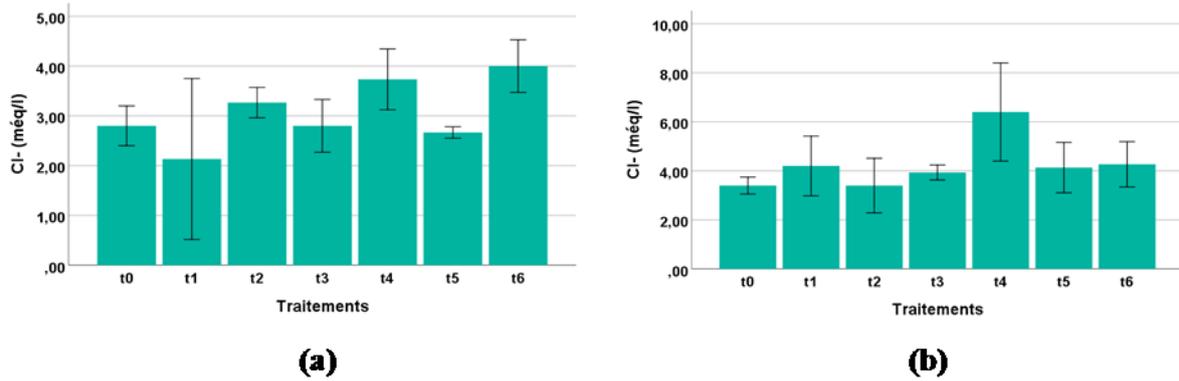


Figure 48: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl⁻ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.13. HCO₃⁻

Pour la profondeur (0-30cm) les teneurs du HCO₃⁻ de la solution du sol des traitements T₀ et T₃ ont connu une stabilité si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (2.2 még/l), les traitements T₁ et T₅ ont connu une diminution et les traitements T₆ et T₄ ont connu une augmentation. L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05) comme le montre le tableau n° 36.

Pour la profondeur (30-60cm) les teneurs du de la solution du sol de tous les traitements ont connu une diminution si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (2.6 még/l), L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05). Ce que nous constatons ici les teneurs en HCO₃⁻ dans la première profondeur sont élevés par rapport à la deuxième profondeur, cela s'explique par la distribution inverse des ions HCO₃⁻ par rapport aux autres ions dans les horizons qui se varie saisonnièrement et ces quantités diminuent en été et augmentent en hiver en plus, la partie majeure des racines est localisée dans la couche supérieure et dans cette zone se passe le phénomène de respiration et la tension du CO₂ de l'atmosphère du sol est devenue plus forte et ce qui va permettre une formation plus importante de bicarbonate (CRUESI, 1970). Autrement Halitim. (1988) a signalé que les bicarbonates se trouvent en très faible quantité dans les sols de la région aride d'Algérie et ne montrent pas des variations significatives.

Tableau 36: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO₃⁻ de la solution du sol.

Paramètre étudié HCO ₃ ⁻ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	2.2 ± 0.41 n.s	2 ± 0.23 n.s
T ₁	1.73 ± 0.27 n.s	2.13 ± 0.24 n.s
T ₂	2.4 ± 0.12 n.s	2 ± 0.48 n.s
T ₃	2.13 ± 0.07 n.s	1.66 ± 0.29 n.s
T ₄	2.4 ± 0.3 n.s	2.33 ± 0.18 n.s
T ₅	2 ± 0.2 n.s	1.87 ± 0.27 n.s
T ₆	2.6 ± 0.3 n.s	1.93 ± 0.67 n.s
P-value	0.36	0.74

T₀ : témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁ : eau piscicole + 0% de NPK. T₂ : eau piscicole +20% de NPK. T₃ : eau piscicole +40% de NPK. T₄ : eau piscicole +60% de NPK. T₅ : eau piscicole +80% de NPK. T₆ : eau piscicole +100% de NPK.

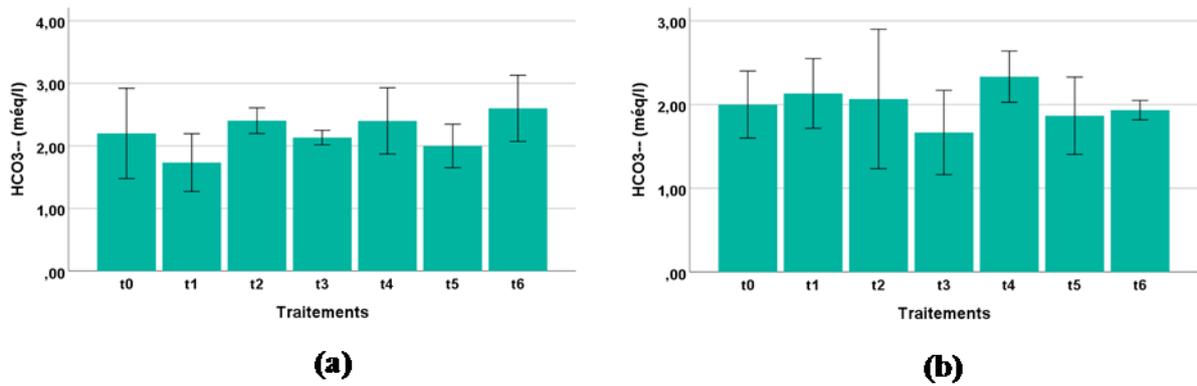


Figure 49: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO₃⁻ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

Conclusion

D'après les résultats obtenus à partir de cet essai nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- ✚ L'utilisation de l'eau piscicole en irrigation de la pomme de terre a donné un effet favorable sur la croissance végétative des plantes et il peut améliorer le rendement en tubercules et la valeur qu'il peut ajouter est la réduction de l'utilisation des engrais synthétiques à des pourcentages inférieurs à celles de la fumure préconisées à la conduite de cette culture ces pourcentages allons dans le cas cet essai de 20 à 25%.
- ✚ Aussi l'irrigation avec l'eau piscicole a un effet sur les caractéristiques chimiques du sol par la diminution de pH, l'élévation de taux de la MO et l'azote total.

Chapitre II : Deuxième essai. Effet de l'utilisation de l'eau piscicole en irrigation de la culture de la pomme de terre d'arrière saison.

1. Lieu d'installation de l'essai

Notre étude est déroulée au niveau de la station d'Ain Ben N'oui de l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS), (34°48'29" N et 05°39'98" E) qui se situe à 05 km au Ouest de chef-lieu de la wilaya de Biskra.



Figure 50: Localisation de site d'installation de l'essai à Ain Ben Noui (ITDAS) Biskra.

2. Caractéristiques physiques et chimiques du sol avant l'installation de l'essai

Deux échantillons du sol sont prélevés à deux profondeurs : de 0 à 30cm et de 30 à 60cm avant l'installation de l'essai et à la fin de l'essai.

2.1. La granulométrie

Le sol a une texture Argile très sableuse (AS) pour les deux profondeurs selon le triangle de la texture (G.E.P.P.A) (Calvet et Villemin, 1986).

Tableau 37: Les résultats de l'analyse granulométrique du sol.

Echantillon	0 à 30cm de profondeur	30 à 60cm de profondeur
Argile (%)	28.9	27.7
Limon fin (%)	7.69	00
Limon grossier (%)	1.1	00
Sable fin (%)	38.5	38.3
Sable grossier (%)	23.8	34

2.2. Les résultats des analyses physiques et chimiques du sol avant l'installation de l'essai

Le sol est salé pour la profondeur (0-30cm) et très salé pour la profondeur (30-60cm). (Daoud, 2011) avec un pH basique et modérément calcaire (Baize, 1988). Le taux de MO est

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

très faible en fonction de taux d'argile pour les deux profondeurs (Calvet et Villemin, 1986) (Tableau 38).

Tableau 38: Les résultats des analyses chimiques du sol avant l'installation de l'essai.

Echantillon	0 à 30cm de profondeur	30 à 60cm de profondeur
CE (ds/m) Rapport 1/5	2.16	2.45
pH	7.64	7.26
Calcaire total (%)	20.4	16.32
Calcaire actif (%)	4	1
MO (%)	0.68	0.38
P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	1071.97	708.62
K assimilable (méq/100g)	0.1	0.05
CEC (méq/l)	25.43	15.75
Azote total (%)	0.014	/
<u>Cations (méq/l) :</u>		
Na ⁺	2.3	1.86
Ca ²⁺	12.6	13
Mg ²⁺	1.2	3
K ⁺	0.15	0.09
<u>Anions (méq/l):</u>		
HCO ₃ ⁻	3	1.8
CO ₃ ⁻⁻	/	/
Cl ⁻	3.08	2.66
SO ₄ ⁻⁻	24.03	27.46

Tableau 39: Les résultats des analyses chimiques de l'eau piscicole et de l'eau de forage.

Echantillon	Eau de forage	Eau piscicole	Gamme habituelle de l'eau d'irrigation (AYERS et WASTCOT, 1985)
CE (ds/m)	6.04	6.57	0-3
pH	7.75	7.51	6-8.5
<u>Cations (méq/l)</u>			
Na ⁺	29.8	30.69	0-40
Ca ²⁺	17.8	15.6	0-20
Mg ²⁺	26.4	29.4	0-5
K ⁺	0.14	0.17	0-2
<u>Anions (méq/l)</u>			
HCO ₃ ⁻	08	7.4	0-10
CO ₃ ⁻⁻	/	/	0-0.1
Cl ⁻	35.2	39.2	0.30
SO ₄ ⁻⁻	16.3	18.02	0-20
Nitrite (mg/l)	/	0.04	
Nitrates (mg/l)	/	1.64	
Oxygène dissous (mg/l)	/	2.6	
SAR (méq/l)	6.34	6.47	0-15

3. L'état chimique de l'eau d'irrigation

Le tableau n°39 montre que la salinité (CE) de l'eau de forage et de l'eau piscicole est excessive d'après la classification du (Daoud et Halitim, 1994) in (Masmoudi, 2012) et ces eaux ne peuvent être utilisées en irrigation sans lessivage. Le guide de (Ayers et Watscot, 1985) pour l'interprétation de la qualité des eaux d'irrigation indique que ces eaux peuvent causer des problèmes graves à la plus part des cultures. La comparaison des taux des cations et des anions de l'eau de forage et l'eau piscicole aux normes de qualités de l'eau d'irrigation établie par (Ayers et Watscot, 1985) ont montrées que ces taux sont élevées mais ne dépassent pas la gamme habituelle et seulement les Cl^- et Mg^{2+} qui sont dépassés cette gamme.

La projection des valeurs de CE et de SAR des deux eaux sur diagramme de classification des eaux d'irrigation proposé par le laboratoire de Riverside USSSL (1954) complété par Durand (Durand, 1973) indiquent que l'eau piscicole et l'eau de forage sont classées dans la classe C5.S2 qui se caractérise par un danger d'alcalinisation appréciable dans les sols à texture fine et forte capacité d'échange, surtout dans les conditions de faible lessivage, cette eau est utilisable dans les sols à texture grossière (Durand, 1973 ; Lallemand-Barres, 1980).

Le faciès géochimique de l'eau du forage et l'eau piscicole est chloruré sodique.

$\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$ et $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{--} > \text{HCO}_3^-$

Le PH des deux eaux est alcalin (Baize, 1988).

Nous avons constatés qu'il y a une légère diminution de pH de l'eau piscicole (7.51) par rapport à celle de l'eau de forage (7.75) cela est une acidification naturelle causée par le phénomène de nitrification et de respiration des poissons (Somerville et al, 2014).

Aussi il y a une légère augmentation de la CE de l'eau piscicole par rapport à celle de l'eau de forage cela est dû à l'élévation des taux des sels dans l'eau, ce la est causé par l'excrétion des urines par les poissons pour maintenir les teneurs en sels dans leurs corps (Somerville et al, 2014).

Dans le cas de l'eau d'élevage de notre étude, la valeur d'OD égale 2.6mg/l et cette valeur est acceptable (Somerville et al, 2014).

Dans le cas de l'eau d'élevage de notre étude la valeur de nitrite égale 0.04 mg/l et cette valeur est acceptable (Somerville et al, 2014).

Dans le cas de l'eau d'élevage de notre étude la valeur de nitrates égale 1.64 mg/l et cette valeur est acceptable (Somerville et al, 2014).

4. La croissance végétative des plantes

Tableau 40: Les stades de croissance végétative des plantes de pomme de terre.

Stade	Levée	6feuilles	9feuilles	12 feuilles	Tubéri- sation	13feuilles	14feuilles	15feuille	Florai- son	Début de sénescence
Date	5/10/20	11/10/20	18/10/20	26/10/20	28/10/20	2/11/20	8/11/20	15/11/20	19/11/20	21/12/20



Levée



06 feuilles



09 feuilles



12 feuilles



Tubérisation



13 feuilles



14 feuilles



15 feuilles



floraison



début de la sénescence

Figure 51: La croissance végétative de pomme de terre durant la période de sa culture.



Figure 52: La récolte de pomme de terre (05/01/2021).

5. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres du plant (hauteur et rendement en tubercules)

5.1. Hauteur des plants

La hauteur des plants s'augmente significativement suivant l'augmentation de taux de la fumure NPK dans l'eau piscicole des traitements, T₆ et T₅ ont enregistré les hauteurs élevées avec 31.47±2.49 cm et 29.07 ± 4.57 cm respectivement par rapport au témoin qui a enregistré 30.96 ± 4.22 cm comme le montre le tableau n° 41, cela est dû à l'effet de l'azote (N) qui est le facteur de la croissance végétative il produit des tiges et des ramifications (Chambenoit et al, 2002). D'après Ellisseche. (1996) l'azote favorise en premier temps le développement le feuillage puis la formation et le grossissement des tubercules d'un autre sens il privilège la croissance foliaire au détriment des tubercules. Si nous comparons les résultats de cet essai à c'elle de premier essai nous constatons qu'il y a une augmentation dans la hauteur des plants par rapport à c'elle enregistrée au précédant essai, cette augmentation se rend d'un côté au changement de la période de la culture (arrière saison) dans cette période le nombre de jours du cycle de la culture a dépassé celui de la période de la culture (primeur) se la a favorisé la croissance végétative des plantes et d'un autre côté à la diminution de la salinité du sol des traitements par rapport au premier essai et les hausses hauteurs sont obtenus avec les traitement qui ont enregistré des baisses valeurs de la CE par rapport aux autres traitements. Comme l'éprouvés les travaux du Snoussi et Halitim. (1998) ; Masmoudi. (2012) sur la tomate où ils ont trouvés un ralentissement et une faible croissance des plantes qu'est dû à l'effet direct de la salinité de l'eau d'irrigation. Aussi les mêmes résultats sont obtenus par (Ly et al, 2014) sur deux provenances de *Jatropha curcas*.

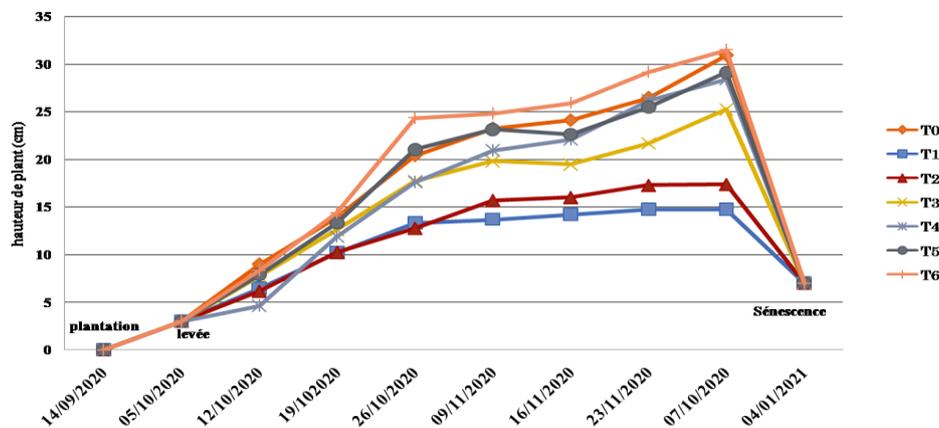


Figure 53: Evolution de la croissance en hauteur des plants des différents traitements de la plantation jusqu'à la sénescence.

Tableau 41: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur des plants

Paramètre étudié	Hauteur de plant (cm)
T ₀	30.96 ± 4.22 a
T ₁	14.71 ± 0.65 b
T ₂	17.37 ± 0.62 b
T ₃	25.26 ± 2.98 ab
T ₄	28.4 ± 3.97 ab
T ₅	29.07 ± 4.57 ab
T ₆	31.47 ± 2.49 a
P-value	0.01*

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

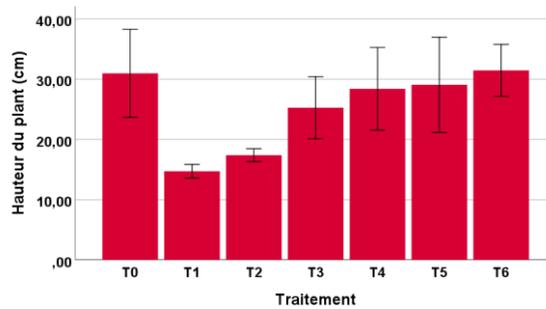


Figure 54: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur de plant.

5.2. Rendement en tubercules

Les rendements en tubercules obtenus des traitements s'augmentent suivant l'augmentation de taux de la fumure NPK apportée dans les traitements le T₆, T₄ et T₅ ont enregistré les hauts rendements avec 177.17±27.87 qx/ha, 169.41±19.34 qx/ha et 160.99±23.09 qx/ha respectivement par apport au témoin 178.9 ± 43.49 qx/ha comme le montre le tableau n° 46, mais cette augmentation n'est pas significative (P>0.05) donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin. Si nous comparons les rendements obtenus à celles obtenus en premier essai nous remarquons qu'il y a une augmentation cette dernière se rend :

1. Au changement de la période de la culture (arrière saison), dans cette période le nombre de jours du cycle de la culture a dépassé celui de la culture de pomme de terre de primeur cela a permis un grossissement des tubercules aussi durant cette période (arrière saison) les hautes températures se situe à l'optimum (environ 20°C) pour un bon développement des tubercules. D'après Rykaczewska. (2015) si les plants de pomme de terre sont exposés à des hautes températures qui dépassent 25°C durant la période de grossissement des tubercules il va se produire des tubercules de faible calibre qui se rend à l'entrer des

plants en deuxième tubérisation et cela est constaté surtout pour le cas de la variété Désirée.

2. A la diminution de la salinité du sol. Les hausses rendements sont obtenues avec les traitements qui ont enregistrés des baisses valeurs de la CE par apport à c'elle de premier essai. Le travail du Snoussi et Halitim. (1998) sur l'effet de 04 types d'eau à différents CE sur le développement végétatif et le rendement des plants de la tomate et l'haricot à montré que l'eau de forte salinité a provoqué une faiblesse de production de fruit par apport à l'eau de faible salinité.

Tableau 42: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en tubercule.

Paramètre étudié	Rendement en tubercule (qx /ha)
T ₀	178.9 ± 43.49 n.s
T ₁	115.41 ± 7.69 n.s
T ₂	128.83 ± 12.3 n.s
T ₃	154.98 ± 22.52 n.s
T ₄	169.41 ± 19.34 n.s
T ₅	160.99 ± 23.09 n.s
T ₆	177.17 ± 27.87 n.s
P-value	0.48

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

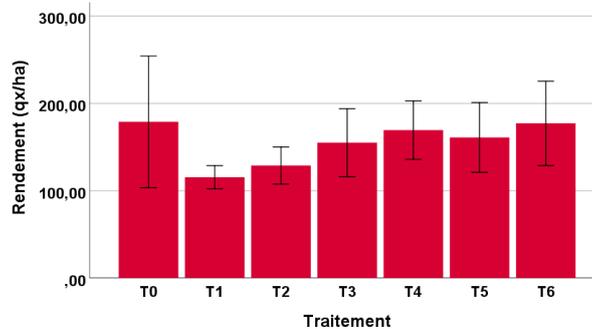


Figure 55: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en tubercule.



Figure 56: Classement des tubercules selon les classes de calibre ($\text{Ø} < 30$, $30 < \text{Ø} < 50$, $50 < \text{Ø} < 60$ et $\text{Ø} > 60$).

6. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres physiques et chimiques du sol

6.1. pH

Les valeurs du pH des traitements se trouvent dans l'intervalle de 7.19 à 8.08, ces valeurs se classent dans les 02 fourchettes (6.5-7.5) et (7.5-8.7) qui prennent les caractères neutre et basique d'après (Baize, 1988 ; Daoud, 2011) pour les deux profondeurs, l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P > 0.05$) pour les deux profondeurs donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 43.

Pour la profondeur (0-30cm) le témoin (T_1) a enregistré la grande valeur suivi par T_0 et T_2

Pour la profondeur (30-60cm) T_1 a enregistré la haute valeur suivie par T_4 et T_0 . Si nous comparons les valeurs de pH du sol à celles avant l'installation de l'essai (7.64) nous remarquons que le pH a connu une élévation pour le T_1 et une légère diminution pour T_0 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 et T_6 , pour la première profondeur ce la peut se justifier par l'effet acidifiant de l'eau piscicole, puisque le pH de l'eau piscicole a connu une légère diminution par rapport au pH de l'eau de forage et le phénomène de nitrification en saison de forte activité biologique peut abaisser le pH l'écart peut passer de 0.5 à 1 (De Beaucorps, 1958) in (Duchaufour, 1965). Pour la deuxième profondeur le pH des sols des traitements ont connu une élévation

par apport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (7.26), ce la peut être dû à la dilution de la solution du sol par l'eau d'irrigation et la solution va se déconcentrer et par conséquence il va relever son pH, ces variations sont en général une à deux unités (Baize, 1988 ; Soltner, 2000).

Tableau 43: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol.

Paramètre étudié PH	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	7.6 ± 0.23 n.s	7.57 ± 0.19 n.s
T ₁	8.08 ± 0.15 n.s	7.78 ± 0.22 n.s
T ₂	7.57 ± 0.33 n.s	7.55 ± 0.25 n.s
T ₃	7.5 ± 0.2 n.s	7.49 ± 0.13 n.s
T ₄	7.5 ± 0.23 n.s	7.58 ± 0.23 n.s
T ₅	7.43 ± 0.22 n.s	7.55 ± 0.21 n.s
T ₆	7.19 ± 0.12 n.s	7.43 ± 0.18 n.s
P-value	0.25	0.94

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. **T₁**: eau piscicole + 0% de NPK. **T₂**: eau piscicole +20% de NPK. **T₃**: eau piscicole +40% de NPK. **T₄**: eau piscicole +60% de NPK. **T₅**: eau piscicole +80% de NPK. **T₆**: eau piscicole +100% de NPK.

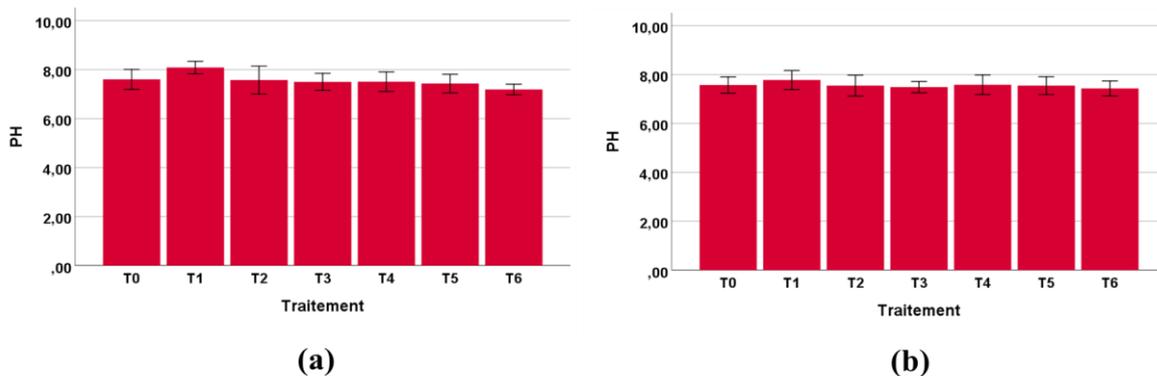


Figure 57: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm

6.2. CE

Pour la profondeur (0-30cm) la CE de l'extrait aqueux 1/5 des sols des traitements (T₁ et T₃) est salée et peu salé pour les traitements (T₀, T₂, T₄, T₅ et T₆) d'après (Daoud, 2011). L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 44. Si nous comparons les valeurs de CE des traitements avec la valeur de CE initiale du sol avant l'installation de l'essai (2.16 ds/m) nous constatons qu'il y a une diminution. Cette diminution s'explique par la fréquence des irrigations (CRUESI, 1970 ; Masmoudi, 2011), puisque dans le programme de pilotage d'irrigation la fréquence est grande et cela va laisser la zone

racinaire toujours humide et le lessivage des sels par l'eau d'irrigation est continu. Et la quantité d'eau d'irrigation suffisante sans déficit avec l'utilisation de système d'irrigation localisé et avec un sol sableux le lessivage des sels se produire et la salinité va se diminuer (Ben Hamida et al, 2013). Dans le cas du sol de deuxième essai le taux de sable grossier et fin est grand par rapport au sol de premier essai ce la va augmenter la perméabilité et par conséquence il va faciliter le lessivage des sels en profondeur.

Pour la profondeur (30- 60cm) la CE des sols des traitements (T₄, T₆ et T₂) est salée et très salée pour les traitements (T₀, T₁, T₃ et T₅) d'après (Daoud, 2011), le T₁ et T₃ ont enregistré les hautes valeurs suivies par T₅ et T₀. L'analyse de la variance a montré qu'il n y a pas une signification (P>0.05) donc il n y a pas une différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 44. Mais la comparaison des valeurs de CE des sols des traitements avec la valeur de CE du sol avant l'installation de l'essai (2.45 ds/m) a révélé qu'il y a une élévation pour T₀, T₁, T₃ et T₅ cette dernière s'explique probablement au lessivage des sels de la profondeur (0-30cm) vers la profondeur de (30-60cm), pour les traitements T₂, T₄ et T₆ les valeurs de CE ont connu une diminution, ce la peut se rendre toujours au lessivage des sels en profondeur.

Tableau 44: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol.

Paramètre étudié CE(ds/m)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	0.99 ± 0.1 n.s	2.48 ± 0.03 n.s
T ₁	1.53 ± 0.34 n.s	2.52 ± 0.04 n.s
T ₂	1.30 ± 0.47 n.s	2.38 ± 0.19 n.s
T ₃	1.59 ± 0.38 n.s	2.52 ± 0.05 n.s
T ₄	0.98 ± 0.3 n.s	1.95 ± 0.53 n.s
T ₅	1.32 ± 0.57 n.s	2.50 ± 0.08 n.s
T ₆	1.37 ± 0.62 n.s	2.30 ± 0.2 n.s
P-value	0.92	0.58

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

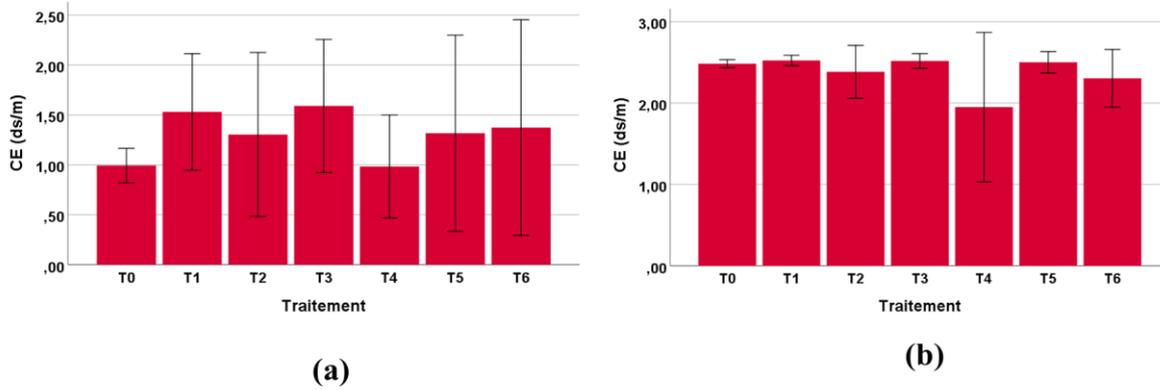


Figure 58: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.3. MO

Les taux enregistrés de la matière organique (MO) des sols de tous les traitements des échantillons des deux profondeurs correspondent sur le graphique établi par (Calvet et Villemin, 1986) en fonction de taux d'argile et de calcaire à des niveaux de très faibles à faibles. D'après Toutain. (1977) in Masmoudi. (2012) les sols sahariens sont pauvres en matière organique, en général le taux de la MO est inférieur de 1% et ils manquent d'azote. Cela est dû aux faibles apports d'amendements organiques et à la dégradation rapide de MO sous les conditions du climat aride. La lecture des résultats à nous permet de constater que les taux de la matière organique (MO) des sols des traitements irrigués par l'eau piscicole sont élevés par rapport au sol de témoin irrigué par l'eau de forage mais cette augmentation n'est pas significative pour tous les traitements du sol des deux profondeurs ($P > 0.05$) comme le montre le tableau n° 45. Aussi la comparaison de taux de la MO des traitements avec le taux de MO du sol avant l'installation de l'essai (0.68% et 0.38% pour les deux profondeurs respectivement) a montré qu'il y a une élévation et la courte durée de cycle de la culture (04 mois) a empêché d'élever le taux de la MO à des niveaux satisfaisants. Ces résultats ont permis à nous de dire que l'eau piscicole a augmenté le taux de la matière organique dans les sols des traitements irrigués par cette eau, ces résultats sont confirmés par (Elnwishy, 2008 ; Elnwishy et al, 2008) dans leurs travaux. Dans le cas du sol de notre étude (taux d'argile = 28.9% et le calcaire total = 20.4%) le taux de la matière organique souhaité pour atteindre le niveau satisfaisant = 2.3%).

Tableau 45 : Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol.

Paramètre étudié MO (%)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	0.38 ± 0.15 n.s	0.13 ± 0.1 n.s
T ₁	0.80 ± 0.6 n.s	1.20 ± 0.48 n.s
T ₂	1.04 ± 0.56 n.s	0.97 ± 0.63 n.s
T ₃	1.24 ± 0.37 n.s	1.22 ± 0.33 n.s
T ₄	1.55 ± 0.58 n.s	1.38 ± 0.55 n.s
T ₅	1.63 ± 0.44 n.s	1.02 ± 0.32 n.s
T ₆	1.70 ± 0.3 n.s	1.32 ± 0.59 n.s
P-value	0.4	0.56

T₀ : témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁ : eau piscicole + 0% de NPK. T₂ : eau piscicole +20% de NPK. T₃ : eau piscicole +40% de NPK. T₄ : eau piscicole +60% de NPK. T₅ : eau piscicole +80% de NPK. T₆ : eau piscicole +100% de NPK.

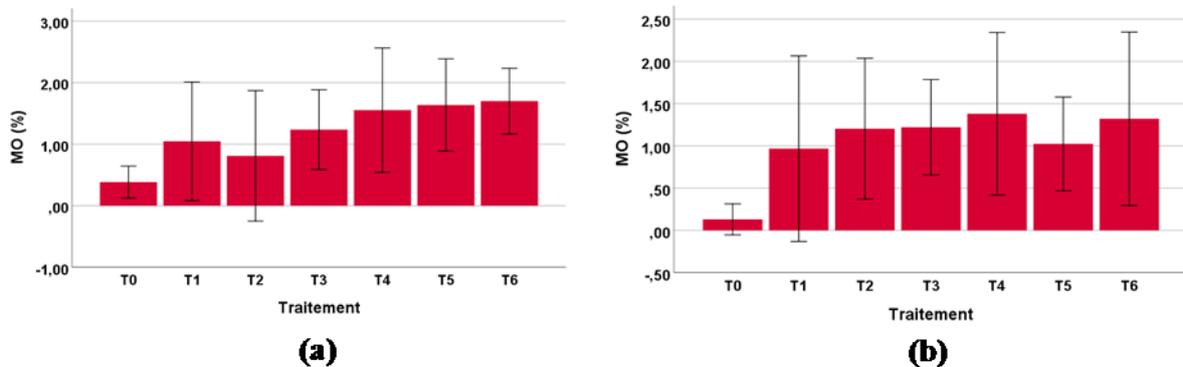


Figure 59: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.4. P₂O₅ assimilable

L'analyse statistique des résultats de phosphore assimilable (P₂O₅) des sols des traitements a montré qu'il n'y a pas une signification pour les deux profondeurs (P>0.05) donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 46, ces valeurs correspondent sur le graphique établi par (Calvet et Villemin, 1986 en fonction de taux d'argile à des niveaux très élevés et aussi l'analyse de sol avant l'installation de l'essai montre que le sol est déjà riche en phosphore assimilable, donc l'effet de l'irrigation avec l'eau piscicole ne peut pas apparaître sur le taux phosphore assimilable (P₂O₅) dans le sol même avec l'apport de NPK avec l'eau d'irrigation puisque le sol est déjà bien entretenu en cet élément (Ravenel et al, 2009) ont testés différentes doses de phosphore avec des apports fractionnés sur un sol déjà en entretien en cet élément pour voir leur effet sur le rendement de la pomme de terre (classes de calibres, nombre des tubercules et leurs grossissement) et ils ont trouvés qu'il n'y a pas d'effet significatif puisque le sol est bien pourvu en phosphore. Dans le cas du sol de notre étude (les taux d'argile des deux profondeurs sont : 28.9% et 27.7%) le taux de

phosphore assimilable souhaité pour atteindre le niveau satisfaisant est égale 220ppm et les niveaux du sol des traitements dépassent cette valeurs.

Tableau 46: Effet de l'eau d'irrigation sur le P₂O₅ assimilable du sol.

Paramètre étudié P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	1188.6 ± 36.45 n.s	937.04 ± 55.17 n.s
T ₁	1094.58 ± 138.44 n.s	910.82 ± 46.88 n.s
T ₂	1092.59 ± 61.33 n.s	910.54 ± 18.03 n.s
T ₃	1017.66 ± 56.66 n.s	878.8 ± 26.19 n.s
T ₄	1041.5 ± 85.37 n.s	958.1 ± 90.47 n.s
T ₅	1033.9 ± 20.9 n.s	934.03 ± 26.21 n.s
T ₆	1134.18 ± 74.23 n.s	947 ± 38.74 n.s
P-value	0.7	0.92

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

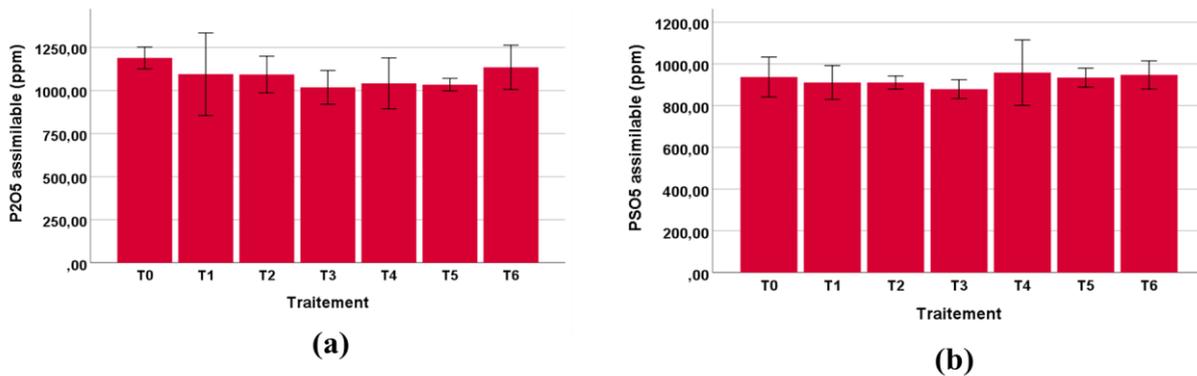


Figure 60: Effet de l'eau d'irrigation sur le PO assimilable (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.5. K assimilable

Pour la profondeur 0-30cm le taux de K assimilable s'augmente significativement suivant l'augmentation de taux de la fumure NPK des traitements (P<0.05) comme le montre le tableau n°47, T₆ a enregistré la haute valeur suivi par T₅ avec 0.45 ± 0.11 méq/100g et 0.37 ± 0.08 méq/100g respectivement par apport au témoin T₀ qui a enregistré 0.41 ± 0.11 méq/100g., la comparaison de la teneur de K assimilable du sol avant l'installation de l'essai et les teneurs du sol aux normes d'interprétation en fonction de taux d'argile et le type du culture ont montrés qu'ils sont inferieur à l'entretien (sol est bien pourvu en K assimilable) selon Daoud, 2011, (dans le cas du sol de cette expérimentation, le taux d'argile = 28.9%, la teneur de K assimilable pour le cultures intensifs de plein champ doit compris dans l'intervalle de 0.72 à 0.85 méq/100g de terre). La légère augmentation dans la teneur du K

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

assimilable dans le sol des traitements est justifié par l'effet de potassium de l'engrais (sulfates de potassium) apporté avec l'eau d'irrigation qui reste insuffisant pour amener la teneur du K assimilable au niveau de l'entretien dans le sol d'un coté et d'un autre coté la teneur du Potassium (K) dans l'eau piscicole est insuffisant pour enrichir le sol et de couvrir les besoins des cultures. Schmautz et al. (2015) ; Somsak. (2019) ont confirmés dans leurs travaux sur l'eau aquacole cette observation et pour corriger ce manque il faut recours à l'apport des engrais.

Pour la deuxième profondeur l'analyse de la variance a montré qu'il n y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P>0.05$) donc il n y a pas une différence.

Si nous comparons les résultats de cet essai à c'elles de l'essai précédent nous constatons que les taux de K assimilable des traitements sont plus élevés dans le deuxième essai, ce la est dû probablement au K échangeable fixé sur le complexe adsorbant puisque la valeur de la CEC et le taux d'argile dans le sol de deuxième essai sont élevés par rapport à c'elles du sol de premier essai.

Tableau 47: Effet de l'eau d'irrigation sur K assimilable du sol.

Paramètre étudié K assimilable (méq/100g)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	0.41 ± 0.11 ab	0.28 ± 0.14 n.s
T ₁	0.07 ± 0.02 b	0.06 ± 0.007 n.s
T ₂	0.15 ± 0.04 ab	0.14 ± 0.05 n.s
T ₃	0.26 ± 0.06 ab	0.16 ± 0.08 n.s
T ₄	0.32 ± 0.03 ab	0.12 ± 0.03 n.s
T ₅	0.37 ± 0.08 ab	0.22 ± 0.09 n.s
T ₆	0.45 ± 0.11 a	0.34 ± 0.12 n.s
P-vlue	0.03*	0.35

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

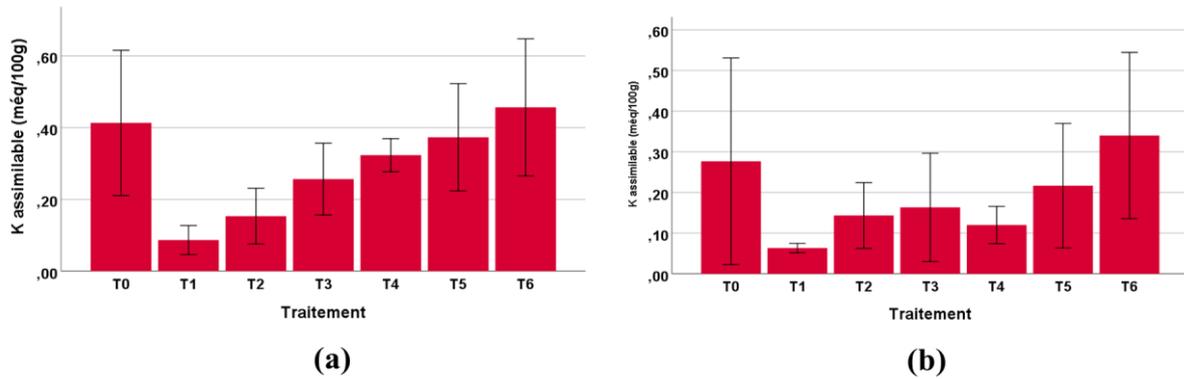


Figure 61: Effet de l'eau d'irrigation sur K assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.6. L'azote total

Les teneurs de l'azote total du sol de tous les traitements ont montrés qu'ils sont très pauvres, selon les normes d'interprétation du (Calvet et Villemin, 1986).

L'analyse de la variance a révélé qu'il n y a pas une signification entre les traitements et le témoin donc il n y a pas une différence ($P > 0.05$) comme le montre le tableau n°12. Si nous comparons les teneurs de l'azote total des traitements à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (0.014%) nous remarquons qu'il y a une légère augmentation suivant les pourcentages d'ajoute de l'engrais azotique à l'eau d'irrigation. L'azote apporté par les engrais minéraux intervient également dans le cycle interne de l'azote, constitué des deux processus opposés de minéralisation et d'organisation (Chambenoit et al, 2002).

Aussi nous pouvons remarquer que l'eau piscicole a enrichis le sol par l'azote organique mais avec des faibles quantités ce la peut se rendre au cycle court de la culture (04 mois) et d'après (Elnwishy, 2008) l'eau piscicole est riche en azote.



Figure 62: Cycle interne de l'azote dans le sol. (Chambenoit et al , 2002).

Tableau 48: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total du sol.

Paramètre étudié l'azote total (%)	Profondeur de 0 à 30cm
T ₀	0.019 ± 0.012 n.s
T ₁	0.012 ± 0.004 n.s
T ₂	0.016 ± 0.006 n.s
T ₃	0.024 ± 0.013 n.s
T ₄	0.027 ± 0.012 n.s
T ₅	0.029 ± 0.008 n.s
T ₆	0.031 ± 0.014 n.s
P-value	0.83

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

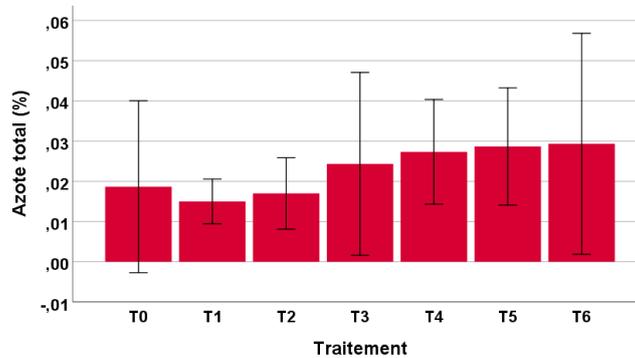


Figure 63: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total.

6.7. Ca²⁺

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas de signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas de différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 49. Les teneurs en Ca²⁺ de la solution du sol des traitements ont connu une diminution par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (12.6 mg/l).

Pour la profondeur (30-60cm) c'est le même cas l'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas de signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas de différence entre les traitements et le témoin. Les teneurs en Ca²⁺ de tous les traitements ont connu une diminution par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (13 mg/l), sauf le T₄ qui a connu une légère élévation.

Cette diminution se rend à l'effet de bicarbonates présentes dans l'eau d'irrigation avec lesquelles les ions de Ca^{2+} ont tendance de se précipiter sous forme de carbonates et par conséquent le taux de Ca^{2+} soluble va diminuer (Durand, 1973 ; Lallemand-Barres, 1980).

Les valeurs de Ca^{2+} de la solution du sol des traitements de deuxième essai sont inférieures à celles de premier essai cela est dû à la présence du calcaire actif en teneur faible par rapport à celles enregistrée dans le sol de premier essai.

Tableau 49: Effet de l'eau d'irrigation sur Ca^{2+} de la solution du sol.

Paramètre étudié Ca^{2+} (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	7.27 ± 2.21 n.s	10.23 ± 0.86 n.s
T ₁	7.9 ± 2.66 n.s	11.47 ± 1.18 n.s
T ₂	5.47 ± 2.13 n.s	9.2 ± 1.4 n.s
T ₃	5.47 ± 0.47 n.s	9.73 ± 1.46 n.s
T ₄	4.6 ± 1.11 n.s	13.13 ± 2.93 n.s
T ₅	6.93 ± 3.56 n.s	8.93 ± 3.27 n.s
T ₆	6.06 ± 0.87 n.s	12.06 ± 0.29 n.s
P-value	0.92	0.67

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

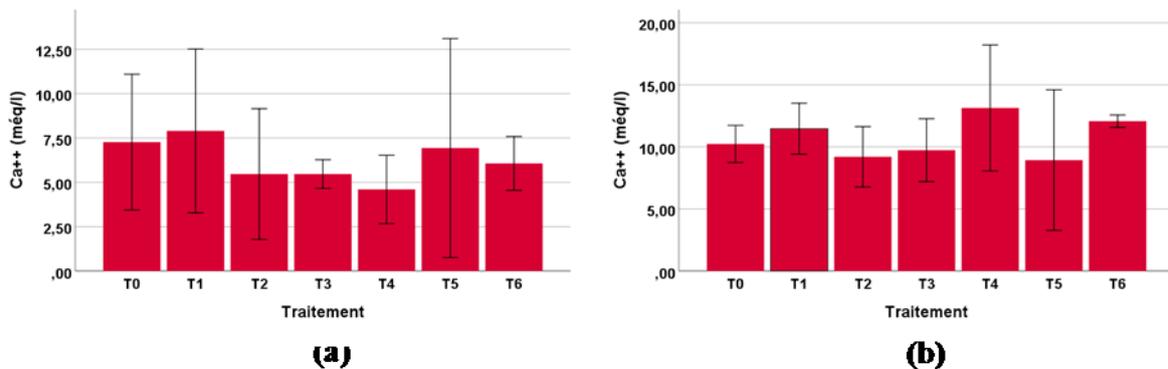


Figure 64: Effet de l'eau d'irrigation sur la Ca^{2+} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.8. Mg^{2+}

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas de signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas de différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 50. Les teneurs du Mg^{2+} des tous traitements ont connu des élévations remarquables par rapport aux valeurs initiales (1.2 méq/l) avant l'installation de l'essai, cette élévation s'explique par la présence de l'ion Mg^{2+} dans l'eau d'irrigation (piscicole et de forage) en teneurs élevées.

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour la profondeur (30-60cm) c'est le même cas l'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin. Aussi pour cette profondeur les teneurs du Mg^{2+} des tous traitements ont connu des élévations remarquables par rapport aux valeurs initiales (3 méq/l) avant l'installation de l'essai, cette élévation s'explique par la présence de l'ion Mg^{2+} dans l'eau d'irrigation (piscicole et de forage) en teneurs élevées.

Tableau 50: Effet de l'eau d'irrigation sur le Mg^{2+} de la solution du sol.

Paramètre étudié Mg^{2+} (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	3 ± 0.93 n.s	4.23 ± 0.68 n.s
T ₁	4.08 ± 0.34 n.s	5.67 ± 1.28 n.s
T ₂	3.6 ± 0.93 n.s	4.72 ± 0.34 n.s
T ₃	2.73 ± 0.32 n.s	4.8 ± 2.27 n.s
T ₄	4.93 ± 0.8 n.s	5.89 ± 0.8 n.s
T ₅	1.8 ± 1.4 n.s	3.93 ± 0.37 n.s
T ₆	2.27 ± 0.83 n.s	4.13 ± 0.53 n.s
P-value	0.17	0.81

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

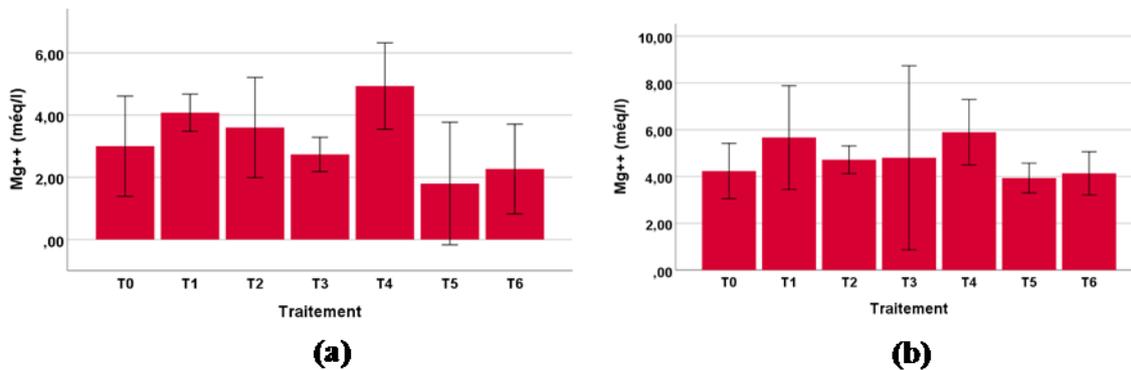


Figure 65: Effet de l'eau d'irrigation sur Mg^{2+} de la solution de sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.9. Na⁺

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$) comme le montre le tableau n° 51. Si nous comparons les valeurs du Na⁺ des traitements à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (2.3 méq/l) nous remarquons qu'il y a un abaissement, d'après (Masmoudi, 2011) le Na⁺ avait une très bonne corrélation positive avec la

CE et comme nous l'avons vu précédemment que la CE a connu aussi une diminution, cette diminution est due probablement au lessivage des sels causé par l'eau d'irrigation (CRUESI, 1970).

Pour la profondeur (30-60cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$). les teneurs du Na^+ des tous les traitements avec le témoin ont connu des élévations par rapport aux valeurs enregistrés en première profondeur, c'est le même cas que la CE comme nous avons vu précédemment et si nous comparons ces valeurs à celle du sol avant l'installation de l'essai (1.86 méq/l) nous remarquons que T_1 , T_2 et T_3 ont connu une élévation et les T_0 , T_4 , T_5 et T_6 ont connu une diminution ce qui s'explique par le lessivage de Na^+ de la première profondeur.

Tableau 51: Effet de l'eau d'irrigation sur la Na^+ de la solution du sol.

Paramètre étudié Na^+ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T_0	1.8 ± 0.34 n.s	1.83 ± 0.32 n.s
T_1	1.81 ± 0.02 n.s	2.11 ± 0.28 n.s
T_2	2.19 ± 0.53 n.s	2.53 ± 0.42 n.s
T_3	1.86 ± 0.15 n.s	2.29 ± 0.48 n.s
T_4	1.33 ± 0.4 n.s	1.7 ± 0.37 n.s
T_5	1.69 ± 0.21 n.s	1.66 ± 0.3 n.s
T_6	2.2 ± 0.98 n.s	1.68 ± 0.28 n.s
p-value	0.87	0.51

T_0 : témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T_1 : eau piscicole + 0% de NPK. T_2 : eau piscicole +20% de NPK. T_3 : eau piscicole +40% de NPK. T_4 : eau piscicole +60% de NPK. T_5 : eau piscicole +80% de NPK. T_6 : eau piscicole +100% de NPK.

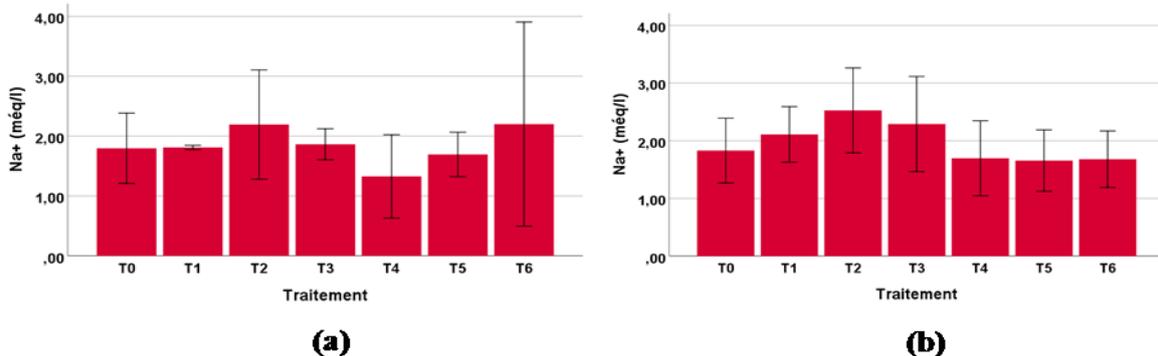


Figure 66: Effet de l'eau d'irrigation sur la Na^+ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.10. K⁺

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montrée qu'il y a une haute signification ($P < 0.05$) donc il y a une différence entre les traitements et le témoin, 03 sous ensembles sont distingués la première est représentée par T₆ avec la haute valeur qui égale 0.57 méq/l, les traitements T₀, T₁, T₃, T₄ et T₅ se trouvent dans la deuxième ensemble et le T₂ se trouve dans la troisième sous ensemble comme le montre le tableau n° 52 la différence entre les traitements est en concordance avec les taux de NPK ajoutés à l'eau d'irrigation. Donc l'apport d'engrais potassique avec l'eau d'irrigation a enrichi la solution du sol par le K puisque si nous comparons ces valeurs à celle du sol avant l'installation de l'essai (0.15 méq/l) nous remarquons qu'il y a une élévation remarquable dans les teneurs de ce élément.

Pour la profondeur (30-60cm) l'analyse de la variance a montré qu'il y a une signification entre les traitements et le témoin ($P < 0.05$). Une sous ensembles se distingue selon le test post hoc Tukey et 03 sous ensembles selon le test post hoc de Duncan. La distribution du K⁺ dans le profil est inverse de celle des autres cations, les horizons supérieurs étant plus riches que ceux de profondeur par suite des apports d'engrais potassiques (CRUESI, 1970).

Tableau 52: Effet de l'eau d'irrigation sur la K⁺ de la solution du sol.

Paramètre étudié k ⁺ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	0.51 ± 0.03 ab	0.24 ± 0.03 ab
T ₁	0.3 ± 0.06 ab	0.15 ± 0.05 b
T ₂	0.24 ± 0.006 b	0.16 ± 0.06 b
T ₃	0.31 ± 0.06 ab	0.24 ± 0.02 ab
T ₄	0.27 ± 0.04 ab	0.13 ± 0.05 b
T ₅	0.43 ± 0.08 ab	0.33 ± 0.04 a
T ₆	0.57 ± 0.1 a	0.33 ± 0.04 a
P-value	0.01*	0.02

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

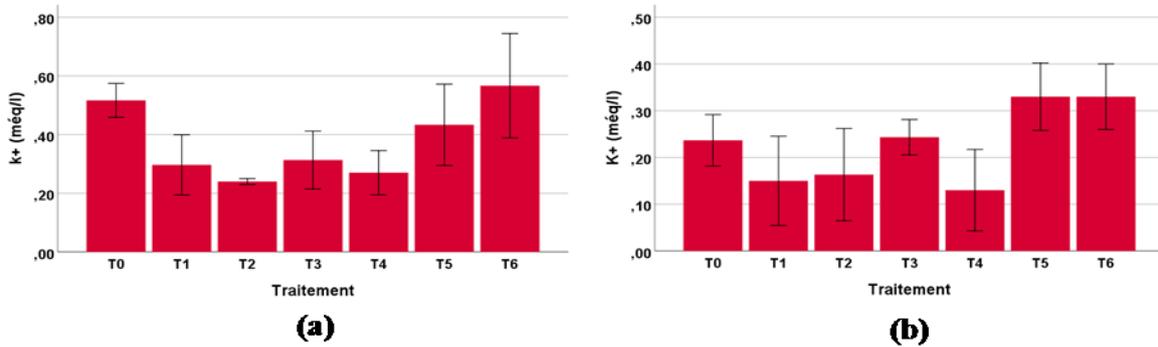


Figure 67: Effet de l'eau d'irrigation sur le K⁺ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.11. SO₄²⁻

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$) comme le montre le tableau n° 53, les teneurs du SO₄²⁻ des traitements ont connu une diminution si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (24.03 méq/l).

Pour la profondeur (30-60cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$) les teneurs du SO₄²⁻ des traitements sont presque stables pour les T₀ et T₄ et pour les traitements T₁, T₂, T₃, T₅ et T₆ les teneurs en SO₄²⁻ ont connu une diminution si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (27.46 méq/l).

D'après CRUESI. (1970) les ions SO₄²⁻ suivent la même évolution que celle des ions Cl⁻. Ces sels ont subi un lessivage malgré l'ajoute de l'engrais sulfate de potassium dans l'eau d'irrigation en plus cette action est favorisée par la grande perméabilité de sol (sol sablonneux).

Tableau 53: Effet de l'eau d'irrigation sur la SO₄²⁻ de la solution du sol.

Paramètre étudié SO ₄ ²⁻ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	8.58 ± 1.49 n.s	28.25 ± 3.47 n.s
T ₁	10.3 ± 1.71 n.s	18.02 ± 5.71 n.s
T ₂	15.75 ± 1.43 n.s	25.17 ± 0.57 n.s
T ₃	15.73 ± 4.26 n.s	26.6 ± 1.31 n.s
T ₄	11.44 ± 2.86 n.s	28.32 ± 3.01 n.s
T ₅	11.44 ± 5.63 n.s	25.75 ± 4.4 n.s
T ₆	12.87 ± 4.29 n.s	23.27 ± 3.26 n.s
P-value	0.75	0.44

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +20% de NPK. T₃: eau piscicole +40% de NPK. T₄: eau piscicole +60% de NPK. T₅: eau piscicole +80% de NPK. T₆: eau piscicole +100% de NPK.

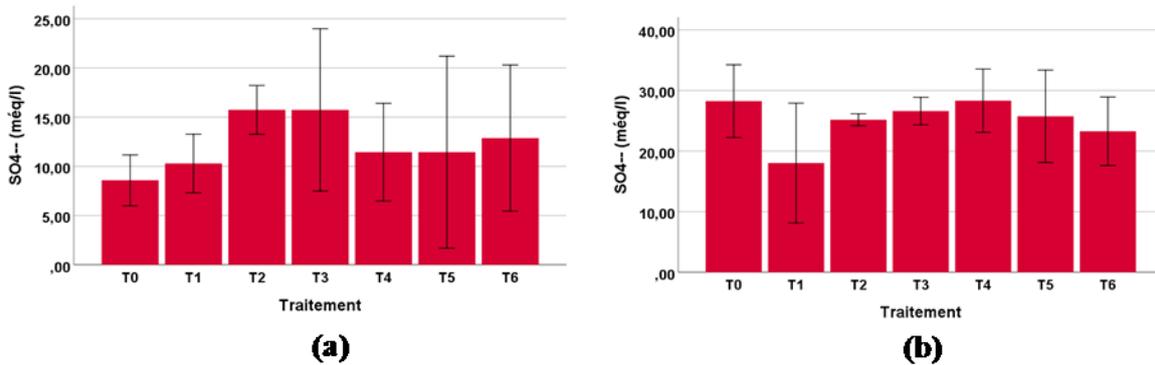


Figure 68: Effet de l'eau d'irrigation sur les SO₄²⁻ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.12. Cl⁻

Pour la profondeur (0-30cm) L'analyse de la variance a montré qu'il n y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05) comme le montre le tableau n° 54, la teneur de Cl⁻ dans la solution du sol des traitements a connu une diminution par apport à la valeur du sol avant l'installation de l'essai (3.08 még/l) sauf T₆ a connu une légère augmentation.

Pour la profondeur (30-60cm) L'analyse de la variance a montré qu'il n y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05) la teneur de Cl⁻ des tous les traitements ont connu une diminution par apport à la valeur initiale de Cl⁻ dans le sol avant l'installation de l'essai (2.66 még/l). Ces résultats sont en relation avec c'elles de Na⁺. D'après CRUESI. (1970) ; Masmoudi. (2011) les teneurs de Cl⁻ et de Na⁺ dans la solution du sol s'évoluent en sens d'évolution de la CE et comme nous l'avons vu précédemment la CE a connu une diminution.

Tableau 54: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl⁻ de la solution du sol.

Paramètre étudié Cl ⁻ (még/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	1.88 ± 0.25 n.s	1.9 ± 0.17 n.s
T ₁	1.67 ± 0.13 n.s	2.13 ± 0.29 n.s
T ₂	2.3 ± 0.39 n.s	2.38 ± 0.75 n.s
T ₃	2.27 ± 0.16 n.s	1.88 ± 0.25 n.s
T ₄	1.82 ± 0.14 n.s	1.85 ± 0.13 n.s
T ₅	2.53 ± 0.41 n.s	2.01 ± 0.33 n.s
T ₆	2.8 ± 0.32 n.s	1.21 ± 0.2 n.s
P-value	0.11	0.46

T₀ : témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁ : eau piscicole + 0% de NPK. T₂ : eau piscicole +20% de NPK. T₃ : eau piscicole +40% de NPK. T₄ : eau piscicole +60% de NPK. T₅ : eau piscicole +80% de NPK. T₆ : eau piscicole +100% de NPK.

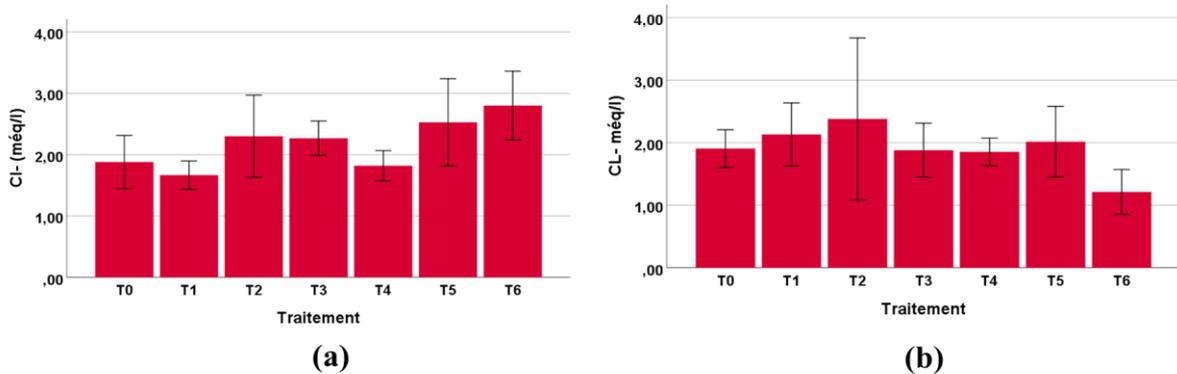


Figure 69: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl⁻ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

6.13. HCO₃⁻

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05) comme le montre le tableau n° 55, les teneurs du HCO₃⁻ de la solution du sol des traitements ont connu une diminution si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (1.8 méq/l).

Pour la profondeur (30-60cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin (P>0.05) les teneurs du de la solution du sol de tous les traitements ont connu une diminution si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (3 méq/l). Halitim. (1988) a signalé que les bicarbonates se trouvent en très faible quantité dans les sols de la région aride de l'Algérie et ne montrent pas des variations significatives.

Tableau 55: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO₃⁻ de la solution du sol.

Paramètre étudié HCO ₃ ⁻ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	1.47 ± 0.78 n.s	1.6 ± 0.35 n.s
T ₁	1.17 ± 0.54 n.s	1.4 ± 0.2 n.s
T ₂	1.47 ± 0.59 n.s	1.53 ± 0.35 n.s
T ₃	1.4 ± 0.35 n.s	1.33 ± 0.24 n.s
T ₄	1 ± 0.35 n.s	1.2 ± 0.5 n.s
T ₅	1 ± 0.42 n.s	1.2 ± 0.35 n.s
T ₆	1.27 ± 0.59 n.s	0.87 ± 0.07 n.s
P-value	0.99	0.73

T₀ : témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁ : eau piscicole + 0% de NPK. T₂ : eau piscicole +20% de NPK. T₃ : eau piscicole +40% de NPK. T₄ : eau piscicole +60% de NPK. T₅ : eau piscicole +80% de NPK. T₆ : eau piscicole +100% de NPK.

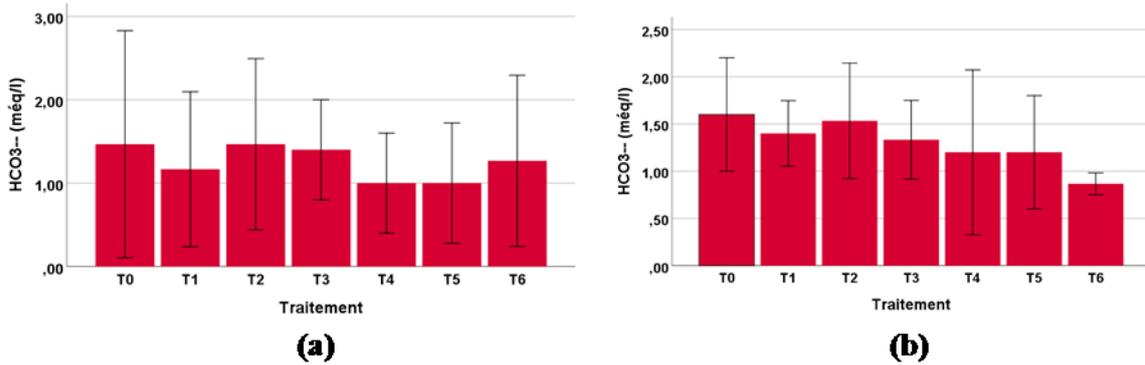


Figure 70: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO_3^- de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

Conclusion

D'après les résultats obtenus à partir de cet essai nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- ✚ L'irrigation de la pomme de terre avec l'eau piscicole a donné un effet favorable sur la croissance végétative des plantes et une amélioration de rendement en tubercules aussi il peut réduire l'utilisation des engrais synthétiques à des niveaux inférieurs à celles des fumures préconisée à la conduite des cultures ces pourcentages allons dans le cas cet essai de 20 à 25%.
- ✚ Aussi l'irrigation avec l'eau piscicole a un effet sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol par la diminution de pH, l'élévation de taux de la MO et l'azote total.

Chapitre III : Troisième essai. Effet de l'irrigation par l'utilisation de l'eau piscicole sur la culture de piment sou serre.

1. Lieu d’installation de l’essai

Notre étude est déroulée au niveau de la station d’Ain Ben N’oui de l’Institut Technique de Développement de l’Agriculture Saharienne (ITDAS), (34°48’29” N et 05°39’98” E) qui se situe à 05 km au Ouest de chef-lieu de la wilaya de Biskra.



Figure 71: Localisation de site d'installation de l'essai à Ain Ben Noui (ITDAS) Biskra.

2. Caractéristiques physiques et chimiques du sol avant l’installation de l’essai

Deux échantillons du sol sont prélevés à deux profondeurs : de 0 à 30cm et de 30 à 60cm avant l’installation de l’essai et à la fin de l’essai.

2.1. La granulométrie

Pour la profondeur 0-30cm le sol a une texture Argile limoneuse (AL) et pour la profondeur 30-60cm la texture est Argile très sableuse (AS) selon le triangle de la texture (G.E.P.P.A) (Calvet et Villemin, 1986).

Tableau 56: Les résultats de l'analyse granulométrique du sol.

Echantillon	0 à 30cm de profondeur	30 à 60cm de profondeur
Argile (%)	30.9	32.03
Limon fin (%)	7.7	14.23
Limon grossier (%)	35.8	4.8
Sable fin (%)	4.1	31.9
Sable grossier (%)	21.5	16.9

2.2. Les résultats des analyses physiques et chimiques du sol (avant l’installation de l’essai)

Le sol est salé pour la profondeur (0-30cm) et très salé pour la profondeur (30-60cm) (Daoud, 2011), avec un pH basique et modérément calcaire (Baize, 1988). Le taux de MO est très faible en fonction de taux d’argile pour les deux profondeurs (Calvet et Villemin, 1986) (Tableau 57).

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 57: Les résultats des analyses chimiques du sol avant l'installation de l'essai.

Echantillon	0 à 30cm de profondeur	30 à 60cm de profondeur
CE (ds.m ⁻¹) Rapport 1/5	2.45	2.62
pH	7.13	7.18
Calcaire total (%)	12	15
Calcaire actif (%)	6.5	1.5
MO (%)	0.39	0.29
P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	1610.24	706.6
K assimilable (még.100g ⁻¹)	0.03	0.02
Azote total (%)	0.018	/
<u>Cations (még.l⁻¹) :</u>		
Na ⁺	2.5	1.91
Ca ²⁺	11.6	15.3
Mg ²⁺	1.5	2.9
K ⁺	0.21	0.14
<u>Anions (még.l⁻¹):</u>		
HCO ₃ ⁻	2.5	1.5
CO ₃ ⁻	/	/
Cl ⁻	2.8	3.16
SO ₄ ⁻	19.74	22.18

Tableau 58: Les résultats des analyses chimiques de l'eau piscicole et de l'eau de forage.

Echantillon	Eau de forage	Eau piscicole	Gamme habituelle de l'eau d'irrigation (AYERS et WASTCOT, 1985)
CE (ds.m ⁻¹)	6.11	6.21	0-3
pH	7.85	7.76	6-8.5
<u>Cations (még.l⁻¹)</u>			
Na ⁺	38.88	43.89	0-40
Ca ²⁺	8.4	9.8	0-20
Mg ²⁺	22	24.8	0-5
K ⁺	0.26	0.31	0-2
<u>Anions (még.l⁻¹)</u>			
HCO ₃ ⁻	7.2	7.1	0-10
CO ₃ ⁻	0.4	0.4	0-0.1
Cl ⁻	18.56	22.8	0.30
SO ₄ ⁻	18.80	18.88	0-20
Nitrite (mg.l ⁻¹)	/	0.04	
Nitrates (mg.l ⁻¹)	/	1.52	
Oxygène dissous (mg.l ⁻¹)	/	3.6	
SAR (meq.l ⁻¹)	6.34	6.47	0-15

3. L'état chimique de l'eau d'irrigation

Le tableau n°58 montre que la salinité (CE) de l'eau de forage et de l'eau piscicole est excessive d'après la classification du (Daoud et Halitim, 1994) in (Masmoudi, 2012) et ces eaux ne peuvent être pas s'utiliser en irrigation sans lessivage. Le guide du (Ayers et Watscot, 1985) pour l'interprétation de la qualité des eaux d'irrigation indique ces eaux peuvent causer des problèmes graves à la plus part des cultures. La comparaison des taux des cations et des anions de l'eau de forage et l'eau piscicole aux normes de qualités de l'eau d'irrigation établie par (Ayers et Watscot, 1985) ont montrées que ces taux sont élevés mais ne dépassent pas la gamme habituelle et seulement les Na^+ (l'eau piscicole) et Mg^{2+} qui ont dépassés cette gamme.

La projection des valeurs de CE et de SAR des deux eaux sur diagramme de classification des eaux d'irrigation proposé par le laboratoire de Riverside USSS (1954) complété par Durand (Durand, 1973) indiquent que l'eau piscicole et l'eau de forage sont classée dans la classe C5.S2 qui se caractérise par un danger d'alcalinisation appréciable dans les sols à texture fine et forte capacité d'échange, surtout dans les conditions de faible lessivage, cette eau est utilisable dans les sols à texture grossière (Durand, 1973 ; Lallemand-Barres, 1980).

Le faciès géochimique de l'eau du forage et l'eau piscicole est chloruré sodique.



Le PH des deux eaux est alcalin (Baize, 1988).

Nous avons constatés qu'il y a une légère diminution de pH de l'eau piscicole (7.76) par apport à c'elle de l'eau de forage (7.85) cela est une acidification naturelle causée par le phénomène de nitrification et de respiration des poissons (Somerville et al, 2014).

Aussi il y a une légère augmentation de la CE de l'eau piscicole par apport à c'elle de l'eau de forage cela est dû à l'élévation des taux des sels dans l'eau, ce la est causé par l'excrétion des urines par les poissons pour maintenir les teneurs en sels dans leurs corps (Somerville et al, 2014).

La valeur d'OD dans le cas de l'eau d'élevage de notre étude égale 3.6 mg/l et cette valeur est acceptable (Somerville et al, 2014).

Le taux de nitrite dans le cas de l'eau d'élevage de notre étude égale 0.04 mg/l et cette valeur est acceptable (Somerville et al, 2014).

Pour les nitrates leurs taux dans l'eau d'élevage égale 1.52 mg/l et cette valeur est acceptable (Somerville et al, 2014).

4. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres du plant (hauteur et rendement)

4.1. Hauteur des plants

La hauteur des plants s'augmente significativement suivant l'augmentation de taux de la fumure NPK dans l'eau piscicole des traitements, T₅ et T₄ ont enregistré les hauteurs élevées avec 56.67 ± 4.05 cm et 52 ± 3.51 cm respectivement par apport au témoin qui a enregistré 54.67 ± 2.4 cm comme le montre le tableau n° 59. D'après Soltner. (1999c) ; Wei Liu et al. (2014) ; Fathi (2022) l'azote (N) est le facteur de la croissance végétative et le développement des plantes. Ces résultats sont accordés avec celles du (Segnou et al, 2012 ; Alhrout, 2017) sur la fertilisation de piment où ils ont montrés l'effet de l'engrais azotique seul et le NPK sur la hauteur des plants qui a donné un effet significatif. L'utilisation de l'eau piscicole dans l'irrigation des cultures a donné des bons résultats en termes de croissance végétative et rendement le travail du (Abdelraouf, 2017) sur l'oignon a montré que l'ajoute du N dans l'eau piscicole avec un taux de 80% a permet une croissance en hauteur égale à celle de témoin (N 100%), ces résultats ont indiqué que ce type d'eau pourrait être utile comme source sûre et bonne pour la nutrition des plantes, aussi les résultats des essais obtenus par (Zouakh et al, 2016) sur les cultures de mulon, pastèque et courgette et (Bouhali et al, 2021) sur la culture de la tomate ont montrés que l'eau issue de la pisciculture a un impact favorable sur la croissance végétative des plantes (les tiges et les feuilles).

La source de l'azote qui se trouve dans l'eau piscicole est les déchets liquides (ammonium) et solides (excrément ou fèces) rejetés ou excrétés par les poissons dans l'eau et les aliments non consommés par les poissons (Thorarinsdottir, 2015). Les déchets solides de poisson sont décomposés par des bactéries hétérotrophes, cette action va libérer les nutriments essentiels dans l'eau (Somerville et al, 2014).

Les plantes peuvent utiliser les quatre formes d'azote (NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-) qui vont stimuler leur croissance végétative et les nitrates sont la forme la plus absorbée rapidement par les plantes (Seawright et al, 1998) in (Thorarinsdottir, 2015).

La quantité de nitrate produite dans un système de pisciculture est variable en fonction de la densité des poissons dans le système et à la teneur en protéines de l'aliment (Endut et al, 2010).

Dans le cas de notre essai l'eau piscicole peut réduire le taux de la fumure (NPK) préconisée à la conduite de la culture à un taux de 25% ce qui va réduire l'utilisation des engrais.

Tableau 59: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur des plants.

Paramètre étudié	Hauteur de plant (cm)
T ₀	54.67 ± 2.4 ab
T ₁	43.89 ± 0.95 b
T ₂	45.67 ± 1.45 ab
T ₃	46.89 ± 1.97 ab
T ₄	52 ± 3.51 ab
T ₅	56.67 ± 4.05 a
P-value	0.024*

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

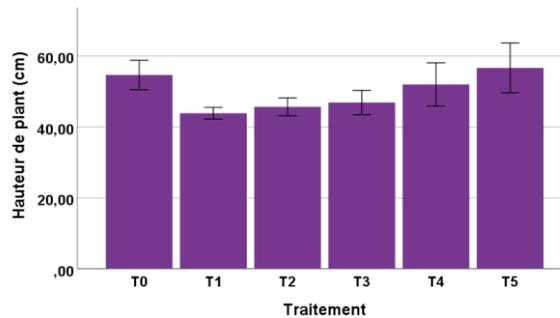


Figure 72: Effet de l'eau d'irrigation sur la hauteur de plant.

4.2. Rendement en fruit

Les rendements en fruit obtenus par des traitements sont moyens mais ils s'augmentent significativement suivant l'augmentation de taux de la fumure NPK apportée à l'eau d'irrigation, les traitements le T₅ et T₄ ont enregistré les hauts rendements avec 1.46 ± 0.05 kg/plant et 1.31 ± 0.05 kg/plant respectivement par rapport au témoin 1.45 ± 0.06 kg/plant comme le montre le tableau n° 60. Le travail du Segnou et al. (2012) ; Alhrout. (2017) a éprouvé l'effet bénéfique de la fumure NPK sur le rendement en fruit du piment par apport aux fientes des volailles. Dans le cas de notre essai il est apparu que l'eau piscicole est partiellement pauvre en éléments nutritifs (N, P et K) après la comparaison des résultats de rendement obtenus des traitements avec celle de témoin, donc l'addition de ces éléments dans l'eau piscicole utilisée en irrigation est nécessaire pour compenser leur insuffisance et leur manque dans l'eau pour couvrir les besoins des plantes cultivés en ces éléments.

Les effluents aquacoles sont connus pour être riches en solides qui contiennent principalement le phosphore (P) l'azote (N), ces solides se constituent par des excréments des poissons et des aliments non consommés par conséquent la source des éléments minéraux qui se trouvent dans l'eau piscicole ou aquacole est les aliments utilisés pour la nutrition des poissons. Mais pour certains éléments comme le K et le Ca qui sont considérés comme des éléments

importants dans l'alimentation minérale des plantes se trouvent en faible quantités dans les aliments des poissons ce qui est nécessaire de les compléter pour assurer les besoins des plantes en ces éléments nutritifs (Lennard et Goddek, 2020). Les besoins des poissons en K sont faibles, (Rafiee et Saad, 2005) ont trouvés que le Tilapia rouge a utilisé 7.16 % de K contenu dans l'aliment de poisson.

Cerozi et Fitzsimmons. (2016) ont trouvés dans leur étude sur les niveaux de phosphore dans un système aquacole que les poissons et les plantes assimilent 42.3% et 29.4% de phosphore apporté par l'aliment respectivement, tandis que 13,1% de phosphore se transforme à une forme non assimilable par les poissons et les plantes.

Strauch et al. (2018) dans leur travail sur le poisson-chat et son régime alimentaire, ils ont analysés les entrés et les sorties pour identifier les taux de renouvellement des éléments nutritifs, ils ont trouvés qu' un taux de 44,5 à 47,1% des éléments nutritifs qui se trouvent dans l'aliment apporté aux poissons est assimilé comme énergie ou utilisé dans la construction de corps et un taux de 5,7 à 7,7% s'accumule dans les sédiments, le reste du taux de ces éléments se trouve dans l'eau où il est considéré comme potentiellement assimilable par les plantes, mais avec des quantités déficients par rapport aux besoins des plantes.

La disponibilité des éléments minéraux (P, K et Fe) dans l'eau en quantités suffisantes pour satisfaire les besoins des plantes est en relation avec la densité de stockage et aux espèces des poissons où le poisson-chat africain, le tilapia et la carpe sont des candidats aquaponique privilégiés Palm et al, 2020.

Pour le Phosphore il dépend de pH, un pH plus élevé ($\text{pH} > 7.2$) favorise leur liaison avec les cations et leur précipitation, cela le rendant ainsi non assimilable par les plantes (Cerozi et Fitzsimmons, 2016 ; Yildiz et al, 2017).

Les plantes qui sont carencés de certains éléments minéraux peuvent montrer des signes de nécrose foliaire et avoir moins de chlorophylle par rapport aux plantes qui sont fertilisées d'une manière optimale par conséquent l'addition sélectif de certains éléments nutritifs va améliorer l'état des plantes pour produire des produits de qualité (Palm et al, 2020).

Tableau 60: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en fruit.

Paramètre étudié	Rendement(kg /plant)
T ₀	1.45± 0.06 ab
T ₁	0.85 ± 0.17 b
T ₂	0.97 ± 0.16 ab
T ₃	1.05 ± 0.17 ab
T ₄	1.31 ± 0.05 ab
T ₅	1.46 ± 0.05 a
P-value	0.019*

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

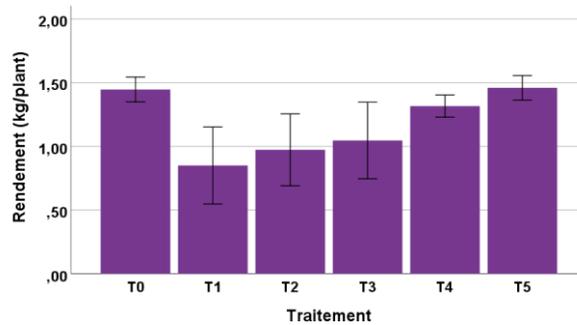


Figure 73: Effet de l'eau d'irrigation sur le rendement en fruit.

5. Effet de l'eau d'irrigation sur les paramètres chimiques du sol

5.1. pH

Les valeurs du pH des traitements se trouvent dans l'intervalle de 7.39 à 7.86, ces valeurs se classent dans les 02 fourchettes (6.5-7.5) et (7.5-8.7) qui prennent les caractères neutre et basique d'après (Baize, 1988 ; Daoud, 2011) pour les deux profondeurs, l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 61.

Pour la profondeur (0-30cm) le T₃ a enregistré la grande valeur suivi par T₂ et T₅.

Pour la profondeur (30-60cm) T₃ a enregistré la haute valeur suivie par T₂ et T₀.

Si nous comparons les valeurs de pH du sol avant l'installation de l'essai (7.13) et après nous remarquons que le pH a connu une élévation pour tous les traitements.

Pour la deuxième profondeur le pH des sols des traitements ont connu aussi une élévation par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (7.18).

Cette élévation est due probablement à la présence des bicarbonates et les carbonates dans l'eau d'irrigation, aussi le pH de l'eau piscicole n'a pas diminué comme le cas des essais précédents.

En plus la présence de calcaire dans le sol qui est considéré comme amendement basique peut augmenter le pH du sol (Pernes-Debuyser et Tessier, 2002).

Tableau 61: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol.

Paramètre étudié PH	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	7.39 ± 0.19 n.s	7.70 ± 0.1 n.s
T ₁	7.57 ± 0.2 n.s	7.65 ± 0.1 n.s
T ₂	7.67 ± 0.05 n.s	7.84 ± 0.07 n.s
T ₃	7.73 ± 0.07 n.s	7.86 ± 0.27 n.s
T ₄	7.48 ± 0.2 n.s	7.6 ± 0.15 n.s
T ₅	7.64 ± 0.1 n.s	7.5 ± 0.2 n.s
P-value	0.6	0.61

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

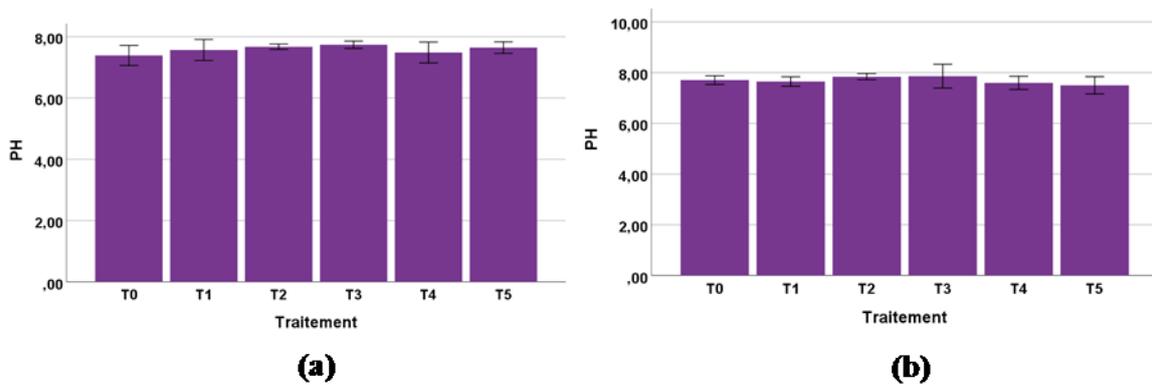


Figure 74: Effet de l'eau d'irrigation sur le pH du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

5.2. CE

Pour la profondeur (0-30cm) la CE de l'extrait aqueux 1/5 des sols des traitements est salée d'après (Daoud, 2011). L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 62. Si nous comparons les valeurs de CE des traitements avec la valeur de CE initiale du sol avant l'installation de l'essai (2.45 ds/m) nous constatons qu'il y a une diminution. Cette diminution s'explique par la fréquence des irrigations (CRUESI, 1970 ; Masmoudi, 2011). Et l'apport d'une quantité d'eau d'irrigation suffisante sans déficit avec l'utilisation de système d'irrigation localisé et avec un sol sableux le lessivage des sels se produit et la salinité va se diminuer (Ben Hamida et al, 2013). Dans le cas de notre essai le sol est léger et perméable et par conséquent il va faciliter le lessivage des sels en profondeur.

Pour la profondeur (30- 60cm) la CE des sols des tous les traitements est très salée d'après Daoud, 2011. L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification donc il n'y a

pas une différence entre les traitements et le témoin, mais la comparaison des valeurs de CE des sols des traitements avec la valeur de CE du sol avant l'installation de l'essai (2.62 ds/m) a révélé qu'il y a presque une stabilité pour tous les traitements.

Tableau 62: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol.

Paramètre étudié CE(ds/m)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	2.31 ± 0.09 n.s	2.51 ± 0.03 n.s
T ₁	2.40 ± 0.07 n.s	2.6 ± 0.08 n.s
T ₂	2.33 ± 0.08 n.s	2.68 ± 0.03 n.s
T ₃	2.15 ± 0.05 n.s	2.6 ± 0.03 n.s
T ₄	2.44 ± 0.02 n.s	2.62 ± 0.02 n.s
T ₅	2.3 ± 0.12 n.s	2.54 ± 0.03 n.s
P-value	0.24	0.17

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

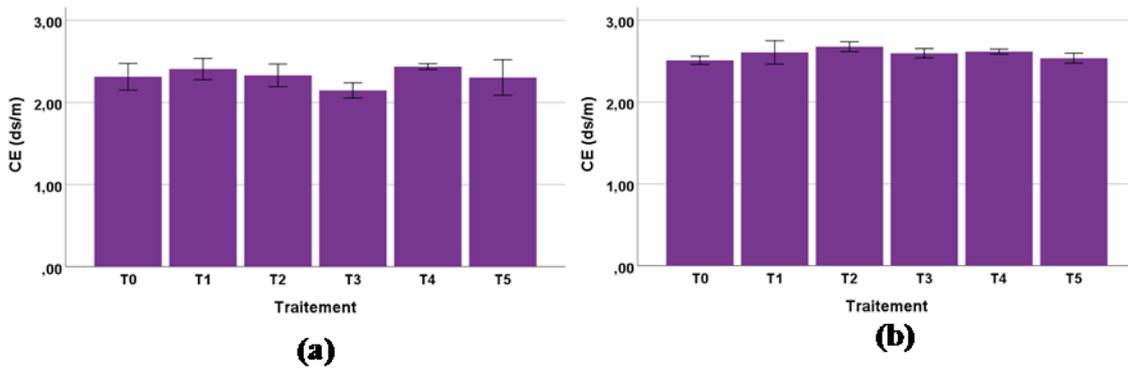


Figure 75: Effet de l'eau d'irrigation sur la CE du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

5.3. MO

Les taux enregistrés de la matière organique (MO) des sols de tous les traitements des échantillons des deux profondeurs correspondent sur le graphique établi par (Calvet et Villemin, 1986) en fonction de taux d'argile et de calcaire à des niveaux de très faibles à un peu faibles comme le montre le tableau n° 63 généralement les sols sahariens sont pauvres en matière organique dans certains cas la teneur de la MO est inférieure de 0.1% (Durant 1954, 1959; Dutil, 1971, Rognon, 1994; Daoud et Halitim, 1994; Halilat, 1998) in (Koull et Halilat, 2016). Ce faible teneur se rend à l'absence du couvert végétal, aux faibles apports d'amendements organiques et à la dégradation rapide de MO sous les conditions du climat aride.

Pour la profondeur (0-30cm) la lecture des résultats a nous permet de constater que les taux de la matière organique (MO) des sols des traitements irrigués par l'eau piscicole sont élevés par

apport à celle du sol témoin irrigué par l'eau de forage et cette élévation est hautement significative suivant le taux de la fumure NPK ajouté à l'eau piscicole où le T₅ et T₄ ont enregistrés les hautes valeurs avec $1.87 \pm 0.13 \%$ et $1.5 \pm 0.05 \%$ respectivement, aussi la comparaison de taux de la MO des traitements avec le taux de MO du sol avant l'installation de l'essai (0.39%) a montrés qu'il y a une élévation. Ces résultats ont permis à nous de conclure que l'eau piscicole est riche en matière organique d'après le travail du (Elnwishy, 2008) et par conséquence il a augmenté le taux de la matière organique dans les sols des traitements irrigués par cette eau, ces résultats sont confirmés par (Elnwishy et al, 2008) dans leurs travail.

En aquaponie la matière organique provient de l'approvisionnement en eau, des aliments non consommés, des matières fécales des poissons, substrat végétal organique, activité microbienne, exsudats racinaires et résidus végétaux (Stouvenakers et al, 2020). Pour Palm et al. (2020) la matière organique provient à partir des déchets solides riches en carbone.

Des études ont montrés que la fertilisation azotée a un effet positif sur la teneur en MO du sol (Khan et al, 2007 ; Powlson et al, 2010 ; Ladha et al, 2012).

Pour Mahal et al. (2019) l'utilisation d'engrais azotés de synthèse a entraîné un effet suppressif sur la minéralisation de la matière organique dans le sol.

Pour la profondeur (30-60cm) les résultants des traitements ont montrés que les teneurs du sol en MO s'augmentent suivant les taux de NPK ajouté à l'au piscicole mais n'est pas avec signification comme le révèle l'analyse de la variance, en plus nous pouvons remarqués que la teneur e MO du sol de témoin est inferieur des autres traitements, cela confirme l'effet positif de l'eau piscicole sur le taux de la MO du sol.

Dans le cas du sol de notre étude (taux d'argile = 30.9% et 32.03%) donc le taux de la matière organique souhaité pour atteindre le niveau satisfaisant est au tour de 2.5%.

Tableau 63: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol.

Paramètre étudié MO (%)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	0.38 ± 0.13 c	0.26 ± 0.06 n.s
T ₁	0.82 ± 0.25 c	0.46 ± 0.1 n.s
T ₂	0.97 ± 0.58 b	0.53 ± 0.16 n.s
T ₃	1.1 ± 0.39 b	0.57 ± 0.2 n.s
T ₄	1.5 ± 0.05 a	0.63 ± 0.04 n.s
T ₅	1.87 ± 0.13 a	0.74 ± 0.18 n.s
P-value	0.005**	0.27

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. **T₁**: eau piscicole + 0% de NPK. **T₂**: eau piscicole +25% de NPK. **T₃**: eau piscicole +50% de NPK. **T₄**: eau piscicole +75% de NPK. **T₅**: eau piscicole +100% de NPK.

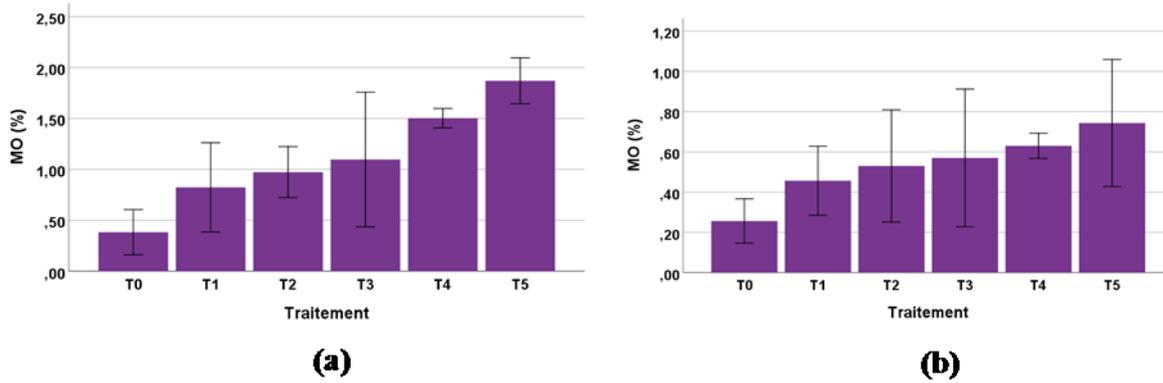


Figure 76: Effet de l'eau d'irrigation sur la MO du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-0cm.

5.4. P₂O₅ assimilable

L'analyse statistique des résultats de phosphore assimilable (P₂O₅) des sols des traitements a montré qu'il n'y a pas une signification pour les deux profondeurs donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 64, ces valeurs correspondent sur le graphique établi par (Calvet et Villemin, 1986) en fonction de taux d'argile à des niveaux très élevés et aussi l'analyse de sol avant l'installation de l'essai montre que le sol est déjà riche en phosphore assimilable, donc l'effet de l'irrigation avec l'eau piscicole ne peut pas apparaître sur le taux phosphore assimilable (P₂O₅) dans le sol même avec l'apport de NPK avec l'eau d'irrigation puisque le sol est déjà bien entretenu en cet élément avant l'installation de l'essai.

Les travaux de Segnou et al. (2012) ; Alhrout. (2017) ont montrés l'effet bénéfique de l'apport de la fumure NPK sur la teneur du en phosphore assimilable.

Dans le cas du sol de notre étude (les taux d'argile des deux profondeurs sont : 30.9% et 32.03%) le taux de phosphore assimilable souhaité pour atteindre le niveau satisfaisant est égale 220ppm et les niveaux du sol des traitements dépassent cette valeurs.

La source principale du phosphore dans l'eau piscicole est les aliments apportés aux poissons, un taux de phosphore entre 58 et 64 % apporté dans les aliments est assimilé par les poissons en besoins d'énergie et de croissance, 10 à 15 % se trouve dans l'eau usée et 11 à 22 % dans les solides. (Strauch et al. 2018).

Le phosphore n'est pas un facteur limitant pour les poissons, mais il est crucial pour les plantes (Joyce et al, 2020). Cependant, les formes de phosphate dans les déchets de poisson ne sont pas immédiatement biodisponibles pour les plantes.

La seule forme biodisponible du phosphore absorbée et assimilée par les plantes est l'orthophosphate ionique inorganique (H₂PO₄⁻ et HPO₄⁻).

D'après Cerozi et Fitzsimmons. (2016) ; Yildiz et al. (2017) l'assimilabilité du Phosphore dépend du pH, un pH plus élevé ($pH > 7.2$) favorisera leur liaison avec les cations et leur précipitation et le rendant ainsi non assimilable par les plantes, donc pour éviter ce phénomène il faut maintenir des conditions de pH proches de la neutralité.

Tableau 64: Effet de l'eau d'irrigation sur le P_2O_5 assimilable du sol.

Paramètre étudié P_2O_5 assimilable (ppm)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	1475.11 ± 282.4 n.s	607.92 ± 141.89 n.s
T ₁	1398.15 ± 36.69 n.s	542.82 ± 194.77 n.s
T ₂	1627.89 ± 387.48 n.s	753.76 ± 250.69 n.s
T ₃	1628.34 ± 120.6 n.s	793.11 ± 16.85 n.s
T ₄	1342.01 ± 272.5 n.s	571.47 ± 206.49 n.s
T ₅	1292.96 ± 270.07 n.s	606.48 ± 246.21 n.s
P-value	0.9	0.91

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

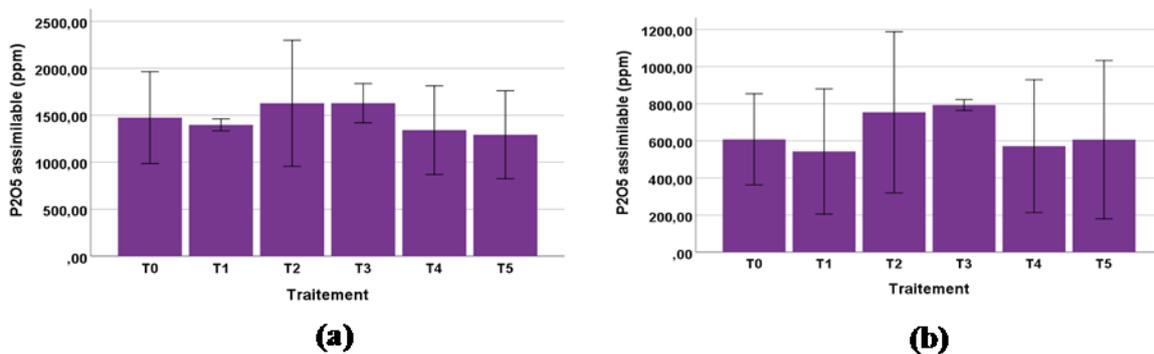


Figure 77: Effet de l'eau d'irrigation sur le P_2O_5 assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

5.5. K assimilable

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montrée qu'il y a une signification pour le taux de K assimilable entre les traitements et le témoin donc il y a une différence. T₅ a enregistré la haute valeur suivi par T₀ et T₄ comme le montre le tableau n° 65. Le taux de K assimilable du sol avant l'installation de l'essai et les sols des traitements à la fin de l'essai sont inférieur à l'entretien selon les normes d'interprétation en fonction de taux d'argile et pour les cultures protégées de (Daoud, 2011) dans le cas du sol de cette expérimentation (le taux d'argile = 30.9%, la teneur de K assimilable pour les cultures protégées doit être supérieur à 0.89 méq/100g de terre), malgré qu'il y a une augmentation du taux de K assimilable dans les sols des traitements après l'essai par apport au taux enregistré dans le sol avant l'installation de l'essai (0.03méq/100g), cela se justifier par l'effet de potassium de

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

l'engrais (sulfates de potassium) ajouté avec l'eau d'irrigation qui reste insuffisant pour amener le taux de K assimilable dans le sol au niveau de l'entretien, puisque le taux de Potassium (K) dans l'eau piscicole est faible d'après (Schmautz et al, 2015 ; Somsak, 2019) où ils ont trouvés dans leurs travaux que le taux de K est insuffisant dans l'eau aquacole pour répondre aux besoins des cultures et il faut l'ajouter sous forme d'engrais. Aussi cette insuffisance se justifier par l'assimilation faible de cet élément par les poissons (Rafiee et Saad, 2005) et à son faible pourcentage dans les aliments utilisés en alimentation des poissons (Yildiz et al, 2017).

Tableau 65: Effet de l'eau d'irrigation sur la K assimilable du sol.

Paramètre étudié K assimilable (méq/100g)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	0.4 ± 0.09 ab	0.13 ± 0.01 n.s
T ₁	0.08 ± 0.03 b	0.06 ± 0.007 n.s
T ₂	0.14 ± 0.03 b	0.08 ± 0.03 n.s
T ₃	0.2 ± 0.07 ab	0.13 ± 0.06 n.s
T ₄	0.36 ± 0.1 ab	0.16 ± 0.08 n.s
T ₅	0.47 ± 0.05 a	0.28 ± 0.05 n.s
P-value	0.01*	0.07

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

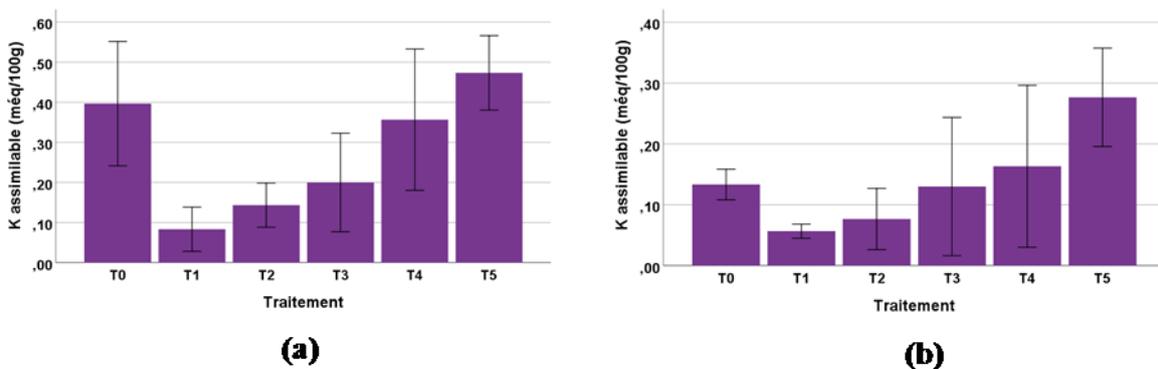


Figure 78: Effet de l'eau d'irrigation sur le K assimilable du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

5.6. L'azote total

Les teneurs de l'azote total du sol des traitements T₀, T₁, T₂, T₃ et T₄ Se trouvent dans la classe du sol très pauvre, selon les normes d'interprétation de (Calvet et Villemin, 1986). Et seulement T₅ se trouve dans la classe du sol pauvre.

L'analyse de la variance a révélé qu'il y a une signification entre les traitements et le témoin donc il y a une différence comme le montre le tableau n° 66. Si nous comparons les teneurs de

l'azote total des traitements à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (0.018%) nous remarquons qu'il y a une augmentation suivant les pourcentages d'ajoute de l'engrais azotique à l'eau d'irrigation. l'azote apporté par les engrais minéraux intervient également dans le cycle interne de l'azote, constitué des deux processus opposés de minéralisation et d'organisation (Chambenoit et al, 2002).

D'après Elnwshy. (2008) l'eau piscicole est riche en azote, cet azote est le produit de la dégradation de protéine des aliments sous forme d'ammoniac qui représentant 80 à 90 % de l'azote soluble et le reste sous forme d'urée (Roque D'orbcastel et al, 2008). Aussi nous pouvons remarquer que l'eau piscicole a enrichis le sol par l'azote organique si nous comparons les teneurs en azote total de témoin qui a été irrigué par l'eau de forage et les traitements qui sont irrigués par l'eau piscicole, ces résultats sont confirmés par c'elles obtenus par (Elnwshy et al, 2008) dans leurs travaux.

Tableau 66: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total.

Paramètre étudié l'azote total (%)	Profondeur de 0 à 30cm
T ₀	0.023 ± 0.008 b
T ₁	0.03 ± 0.004 ab
T ₂	0.03 ± 0.007 b
T ₃	0.04 ± 0.01 ab
T ₄	0.045 ± 0.007 ab
T ₅	0.067 ± 0.007 a
P-value	0.018*

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

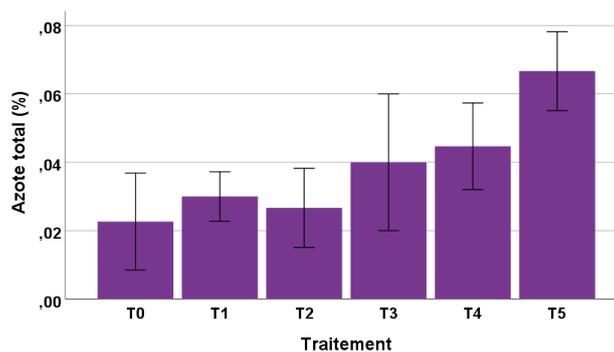


Figure 79: Effet de l'eau d'irrigation sur l'azote total (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.



Figure 80: Cycle interne de l'azote dans le sol. (Chambenoit et al, 2002).

5.7. Ca²⁺

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas de signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas de différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 67. Les teneurs en Ca²⁺ de la solution du sol des traitements ont connu une diminution par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (11.6 méq/l).

Pour la profondeur (30-60cm) c'est le même cas l'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas de signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas de différence entre les traitements et le témoin. Les teneurs en Ca²⁺ de tous les traitements ont connu une diminution par rapport à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (15.3 méq/l). Cette diminution se rend à l'effet de bicarbonates présentes dans l'eau d'irrigation, avec lesquelles les ions de Ca²⁺ ont tendance de se précipiter sous forme de carbonates et par conséquent le taux de Ca²⁺ soluble va diminuer (Durand, 1973 ; Lallemand-Barres, 1980).

Tableau 67: Effet de l'eau d'irrigation sur Ca²⁺ de la solution du sol.

Paramètre étudié Ca ²⁺ (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	8.66 ± 1.95 n.s	14.85 ± 2.14 n.s
T ₁	8.07 ± 2.73 n.s	14.06 ± 2.87 n.s
T ₂	9.8 ± 4.28 n.s	13.33 ± 3.13 n.s
T ₃	8.4 ± 3.59 n.s	14.65 ± 2.44 n.s
T ₄	10.6 ± 4.39 n.s	14 ± 4.63 n.s
T ₅	10.8 ± 3.93 n.s	14.93 ± 3.88 n.s
P-value	0.99	0.99

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

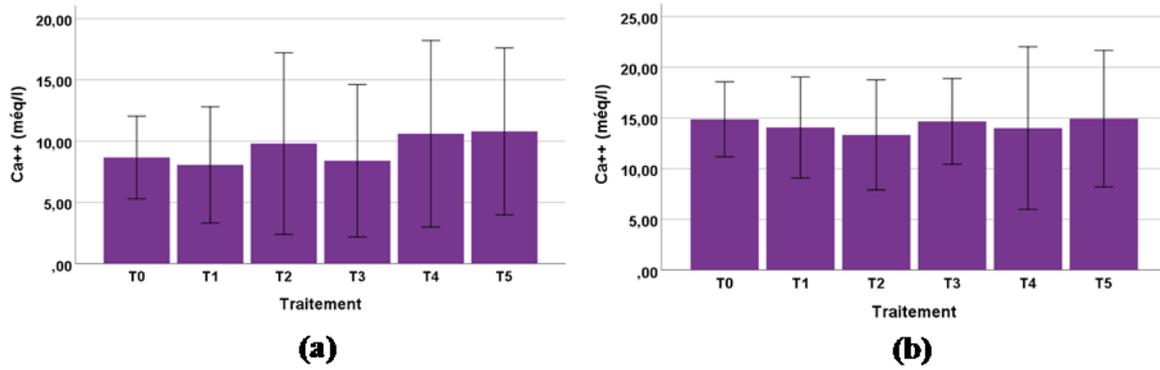


Figure 81: Effet de l'eau d'irrigation sur le Ca²⁺ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

5.8. Mg²⁺

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas de signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas de différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 68. Les teneurs du Mg²⁺ des tous les traitements ont connu des élévations remarquables par rapport aux valeurs initiales (1.5 még/l) avant l'installation de l'essai, cette élévation s'explique par la présence de l'ion Mg²⁺ dans l'eau d'irrigation (piscicole et de forage) avec des teneurs élevées.

Pour la profondeur (30-60cm) c'est le même cas l'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas de signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas de différence entre les traitements et le témoin, aussi pour cette profondeur les teneurs du Mg²⁺ des tous les traitements ont connu des élévations remarquables par rapport aux valeurs initiales (2.9 még/l) avant l'installation de l'essai, cette élévation s'explique par la présence de l'ion Mg²⁺ dans l'eau d'irrigation (piscicole et de forage) avec des teneurs élevées.

Tableau 68: Effet de l'eau d'irrigation sur Mg²⁺ de la solution du sol.

Paramètre étudié Mg ²⁺ (még/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	3 ± 1 n.s	3.33 ± 0.85 n.s
T ₁	3.87 ± 0.68 n.s	2.4 ± 0.58 n.s
T ₂	3.13 ± 1.04 n.s	4.07 ± 1.77 n.s
T ₃	3.73 ± 1.44 n.s	5.33 ± 2.32 n.s
T ₄	3.73 ± 0.98 n.s	6.07 ± 1.21 n.s
T ₅	2.47 ± 0.96 n.s	3.1 ± 0.38 n.s
P-value	0.92	0.43

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

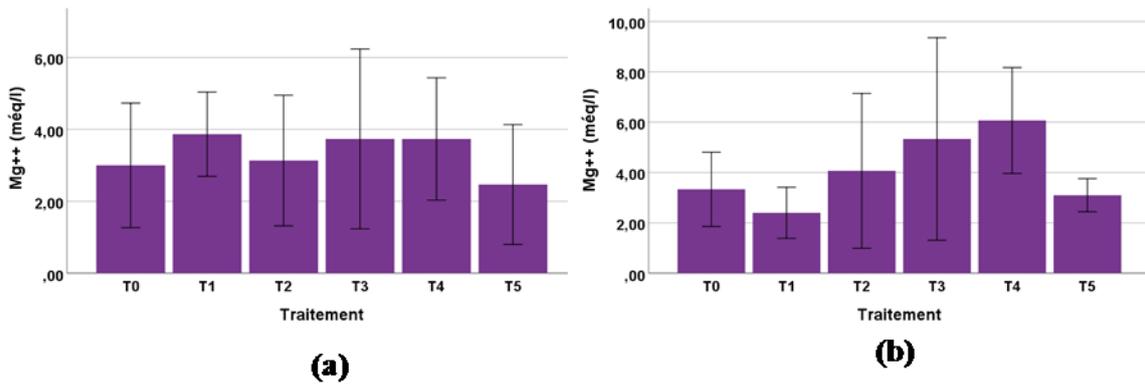


Figure 82: Effet de l'eau d'irrigation sur Mg²⁺ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60 cm.

5.9. Na⁺

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P > 0.05$) donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 69. Si nous comparons les valeurs du Na⁺ des traitements à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (2.5 még/l) nous remarquons qu'il y a une diminution. D'après Masmoudi. (2011) le Na⁺ avait une très bonne corrélation positive avec la CE et comme nous l'avons vu précédemment que la CE a connu aussi une diminution, cette diminution est due probablement au lessivage des sels causé par l'eau d'irrigation (CRUESI, 1970).

Pour la profondeur (30-60cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification donc il n'y a pas une différence entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$). Si nous comparons les valeurs du Na⁺ des traitements à la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (1.91 még/l) nous remarquons qu'il y a une diminution, cette diminution est la conséquence du lessivage de cet élément par l'eau d'irrigation.

Tableau 69: Effet de l'eau d'irrigation sur Na⁺ de la solution du sol.

Paramètre étudié Na ⁺ (még/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	1.65 ± 0.38 n.s	0.88 ± 0.34 n.s
T ₁	1.64 ± 0.54 n.s	1.63 ± 0.53 n.s
T ₂	2.16 ± 0.44 n.s	1.29 ± 0.65 n.s
T ₃	1.54 ± 0.8 n.s	1.35 ± 0.72 n.s
T ₄	1.59 ± 0.07 n.s	1.51 ± 0.72 n.s
T ₅	1.33 ± 0.24 n.s	1.37 ± 0.6 n.s
P-value	0.88	0.94

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

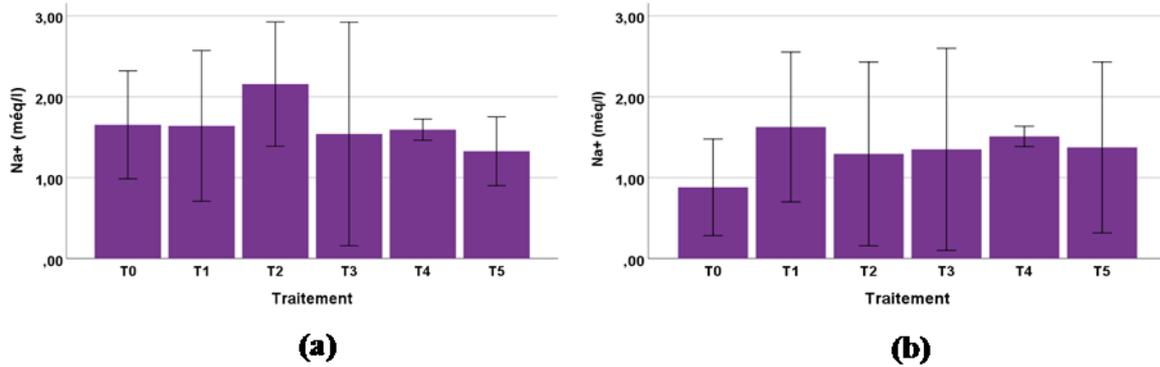


Figure 83: Effet de l'eau d'irrigation sur Na^+ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

5.10. K^+

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montrée qu'il y a une signification ($P < 0.05$) donc il y a une différence entre les traitements et le témoin, T_5 a enregistré la haute valeur qui égale 0.57 ± 0.1 még/l, suivi par les traitements T_0 et T_4 avec des valeurs de 0.52 ± 0.03 még/l et 0.43 ± 0.08 még/l comme le montre le tableau n° 70, la différence entre les traitements est en concordance avec les taux de NPK apporté au sol, donc l'apport d'engrais potassique a enrichi la solution du sol par le K et si nous comparons ces valeurs à celle du sol avant l'installation de l'essai (0.21 még/l) nous remarquons qu'il y a une élévation remarquable dans les teneurs de ce élément.

Pour la profondeur (30-60cm) l'analyse de la variance a montré qu'il y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$). Si nous comparons ces valeurs à celle du sol avant l'installation de l'essai (0.14 még/l) nous remarquons qu'il y a une élévation remarquable dans les teneurs de ce élément. La distribution du K^+ dans le profil est inverse de celle des autres cations, les horizons supérieurs sont plus riches que ceux de profondeur par suite des apports d'engrais potassiques (CRUESI, 1970).

Tableau 70: Effet de l'eau d'irrigation sur K^+ de la solution du sol.

Paramètre étudié k^+ (még/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T_0	0.52 ± 0.03 b	0.24 ± 0.03 n.s
T_1	0.2 ± 0.07 ab	0.15 ± 0.05 n.s
T_2	0.3 ± 0.06 ab	0.16 ± 0.06 n.s
T_3	0.31 ± 0.06 ab	0.24 ± 0.02 n.s
T_4	0.43 ± 0.08 ab	0.29 ± 0.04 n.s
T_5	0.57 ± 0.1 a	0.33 ± 0.04 n.s
P-value	0.026*	0.087

T_0 : témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T_1 : eau piscicole + 0% de NPK. T_2 : eau piscicole +25% de NPK. T_3 : eau piscicole +50% de NPK. T_4 : eau piscicole +75% de NPK. T_5 : eau piscicole +100% de NPK.

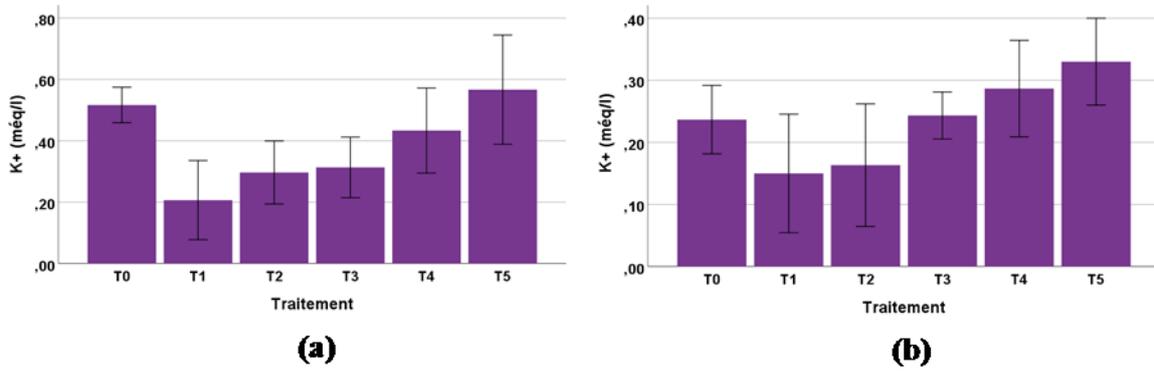


Figure 84: Effet de l'eau d'irrigation sur K^+ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

5.11. SO_4^-

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$) comme le montre le tableau n° 71, les teneurs du SO_4^- des traitements ont connu une diminution si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (19.74 méq/l). Sauf T_1 a connu une augmentation.

Pour la profondeur (30-60cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$) les teneurs du SO_4^- des traitements ont connu une augmentation si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (22.18 méq/l). Sauf T_1 a connu une diminution.

D'après CRUESI. (1970) les ions SO_4^- suivent la même évolution que celle des ions Cl^- . Ces sels ont subis un lessivage malgré l'ajoute de l'engrais sulfate de potassium dans l'eau d'irrigation en plus cette action est favorisée par la grande perméabilité de sol (sol sablonneux).

Tableau 71: Effet de l'eau d'irrigation sur SO_4^- de la solution du sol.

Paramètre étudié SO_4^{2-} (méq/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T_0	16.03 ± 7.21 n.s	25.46 ± 1.59 n.s
T_1	20.02 ± 7.45 n.s	21.17 ± 2.23 n.s
T_2	16.88 ± 5.48 n.s	23.74 ± 3.27 n.s
T_3	16.3 ± 3.43 n.s	25.17 ± 2.29 n.s
T_4	14.59 ± 5.36 n.s	24.6 ± 1.25 n.s
T_5	18.31 ± 4 n.s	25.75 ± 2.97 n.s
P-value	0.99	0.77

T_0 : témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T_1 : eau piscicole + 0% de NPK. T_2 : eau piscicole +25% de NPK. T_3 : eau piscicole +50% de NPK. T_4 : eau piscicole +75% de NPK. T_5 : eau piscicole +100% de NPK.

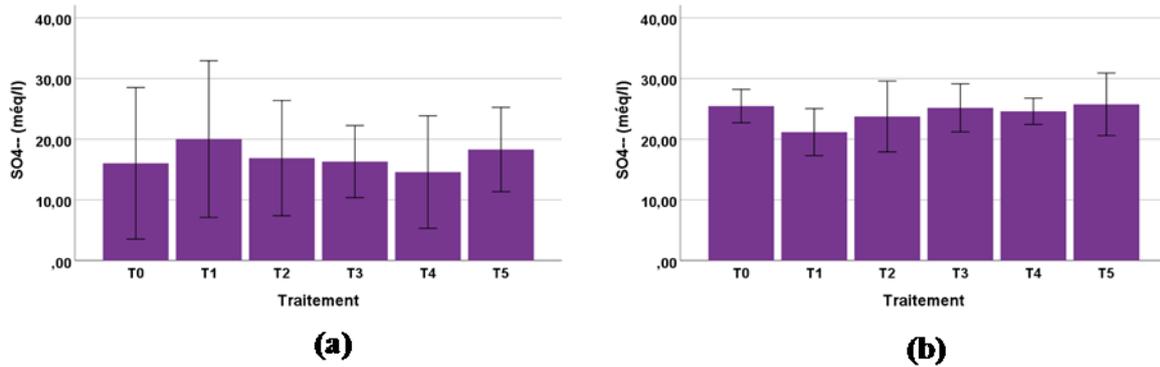


Figure 85: Effet de l'eau d'irrigation sur les SO_4^{2-} de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

5.12. Cl^-

Pour la profondeur (0-30cm) L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P > 0.05$) entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 72 la teneur de Cl^- dans la solution du sol des traitements a connu une diminution par rapport à la valeur du sol avant l'installation de l'essai (2.8 mg/l).

Pour la profondeur (30-60cm) L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$) la teneur de Cl^- des tous les traitements ont connu une diminution par rapport à la valeur initiale de Cl^- dans le sol avant l'installation de l'essai (3.16 mg/l). Ces résultats sont en relation avec celles de Na^+ . D'après CRUESI. (1970) ; Masmoudi. (2011) les teneurs en Cl^- et en Na^+ dans la solution du sol s'évaluent au sens d'évolution de la CE et comme nous l'avons vu précédemment la CE a connu une diminution.

Tableau 72: Effet de l'eau d'irrigation sur Cl^- de la solution du sol.

Paramètre étudié Cl^- (mg/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	1.87 ± 0.25 n.s	1.63 ± 0.37 n.s
T ₁	2.3 ± 0.45 n.s	1.81 ± 0.3 n.s
T ₂	1.51 ± 0.28 n.s	2.03 ± 0.23 n.s
T ₃	2 ± 0.12 n.s	2.16 ± 0.23 n.s
T ₄	2.15 ± 0.13 n.s	1.9 ± 0.4 n.s
T ₅	1.95 ± 0.34 n.s	1.94 ± 0.02 n.s
P-value	0.51	0.84

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

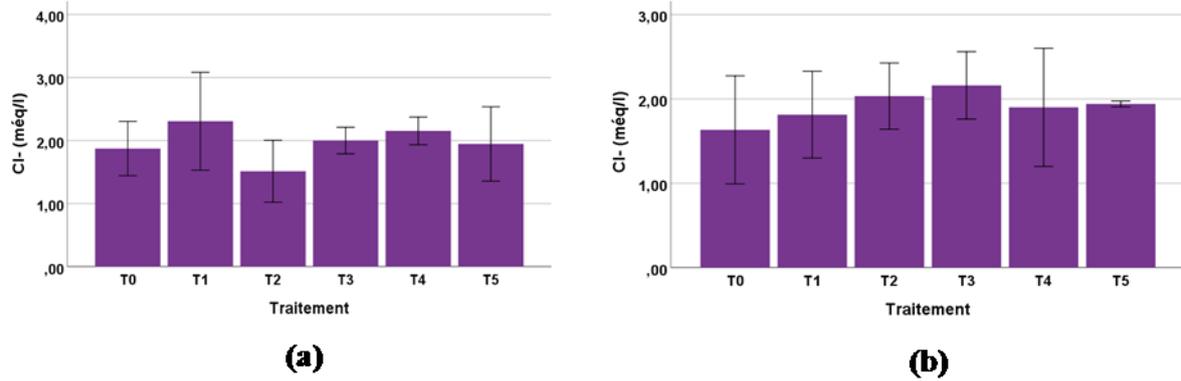


Figure 86: Effet de l'eau d'irrigation sur le Cl⁻ de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

5.13. HCO₃⁻

Pour la profondeur (0-30cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification ($P > 0.05$) entre les traitements et le témoin comme le montre le tableau n° 73 les teneurs du HCO₃⁻ de la solution du sol des traitements ont connu une diminution si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (2.5 még/l).

Pour la profondeur (30-60cm) l'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas une signification entre les traitements et le témoin ($P > 0.05$) les teneurs du de la solution du sol de tous les traitements ont connu une diminution si nous les comparons avec la valeur initiale du sol avant l'installation de l'essai (1.52 még/l). Halitim. (1988) a signalé que les bicarbonates se trouvent en très faible quantité dans les sols de la région aride d'Algérie et ne montrent pas des variations significatives.

Tableau 73: Effet de l'eau d'irrigation sur HCO₃⁻ de la solution du sol.

Paramètre étudié HCO ₃ ⁻ (még/l)	Profondeur de 0 à 30cm	Profondeur de 30 à 60cm
T ₀	2.07 ± 0.48 n.s	1.47 ± 0.29 n.s
T ₁	1.53 ± 0.53 n.s	1.23 ± 0.2 n.s
T ₂	2.47 ± 0.9 n.s	1.47 ± 0.48 n.s
T ₃	1.73 ± 0.13 n.s	1.47 ± 0.29 n.s
T ₄	2 ± 0.7 n.s	1.13 ± 0.18 n.s
T ₅	1.67 ± 0.48 n.s	1.27 ± 0.29 n.s
P-value	0.88	0.94

T₀: témoin avec l'eau de forage +100% de NPK. T₁: eau piscicole + 0% de NPK. T₂: eau piscicole +25% de NPK. T₃: eau piscicole +50% de NPK. T₄: eau piscicole +75% de NPK. T₅: eau piscicole +100% de NPK.

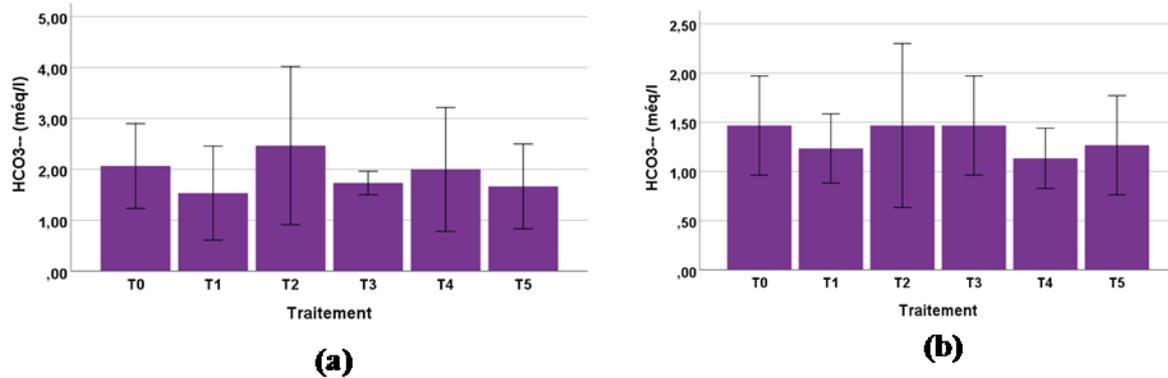


Figure 87: Effet de l'eau d'irrigation sur les HCO_3^- de la solution du sol (a) profondeur 0-30cm (b) profondeur 30-60cm.

Conclusion

D'après les résultats obtenus à partir de ce travail nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- ✚ L'irrigation du piment avec l'eau piscicole a un effet favorable sur la croissance végétative des plantes aussi elle peut améliorer le rendement et réduire l'utilisation des engrais à des pourcentages inférieurs à celles des fumures préconisées à la conduite des cultures ces pourcentages allons dans le cas cet essai de 20 à 25%.
- ✚ Aussi l'irrigation avec l'eau piscicole a un effet sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol par l'élévation de taux de la MO et l'azote total.

Conclusion générale

Comme nous avons vu précédemment nous avons posés une question sur l'effet ou l'impact de l'utilisation de l'eau piscicole en irrigation des cultures maraichères (pomme de terre et piment) à la fin de ce travail nous espérons que nous avons trouvés des réponses sur cette question.

Dans les trois essais effectués il est apparu que l'eau issue de la pisciculture a favorisée la croissance et le développement végétatif des plantes cultivées en plus il a amélioré leur rendement en fruit.

Dans le même contexte nous pouvons conclure que la valeur qu'elle peut ajouter cette pratique à la conduite des cultures est de couvrir deux besoins importants dans le processus de production agricole en même temps qui sont : l'irrigation et la fertilisation.

Pour la première elle se réalise par la réutilisation de cette source en eau qu'est considérée comme une source en eau non conventionnelle en irrigation et pour la deuxième elle se fait par le profit aux éléments fertilisants qui se trouvent dans cette eau pour les utiliser en fertilisation des cultures cela va contribuer à la réduction de l'apport des engrais synthétiques par la diminution de leurs pourcentages dans les fumures d'entretien préconisée dans les programmes de fertilisation des cultures comme il est montré dans le cas de notre travail cette réduction se situe à un pourcentage de 20 à 25%.

Selon la richesse et les teneurs des éléments fertilisants dans l'eau piscicole ce dernier il peut améliorer les caractéristiques chimiques du sol par l'élévation de taux de la matière organique et l'azote total en plus il peut abaisser le pH.

Mais l'utilisation de l'eau piscicole seule en irrigation des cultures est insuffisant pour satisfaire les besoins des plantes en éléments nutritifs ce qui a été éprouvé par les 03 essais surtout dans le cas des cultures exigeantes donc il faut recours à l'apport des engrais pour couvrir ces besoins et d'avoir des rendements souhaités.

La richesse de l'eau piscicole en éléments fertilisants est en dépendance à la densité de stockage ou d'élevage et à la qualité des aliments donnés aux poissons, puisque les pourcentages de potassium et d'autres éléments sont minimes dans les aliments des poissons par conséquence leurs teneurs dans l'eau piscicole sont bas.

Dans des systèmes d'élevage piscicole intensif et hyper intensif il faut prendre en considération le bien-être des poissons pour diminuer les niveaux de stress et le comportement

agressif des poissons pour assurer une bonne nutrition et une bonne santé et le résultat de tous ces points est d'avoir une bonne valeur marchande des poissons.

En fin ce travail à nous permet de conclure que la recommandation et l'encouragement des agriculteurs pour l'intégration de la pisciculture à l'agriculture peut apporter des bienfaits agronomiques, environnementales, économiques et sociales et cette pratique va contribuer à la durabilité des systèmes de production surtout dans les régions sahariennes.

Les références bibliographiques

Abdelraouf R. E. and Hoballah E., 2014. Impact of Irrigation Systems, Fertigation Rates and Using Drainage Water of Fish Farms in Irrigation of Potato under Arid Regions Conditions. *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*, 1(5), pp. 67-79. doi: 10.4236/as.2014.58077

Abdelraouf R.E., 2017. Reuse of Fish Farm Drainage Water in Irrigation. A. M. Negm (ed.), *Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt*, *Hdb Env Chem* (2019) 75: 393–410, DOI :10.1007/698_2017_92.

Abdelraouf R. E. and Ragab R., 2017. The benefit of using drainage water of fish farms for irrigation: field and modeling study using the SALTMED model. *Irrigation and Drainage*. 66: 758–772 (2017) doi: 10.1002/ird.2180.

Ahmed N., Ward J. D. and Saint C. P., 2014. Can integrated aquaculture-agriculture (IAA) produce “more crop per drop”? *Food Sec.*(2014) 6:767–779. doi: 10.1007/s12571-014-0394-9.

Alistair B. A. B., 2004. The environmental side effects of medication,” *EMBO Reports*, vol. 5, no. 12, pp. 1110–1116, 2004.

Alhrout H. H., 2017. Response of Growth and Yield Components of Sweet Pepper to Tow Different Kinds of Fertilizers under Green House Conditions in Jordan. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 9, No. 10; 2017. doi:10.5539/jas.v9n10p265

Allen R. G., Pereira L. S., Raes D. and Smith M., (1998). Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements) FAO Irrigation and Drainage Paper N⁰: 56. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/235704197>

Amichi F., Bouarfa S., Lejars C., Kuper M., Hartani T., Daoudi A., Amichi H. et Belhamra M., 2015. Des serres et des hommes : des exploitations motrices de l'expansion territoriale et de l'ascension socioprofessionnelle sur un front pionnier de l'agriculture saharienne en Algérie. *Cah Agric* 24 : 11-19. doi : 10.1684/agr.2015.0736.

ANAT., 2003. Rapport de synthèse. Direction des ressources en eau. Agence Nationale d'Aménagement des Territoires, wilaya de Biskra. 65p.

- Atwood H. L., Fontenot Q. C., Tomasso J. R. and Isely J. J., 2001.** Toxicity of Nitrite to Nile Tilapia: Effect of Fish Size and Environmental Chloride, *North American Journal of Aquaculture*, 63:1, 49-51, DOI: 10.1577/1548-8454(2001)063<0049:TONTNT>2.0.CO;2
- Ayers R. S. and Wastcot D. W., 1985.** Water quality for agriculture, FAO Irrigation and drainage paper 29 rev 1. Food and Agricultural Organization. Rome.
- Baize D., 1988.** Guide des analyses courantes en pédologie INRA, Paris.
- Bedjaoui H., 2007.** Techniques de production de plants maraichères dans la wilaya de Biskra. Thèse magister en phytotechnie. Option : sciences et techniques des productions végétales. Institut national agronomique El-Harrach-Alger.
- Bencherif S., 2011.** L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne évolution et possibilités de développement. Thèse Doctorat. Spécialité : Développement agricole. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech).
- Ben Hamida J., El Mokh F. et Nagaz K., 2013.** Irrigation déficitaire à l'eau salée : étude du cas de la pomme de terre d'automne irriguée au goutte à goutte de surface et souterrain en milieu aride. *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35 (3/2014) - Actes du 4ème Meeting International 'Aridoculture et Cultures Oasisennes : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides, 17-19/12/2013.*
- Bouamar B., 2010.** Le développement agricole dans les régions sahariennes. Etude de cas de la région d'Ouargla et de Biskra. Thèse de Doctorat en Sciences économiques. Université d'Ouargla, Alger.
- Bouhali F. Z., Smeut Kouadri M., Amira A. B. and Hfsaoui I., 2021.** The integration of aquaculture with agriculture in a semi-arid region in Northwest of Algeria. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries. Fish Zool. Department, Faculty of Science Ain Shams University Cairo, Egypt. Vol. 25(4): 981 – 1001.*
- Bessaoud O., Pellissier, J. P., Rolland J. P and Khechimi W., 2019.** Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. [Rapport de recherche] CIHEAM-IAMM.
- Calvet G and Villemain P., 1986.** Interprétation des analyses de terre. IPAS.

- Cerozi, B da S and Fitzsimmons K., 2016.** Phosphorus dynamics modeling and mass balance. In : aquaponics systems. In: Cerozi, B da S. (Ed.) Phosphorus Dynamics, Mass Balance and Mineralization in Aquaponics Systems. Doctoral Dissertation. University of Arizona pp. 42-64.
- Chambenoit C., Laurent F. , Machet J. M and Scheurer O., 2002.** Fertilisation azotée de la pomme de terre (guide pratique). Agro-Transfert. ITCF. ITPT. INRA Edition.
- Chemlal K. D., 2013.** Isolement et identification phénotypique des bactéries lactiques isolés de Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) et mis en évidence de leur potentiel probiotique. Thèse Doctorat en biologie. Spécialité : Science de l'environnement. Université d'Oran.
- Corner R., H. Fersoy , H. and Crespi, V., 2020.** Integrated agri-aquaculture in desert and arid Lands: Learning from case studies from Algeria, Egypt and Oman. Fisheries and Aquaculture Circular N°. 1195. Cairo, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8610en>.
- CRUESI., 1970.** Recherches et formation en matière d'irrigation avec des eaux salées. Rapport technique 1962-1969. Centre de Recherches sur l'Utilisation des Eaux Salées en Irrigation-Tunisie. UNESCO.
- Daoud Y., 2011.** Méthodes d'analyse des sols. ENSA-El-Harrach.
- Daoudi A. and Lejars C., 2016.** De l'agriculture oasienne à l'agriculture saharienne dans la région des Ziban en Algérie. Acteurs du dynamisme et facteurs d'incertitude. NEW MEDIT N. 2/2016.
- Delphine Escudero M., 2018.** Bien-être des poissons en aquaculture. Thèse Doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- Duchaufour P., 1965.** Précis de pédologie. MASSON & C^{ie}, Paris.
- Durand J. H., 1973.** Utilisation des eaux salines pour l'irrigation. Bull-Tech-Inf. 276.CRA. 20p.
- Diallo K., 2012.** Diversification des systèmes de production piscicole: élevage d'*Oreochromis niloticus* (Linne, 1758) en cage et en trou à poisson, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina – Faso).
- DSA de Biskra., 2018.** Statistiques agricoles. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Biskra.

- DSA de Biskra., 2021.** Statistiques agricoles. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Biskra.
- DSA de Biskra., 2022.** Statistiques agricoles. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Biskra.
- Dubost D., 1992.** Aridité, agriculture et développement : le cas des oasis algériennes. *Sècheresses* 3, 2, 85-96.
- Elalaoui A. C., 2007.** Fertilisation minérale des cultures. Les éléments fertilisants majeurs (Azote, Potassium, Phosphore). *Transfert de technologie en agriculture*. N° : 155/ Août 2007.
- Ellisséche D., 1996.** Aspects physiologiques de la croissance et du développement. In : Rousselle P, Y. Robert, J. C. Crosnier. *La pomme de terre : Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation*. INRA ed. Paris pp.71-124.
- Elnwishy N. H., 2008.** Effectiveness of Fish Culture Implementation to Improve Irrigation Water Quality. *International Journal of Agriculture and Biology*. 08–083/IAZ/2008/10–5–591–592. Short Communication <http://www.fspublishers.org>
- Elnwishy N. H., Mohammed S. R. and Samy M. Z., 2008.** Combating desertification through fish farming. *The Future of Drylands Proceedings of the International Scientific Conference on Desertification and Drylands Research, Tunisia 19- 21, June UNESCO*. DOI: 10.1007/978-1-4020-6970-3_46
- El Oumlouki K., Moussadek R., Zouahri A., Dakak H., Chati M. et El amrani M., 2014.** Étude de la qualité physico-chimique des eaux et des sols de la région Souss Massa, (Cas de périmètre Issen), Maroc. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S2) (2014) 2365-2374
- Endut A., Jusoh A., Ali N., Wan Nik W. B. And Hassan A., 2010.** A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource Technology* 101 (2010) 1511–1517
- FAO., 2018.** Le développement de l'aquaculture en Algérie en collaboration avec la FAO – Bilan 2008-2016. FAO, Circulaire sur les pêches et l'aquaculture n^o. 1176. Rome.
- FAOSTAT., 2022.** Site officiel des données statistiques de la FAO.

- Fathi A., 2022.** Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: A review. *Agrisost* Vol. 28, January-December 2022: 1-8. DOI: 10.5281/zenodo.7143588
- Hadeid M., Bellal S. A., Ghodbani T. et Dari W., 2018.** L'agriculture au sahara du sud-ouest algérien : entre développement agricole moderne et permanence de l'agriculture oasienne traditionnelle. *Cah. Agric.* 2018, 27, 15005 doi.org/10.1051/cagri/2017060.
- Halitim A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. OPU. Alger, 384p.
- ITDAS., 2005.** Recueil des fiches techniques de l'ITDAS. 160p.
- ITDAS., 2011.** L'agriculture en zones sahariennes. Bilan de vingt années d'acquis 1986-2006. 116p.
- Joyce A., Timmons M., Goddek S. and Pentz T., 2020.** Bacterial Relationships in Aquaponics: New Research Directions. In Goddek S, Joyce A Kotzen B and Burnell G M. *Aquaponics Food Production Systems. Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future.* Springer Open. European Cooperation in Science and Technology. pp 145-162.
- Kara H. M., 2011.** Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species *Eur J Wildl Res* (2012) 58:243–253. <https://doi.org/10.1007/s10344-011-0570-6>
- Kara H. M., Lacroix D., Sadek S., Blancheton J. P., Rey-Vallette H. et Kraiem M., 2016.** Vingt ans d'aquaculture en Afrique du Nord : évolution, bilan critique et avenir. *Cah. Agric.* 2016, 25, 160117.10.1051. <https://doi.org/10.1051/cagri/2016044>
- Khan S. A., Mulvaney R. L., Ellsworth T. R. and Boast C. W., 2007.** The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration. *Journal of Environmental Quality.* 36:1821–1832 (2007). doi:10.2134/jeq2007.0099
- Koull N. et Halilat M. T. 2016.** Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie). *Étude et Gestion des Sols*, Volume 23, 2016 - pages 9 à 19.
- Lacroix E., 2004.** Pisciculture en Zone Tropicale, *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.* 223p.

Ladha J. K., Kesava R. C., Padre A. T. and Kessel C. V., 2012. Role of Nitrogen Fertilization in Sustaining Organic Matter in Cultivated Soils. Better Crops/Vol. 96 (2012, No. 4) 24-25. www.ipni.net/ccamanual.

Lallemand-Barres A., 1980. Aménagement des sols salés. Irrigation avec des eaux salées. (Etude documentaire). Département eau. Bureau de recherches géologiques et minières.

Lejars C. and Courilleau S., 2015. Impact du développement de l'accès à l'eau souterraine sur la dynamique d'une filière irriguée. Le cas de l'oignon d'été dans le Saïs au Maroc. Cahiers Agricultures 24: 1-10. doi : 10.1684/agr.2014.0729.

Lennard W. and Goddek S., 2020. Aquaponics: The Basics. In: S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen and G. M. Burnell (Ed.) Aquaponics Food Production Systems. Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future. Springer Open. European Cooperation in Science and Technology. pp 113-143.

Licamele J. D., 2009. Biomass production and nutrient dynamics in an aquaponics system. Doctoral Dissertation. University of Arizona.

Ly M. O., Kumar D., Diouf M., Nautiyal S. et Diop T. 2014. Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas* L. cultivés en serre. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 8(1): 46-56, 2014. Available online at : <http://ajol.info/index.php/ijbcs>

MADR., 2019. Statistiques agricoles, superficies, productions et rendements Série B, 2019 (fichier Excel). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

MADR., 2021. Statistiques agricoles: superficies, productions et rendements Série B, 2019. Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. 86p.

Mahal N. K., Osterholz W. R., Miguez F. E., Poffenbarger H. J., Sawyer J. E., Olk D. C., Archontoulis S. V. and Castellano M. J., 2019. Nitrogen Fertilizer Suppresses Mineralization of Soil Organic Matter in Maize Agroecosystems. Front. Ecol. Evol. 7:59. doi: 10.3389/fevo.2019.00059

Masmoudi A., 2011. Effet de la salinité des eaux et la fréquence d'irrigation sur le sol et le végétal. Courrier du Savoir – N°11, Février 2011, pp.61-69.

Masmoudi, A., 2012. Problèmes de la salinité liés à l'irrigation dans la région Saharienne : Cas des Oasis des Ziban. Thèse de Doctorat en Sciences spécialité hydraulique. Université Mohamed Khider – Biskra.

MarceL M.P. and Luis R. M.C., 2012. World Aquaculture: Environmental Impacts and Troubleshooting Alternatives. The Scientific World Journal Volume 2012, Article ID 389623, 9 pages doi:10.1100/2012/389623.

Mihoub A., Cheloufi H. et Boukhalfa-Deraoui N., 2012. Dynamique du phosphore dans le système sol-plante (cas de blé dur) en conditions agro-climatiques sahariennes Revue des Bio Ressources. Vol 2 N 2 Décembre 2012. pp.70-78.

Nichols M. and Hilmi M., 2009. Growing vegetables for home and market. Rural Infrastructure and Agro-Industries Division Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome 2009. 89p.

ONM (Office National de la Météorologie), 1989-2018. Les bulletins Décadaires d'informations climatiques et agro météorologiques de l'Algérie.

OSS (Observatoire du Sahar et du Sahel), 2015. Pour une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation dans le bassin du SASS. Diagnostic et recommandations. Système Aquifère du Sahara Septentrional.

Palm H. W., Knaus U., Appelbaum S., Staurch S. M. and Kotzen B., 2020. Coupled Aquaponics Systems. In: S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen and G. M. Burnell (Ed.) Aquaponics Food Production Systems. Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future. Springer Open. European Cooperation in Science and Technology. pp 163-199.

Pernes-Debuyser A. et Tessier D. 2002. Influence du pH sur les propriétés des sols : l'essai de longue durée des 42 parcelles à Versailles. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 15, 27–39. <https://doi.org/10.7202/705484ar>.

Petit J., 1986. L'eau, milieu d'élevage, et sa maîtrise en aquaculture. Techniques d'élevage intensif et d'alimentation de poissons et de crustacés, FAO - Food and Agriculture Organisation, 1986. ffhal- 01600779ff.

Powlson D. S., Jenkinson D. S., Johnston A. E., Poulton P. R., Glendining M. J. and Goulding K. W. T., 2010. Comments on “Synthetic Nitrogen Fertilizers Deplete Soil

Nitrogen: A Global Dilemma for Sustainable Cereal Production” by R.L. Mulvaney, S.A. Khan, and T.R. Ellsworth in the Journal of Environmental Quality 2009 38:2295 2314. Journal of Environmental Quality. 39:1–4 (2010). doi:10.2134/jeq2010.00011e

Prévoist P., 1999. Les bases de l’agriculture, 2^{ème} édition TEC et DOC, 11, rue Lavoisier. Paris.

Rafiee Gh. and Saad Ch. R., 2005. Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis* sp.) growth in a recirculating aquaculture system. Aquaculture 244 (2005) 109– 118

Ravenel C., Surleau C., Vannetzel E. et Gravoueille L. M., 2009. La pomme de terre : de fonctionnement de la culture à l’élaboration de la qualité des tubercules. Réalisation service communi ; cation marketing ARVALIS- Institut végétal.

Rechachi M. Z., 2017. Impact de la qualité des eaux d’irrigation sur la salinisation des sols en régions arides et semi arides : cas de la région du Ziban. Thèse Doctorat en sciences agronomiques. Option : Agriculture et environnement en régions arides. Université de Mohammed Kheider – Biskra.

Rezkallah C., DJEMAI R., MAALEM S. et FEHDI C., 2014. Les effets d’irrigation par l’eau salée sur les propriétés physico-chimiques d’unsol planté avec Atriplex. halimus. Afrique SCIENCE 10(1) (2014) 139 – 144.

Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J. C., 1996. La pomme de terre : Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation. INRA ed. Paris.

Roque D'orbcastel E., Blancheton J. P., Boujard T., Aubin J., Moutounet Y., Przybyla C. and Belaud A., 2008. Comparison of two methods for evaluating waste of a flow through trout farm. Aquaculture 274 (2008) 72–79.

Rykaczewska K. 2015. The effect of high temperature occurring in subsequent stages of plant development on potato yield and tuber physiological defects. American Journal Potato Research. (2015). 92:339–349 DOI 10.1007/s12230-015-9436-x

Sahali N., Douar B., Selmani A., 2021. Analyse de l’évolution récente des cultures maraichères en Algérie. Revue Cahiers Economiques Volume : 12 – Numéro: 02 (2021), P:487-496.

- Schmautz Z., Graber A. Mathis A., Griessler Bulc T., and Junge R., 2015.** Tomato production in aquaponic system: Mass balance and nutrient recycling. Conference: Aquaculture Europe 2015 At: Rotterdam, The Netherlands Project: Mass Balance and Nutrient Recycling in Aquaponics.
- Segnou, J., Akoa, A., Youmbi, E. and Njoya, J., 2012.** Effet de La fertilisation minérale et organique sur le rendement en fruits du piment (*Capsicum Annuum* L.; Solanaceae) en zone forestiere de basse altitude au Cameroun. *Agronomie Africaine* 24 (3) : 231 - 240 (2012).
- Siebert S., Burke J., Faures J. M., Frenken K., Hoogeveen J., Doll P., and Portmann F.T. 2010.** Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 1863–1880, 2010 <http://dx.doi.org/10.5194/hess-14-1863-2010>
- Snoussi S. A. et Halitim H., 1998.** Valorisation des salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. *Etude et gestion des sols*, 5, 4, 1998-page 289-298.
- Soltner D., 1999a.** Les bases de la production végétale. Thome (II) Le climat : Météorologie-Pédologie-Conservation des sols. 08^{ème} édition.
- Soltner D., 1999b.** Les grandes production végétales. Céréals-Plantes sarclées-Prairies. 19^{ème} édition.
- Soltner D., 1999c.** Les bases de la production végétale. Thome (III) La plante et son amélioration. 2^{ème} édition.
- Soltner D., 2000.** Les bases de la production végétale. Tome (I) le sol et son amélioration, 22^e édition.
- Somerville C., Cohen M., Pantanella E., Stankus A., Lovatelli A., 2014.** Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, FAO.
- Somsak M., 2019.** Nutrient Dynamics of an Aquaponic System in Southern Thailand. *Journal of Agricultural Science*. Vol. 11, No. 17. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n17p57>
- SPRH., 2019.** Rapport annuel sur le secteur de la pêche continentale et les ressources halieutiques dans la wilaya de Biskra. (Station de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Biskra).

SPRH., 2021. Rapport annuel sur le secteur de la pêche continentale et les ressources halieutiques dans la wilaya de Biskra. (Station de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Biskra).

Stouvenakers G., Dapprich P., Massart S. and Jijakli M. H., 2020. Plant Pathogens and Control Strategies in Aquaponics. In: S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen and G. M. Burnell (Ed.) Aquaponics Food Production Systems. Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future. Springer Open. European Cooperation in Science and Technology. pp 353-378.

Strauch S. M., Wenzel L. C., Bischoff A., Dellwig O., Klein J., Schüch M., Wasenitz B. and Palm H. W., 2018. Commercial African Catfish (*Clarias gariepinus*) Recirculating Aquaculture Systems: Assessment of Element and Energy Pathways with Special Focus on the Phosphorus Cycle. Sustainability 2018, 10, 1805; doi:10.3390/su10061805.

Tabaxi T., Kakabouki L., Zisi C., Folina A., Karydogianni S., Kalivas A. and Bilalis D. 2020. Effect of organic fertilization on soil characteristics, yield and quality of Virginia tobacco in Mediterranean area. Emirates Journal of Food and Agriculture. 32(8): 610-616. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i8.2138>

Teugels G. G., 1986. A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces: Clariidae). Annales Musee Royal de L'Afrique Centrale. Science Zoolgiques, 247, 1-199.

Thirsk J. et Sanconie M., 1999. L'agriculture en Angleterre et en France de 1600 à 1800 : contacts, coïncidences et comparaisons. In: Histoire, économie et société, 1999, 18^e année, n°1. Terre et paysans. pp. 5-24; doi : <https://doi.org/10.3406/hes.1999.2014>

Thorarinsdottir R., 2015. Aquaponics Guidelines. Technical Report (August 2015) DOI: 10.13140/RG.2.1.4975.6880.

Tran-Duy A, Schrama J. W., Van Dam A. A., Verreth JAJ., 2008. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 275(1-4): 152–162. DOI:10.1016/j.aquaculture.2007.12.024

Tutiempo, 2020et 2021 : Site mondial des données météorologiques. www.tutiempo.net

Wei Liu Ch., Sung Y., Chen B-Ch. and Lai H-Y., 2014. Effects of Nitrogen Fertilizers on the Growth and Nitrate Content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2014, 11, 4427-4440; doi:10.3390/ijerph110404427.

Weimin M. and Weiwei W., 2020. Trends of Aquaculture Production and Trade: Carp, Tilapia, and Shrimp. *Asian Fisheries Science* (journal of the Asian Fisheries Society).

Yildiz H. Y., Robaina L., Pirhonen J., Mente E., Domínguez D. and Parisi G., 2017. Fish Welfare in Aquaponic Systems: Its Relation to Water Quality with an Emphasis on Feed and Faeces—A Review. *Water* 2017, 9, 13; doi:10.3390/w9010013.

Zenkri S., Kouri L., Karabi M., Kemassi A. et Ould El Hadj M.D., 2015. Agriculture saharan (Algeria): Importance, Characteristics. *International Journal of Agricultural Science and Research* 247-254.

Zenkri S., 2017. L'agriculture saharienne : Du système oasien traditionnel à l'établissement d'une conception d'économie de marché et de développement durable. Thèse Doctorat en sciences. Filière : sciences agronomiques. Université Abdelhamid Iben Badis – Mostaganem.

Zouakh D. E., Ferhane D., et Bounouni A., 2016. Intégration de la Pisciculture a l'Agriculture en Algérie: cas de la Wilaya de Ouargla. (Integration of Fish Farming to Agriculture in Algeria: case of Ouargla). *Revue des Bioressources*. 257(5757): 1-17. <https://doi.org/10.12816/0045897>

Les annexes :

Annexe 01 : Echelle utilisée à l'interprétation des résultats des analyses du sol et de l'eau.

Tableau 01: PH du sol (Baize, 1988)

Valeur de PH	Classe
<3.5	Hyper-acide
3.5 < PH < 5	Très acide
5 < PH < 6.5	Acide
6.5 < PH < 7.5	Neutre
7.5 < PH < 8.7	Basique
>8.7	Très basique

Tableau 02: Calcaire total. (Baize, 1988)

CaCO ₃ (%)	Sol
<1%	Non calcaire
1 < CaCO ₃ < 5	Peu calcaire
5 < CaCO ₃ < 25	Modérément calcaire
25 < CaCO ₃ < 50	Fortement calcaire
50 < CaCO ₃ < 80	Très fortement calcaire
>80	Excessivement calcaire

Tableau 03: Echelle de salure des extraits de la solution du sol, CE (ds/m) à 25°C. (Daoud, 2011).

Classe de salure	Type d'extrait	Non salé	Peu salé	Salé	Très salé
Pâte saturée (USSL, 1954)	1/5	<2	2 à 4	4 à 8	8 à 16
	1/10	<0.6	0.6 à 1.4	1.4 à 2.4	2.4 à 6
	1/10	<0.25	0.25 à 0.5	0.5 à 1	1 à 2

Tableau 04 : les normes d'interprétation du K assimilable (még/100g du sol). (Daoud, 2011).

Argile (%)	Grandes cultures	Cultures intensives de plein champ	Cultures protégées
10	0.38 – 0.51	0.51- 0.64	0.64
15	0.42 – 0.57	0.56 – 0.72	0.72
20	0.47 – 0.64	0.64 – 0.79	0.79
25	0.51 – 0.68	0.68 – 0.85	0.85
30	0.53 – 0.72	0.72 – 0.89	0.89
35	0.55 – 0.74	0.74 – 0.94	0.94
40	>0.77	>0.80	>0.98

Tableau 05: les normes d'interprétation de l'azote total (%). (Calvet et Villemin, 1986).

Azote total (%)	Sol
N < 0.05	Très pauvre
0.05 < N < 0.1	Pauvre
0.1 < N < 0.15	Moyen
0.15 < N < 0.25	Riche
N > 0.25	Très riche

Tableau 06 : Guide pour l'interprétation de la qualité de l'eau d'irrigation. (Ayers et Watscot, 1985)

Paramètre	Unité	Pas de problèmes	Problèmes croissants	Problèmes graves
Salinité CE	Ds/m	<0.7	0.7 – 0.3	>0.3
TDS	mg/l	<450	450 - 2000	>2000
Infiltration SAR	CE= ds/m			
0 - 3		>0.7	0.7 – 0.2	<0.2
3 – 6		>1.2	1.2 – 0.3	<0.3
6 – 12		>1.9	1.9 – 0.5	<0.5
12 – 20		>2.9	2.9 – 1.3	<1.3
20 - 40		>5.0	5.0 – 2.9	<2.9
Toxicité spécifique : Na :	SAR méq/l			
Irrigation de surface Aspersion		<3	3 – 9	>9
Cl :		<3	>3	
Irrigation de surface Aspersion		<4	4 – 10	>10
B :		<3	>3	
B :		<0.7	0.7 - 3	>3
Problèmes divers				
NO ₃ :	mg/l	<5	5 – 30	>30
HCO ₃ :				
Aspersion	méq/l	<1.5	1.5 – 8.5	>8.5
PH		Intervalle normale 6.5 – 8.4		

Tableau 07 : Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation. (Daoud et Hlitim, 1994)

CE (ds/m)	Concentration (g/l)	Evaluation USA	Evaluation Russe	Evaluation de Durand pour l'Algérie
CE <0.25	<0.2	Faiblement salé	Bonne qualité	Non saline
0.25 < CE <0.75	0.2 – 0.5	Moyennement salé		Salinité moyenne
0.75 < CE < 2.25	0.5 – 1.5	Fortement salé	Risque de salinisation	Forte salinité
2.25 < CE < 5	1.5 – 3	Très fortement salé		Très forte salinité
5 < CE <20	3 - 7	Salinité excessive	Ne peut être utilisé sans lessivage	Salinité excessive

Annexe 02 : Photos sur l'installation des essais et les analyses du sol et de l'eau.**Photo 01** : Prélèvement du sol avant l'installation de l'essai.**Photo 02** : Préparation des buttes pour la plantation des tubercules semences.



Photo 03 : Installation de réseau d'irrigation.



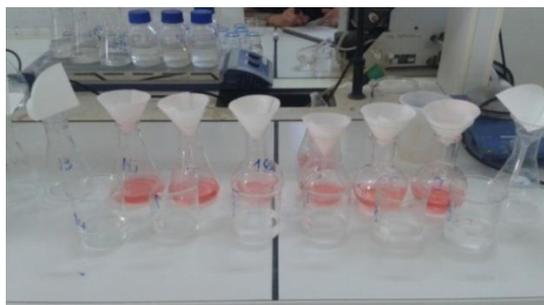
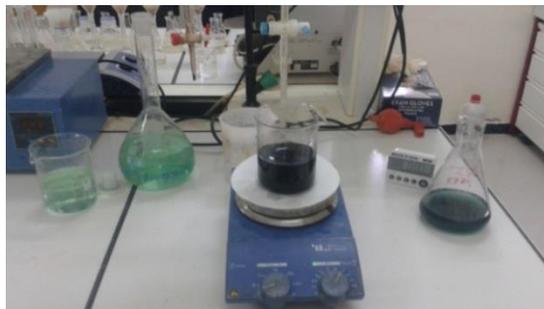
Photo 04 : La semence de la pomme de terre (variété Désirée).



Photo 05 : la plantation de la pomme de terre.



Photo 06 : Tilapia du Nil et tilapia rouge.





Photos 07 : Les analyses du sol et de l'eau.



Photo 08 : les plants du piment



Photo 09 : le repiquage des plants du piment.



Photo 10 : cueillette des fruits du piment.

Résumé

L'économie de l'eau et sa gestion rationnelle dans l'irrigation des cultures sont devenus un enjeu important pour assurer la durabilité de l'agriculture dans les régions arides et semi-arides, notamment avec les effets du changement climatique sur ces régions. Ce travail a été réalisé au niveau de l'Institut Technique pour le Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS), son objectif est d'étudier l'impact de l'utilisation des eaux issues de la pisciculture dans l'irrigation des cultures maraichères (pomme de terre et piment sous serres) dans des conditions de salinité (sol et eau d'irrigation), dans cette expérimentation nous avons comparés l'effet de l'eau de la pisciculture sur les plants et le sol par rapport à celui de l'eau de forage, les paramètres étudiés sont la hauteur des plants, le rendement en fruits et les caractéristiques physico-chimiques du sol. Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation de l'eau piscicole dans l'irrigation peut améliorer la croissance végétative des plantes cultivées et leurs rendements en fruits, en plus il peut exercer un effet bénéfique sur le sol par l'augmentation du taux de la matière organique, le taux de l'azote total et il peut aussi diminuer le PH du sol. La valeur qu'elle peut ajouter cette pratique à l'agriculture est la réutilisation de ces eaux usées dans l'irrigation qui sont considérées comme une source en eau non conventionnelle et en même temps la réduction de l'utilisation d'engrais synthétiques dans la conduite des cultures.

Mots clés

Pisciculture, Irrigation, Cultures maraichères, Région de Biskra.

Abstract

Saving water and its rational management in crop irrigation have become an important issue to ensure the sustainability of agriculture in arid and semi-arid regions, particularly with the effects of climate change on these regions. This work was carried out at the level of the Technical Institute for the Development of Saharan Agronomy (ITDAS); its objective is to study the impact of the use of water from fish farming in the irrigation of vegetable crops. (Potatoes and peppers in greenhouses) under salinity conditions (soil and irrigation water), in this experiment we compared the effect of water from fish farming on the plants and the soil with that of drilling water, the parameters studied are the height of the plants, the fruit yield and the physico-chemical characteristics of the soil. The results obtained showed that the use of fish water in irrigation can improve the vegetative growth of cultivated plants and their fruit yields, in addition it can exert a beneficial effect on the soil by increasing the rate of organic matter, the rate of total nitrogen and it can also lower the pH of the soil. The value that this practice can add to agriculture is the reuse of this waste water in irrigation which is considered as an unconventional water source and at the same time the reduction of the use of synthetic fertilizers in the crop management.

Keywords

Fish farming, Irrigation, Vegetable crops, Biskra region.

ملخص

لقد أصبح توفير المياه وإدارتها الرشيدة في ري المحاصيل الزراعية مسألة مهمة لضمان استدامة الزراعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، لا سيما مع تأثيرات التغير المناخي على هذه المناطق. لقد تم إنجاز هذا العمل على مستوى المعهد التقني لتنمية الفلاحة الصحراوية وهدفه هو دراسة أثر استخدام مياه الاستزراع السمكي في ري محاصيل الخضر (البطاطا و الفلفل في البيوت البلاستيكية) تحت ظروف الملوحة (التربة ومياه الري)، وفي هذا الطار قمنا في هذه التجربة بمقارنة تأثير مياه تربية الأسماك على النباتات والتربة مع تأثير مياه البئر، وكانت العوامل المدروسة هي ارتفاع النباتات وإنتاجية الثمار و الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. وقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن استخدام مياه تربية الأسماك في الري يمكن أن يحسن النمو الخضري للنباتات المزروعة وإنتاجيتها من الثمار، بالإضافة إلى ذلك يمكن أن يكون له تأثير مفيد على التربة من خلال زيادة نسبة المادة العضوية ونسبة النتروجين الكلي و ويمكنه أيضاً خفض الرقم الهيدروجيني للتربة. والقيمة التي يمكن أن تضيفها هذه الممارسة إلى الزراعة هي إعادة استخدام هذه المياه العادمة في الري حيث تعتبر كمصدر للمياه الغير تقليدية وفي نفس الوقت تساهم في التقليل من استخدام الأسمدة الاصطناعية في زراعة المحاصيل.

الكلمات المفتاحية

تربية الأسماك، الري، زراعة الخضر، منطقة بسكرة.