

Etude de l'impact de l'utilisation des rejets piscicoles en agriculture (Cas de la ferme de Mekhateria)

Ladaidi Aicha¹, Hannachi Noura¹ et Abassi Mourad¹

(1) Université de Djilali Bounaama, Département d'Ecologie et d'Environnement, Wilaya de Ain Defla – Algérie

Résumé

Au cours des dernières décennies, l'aquaculture a connu un développement important dans le monde, comme de nombreuses autres activités humaines qui utilisent l'eau, elle génère des déchets liquides et solides qui, s'ils sont mal gérés, peuvent nuire à l'environnement. La gestion des ressources en eau pour l'utilisation actuelle et future devrait être un appel pour chaque utilisateur de cette précieuse source (agriculteur, pisciculteur...), et cela nécessite des stratégies de gestion intelligentes face au climat qui doivent être respectées. L'aquaculture intelligente face au climat nécessite l'utilisation d'espèces de poissons respectueuses de l'environnement tout en garantissant la durabilité des avantages futurs et présents. Par conséquent, les technologies qui tentent de réutiliser les ressources en eau dans une économie circulaire et utilisent également de l'énergie propre se sont révélées être des technologies intelligentes face au climat qui atténuent le changement climatique et améliorent les moyens de subsistance des populations. Cette étude a été réalisée pour évaluer et caractériser les rejets d'une ferme aquacole de tilapia rouge située dans la région d'Ain Defla (Algérie) d'une part et d'autre part la valorisation de ces rejets à travers une agriculture durable. Les résultats obtenus lors du suivi des rejets piscicoles et de leur réutilisation en irrigation (pour les cultures de pommes de terre, tomates et agrumes) montrent que les teneurs en nutriments (Nitrate (NO₃-), Nitrite (NO₂-), Ammonium (NH₄+), Phosphate (PO₄- 3) et également en minéraux (K⁺ , Ca⁺² ,Na⁺) sont satisfaisants et répondent aux normes nationales et internationales pour les eaux destinées à l'irrigation, quant au sol, on a observé une augmentation de la teneur en certains nutriments comme le phosphore et le potassium. Cet enrichissement du sol en minéraux et engrais organo-minéraux apportés par les déchets solides et liquides a permis d'augmenter le rendement agricole de 17% à 31% et d'améliorer la qualité des légumes et de gagner du temps pour la maturité de certains légumes comme par exemple la tomate. Dans la présente étude, la ferme aquacole de Mekhateria s'est avérée être un exemple concret en aquaculture, représentant d'une part un moyen potentiel rentable et durable de production de poisson tout en économisant une source précieuse en grandes quantités d'eau afin de la réutiliser efficacement dans l'irrigation grâce à ce qu'est appelée aquaculture intégrée à l'agriculture pour obtenir des rendements bien meilleurs par rapport aux systèmes d'irrigation non intégrés à l'aquaculture.

Mots clés : Algérie, l'Aquaculture intégrée à l'agriculture, Tilapia, Environnement, Sol, Eau, Irrigation, Durabilité, Efficacité.

Study of the impact of the use of fish waste in agriculture (Case of the Mekhateria farm)

Abstract:

In recent decades, aquaculture has experienced significant development in the world, like many other human activities that use water, it generates liquid and solid waste which, if poorly managed, can harm the environment. Managing water resources for present and future use should be a call for every user of this most precious source (farmer, fish farmer...), and it requires climate-smart management strategies that must be adhered to. Climate-smart aquaculture requires the use of environmentally friendly fish species while ensuring sustainability for future and present benefits. Therefore, technologies that attempt to reuse water resources in a circular economy and also use clean energy have proven to be climate-smart technologies that mitigate climate change and improve people's livelihoods. This study was carried out to evaluate and characterize the discharges of a red tilapia aquaculture farm located in the region of Ain Defla (Algeria) on the one hand and on the other hand the valuation of these discharges through sustainable agriculture. . The results obtained during the monitoring of fish waste and their reuse in irrigation (for potato, tomato and citrus crops) show that the levels of nutrients (Nitrate (NO₃-), Nitrite (NO₂-), Ammonium (NH₄+), Phosphate(PO₄- 3), Nitrogen(N) in water and Total Organic Carbon (TOC) and Total Nitrogen (TN) are satisfactory and meet national and international standards for water intended for irrigation, as for the soil, we have observed an increase in the content of certain nutrients such as phosphorus and potassium. This enrichment of the soil with minerals and organomineral fertilizers provided by solid and liquid waste has increased agricultural yield from 17% to 31% and improved the quality of vegetables and saved time required for the maturity of certain vegetables like tomatoes. In the present study the aquaculture farm of Mekhateria proved to be a concrete example in aquaculture, representing a potential profitable and sustainable way of fish production on the one hand and saving a precious source in large quantities of water by using it efficiently in irrigation through what is called integrated aquaculture with agriculture to achieve much better yields compared to non-integrated irrigation systems with aquaculture.

Key Words: Algeria, Integrated aquaculture-agriculture, Tilapia Environment, Soil, Water, Irrigation, Sustainability, Efficiently.

¹ Corresponding author: ladaidi14@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Le changement climatique est devenu actuellement une menace réelle pour l'humanité et toute vie sur la biosphère, pour limiter ses conséquences dramatiques tel que la sécheresse, les inondations et les vagues de chaleur connue depuis quelques années, il est urgent de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre résultantes de tout type de pollution de l'air de l'eau ou de sol, en limitant notamment l'utilisation des énergies fossiles et à entreprendre des actions préventives ou correctives visant à limiter le changement climatique et à améliorer la qualité de l'air de l'eau bref la vie sur cette planète. Ce défi exige la participation d'un grand nombre de secteurs d'activité y compris l'aquaculture. La production piscicole dans le monde a augmenté constamment depuis 10 ans, et de façon plus importante, dans les 5 dernières années. Pour rentabiliser leur production, les pisciculteurs ont dû intensifier leur production, ce qui a amené une augmentation des rejets dans l'environnement. Le développement de la pisciculture nécessite l'étude de l'impact environnemental de ses rejets (positif ou négatif) et ce pour estimer la rentabilité de cette activité. Les rejets piscicoles sont généralement liés aux poissons et ou au système d'élevage. Par ailleurs, en fonction de la composition de l'aliment et de sa digestibilité par les poissons, une partie sera non digérée, une partie sera excrétée sous forme solide et une autre partie sous forme dissoute liée au métabolisme du poisson [1]. Le déversement de ces rejets peut amener des changements dans les écosystèmes naturels, particulièrement l'eutrophisation des milieux aquatiques. Plusieurs travaux ont été rapportés dans la littérature sur la caractérisation et l'évaluation des rejets aquacoles et leur impact sur le milieu naturel aquatique (lac, rivière ou estuaire), à savoir le travail de C. Garidou, en 1994 [2] sur la quantification des rejets d'une ferme piscicole de loup, et celui publié par R. D'Orbcastel Emmanuelle [3] sur l'élevage des salmonidés. Tous ces travaux ont démontré que l'évacuation des rejets piscicoles entraîne un déséquilibre écologique à travers le phénomène de l'eutrophisation des milieux aquatiques. Notamment, ce phénomène peut conduire à des blooms phytoplanctoniques, une diminution de la concentration en oxygène dissous, divers problèmes d'esthétique et d'odeurs, la perte ou la modification d'un habitat, la mortalité des poissons, le déplacement des espèces, la perte d'usage récréo-touristiques et la perte d'évaluation des propriétés riveraines ([4]. Est-ce le cas pour les milieux terrestres ? Dans cette optique s'inscrit notre étude dont l'objectif principal est l'évaluation de l'impact des rejets piscicoles (négatives ou positives) engendrées par une ferme aquacole située dans la commune de Mekhateria sur le milieu récepteur (dans notre cas des terres agricoles avoisinantes de la ferme en question). Pour réaliser notre étude on s'est penché sur deux volets : le premier volet concerne l'eau d'irrigation issue de l'élevage de tilapia et le deuxième volet concerne le milieu récepteur c'est à dire le sol agricole avoisinant la ferme aquacole. En premier lieu On s'est intéressé à la caractérisation de l'eau destinée à l'élevage, ensuite au suivi de la qualité des rejets issues des différents bassins. En second lieu on s'est focalisé au devenir de ces rejets piscicoles, il s'agit d'évaluer l'état du sol agricole irrigué par ce type des eaux.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Lieu d'étude

Notre étude a été conduite pendant la période allant du 23 /03 au 07 juillet 2023 dans la ferme de Mekhateria située dans la commune de Mekhateria à 16 km de la région d'Ain Defla (région à vocation agricole par excellence (figure 1), ses coordonnées géographiques sont :

- ✓ Altitude 455 ; Latitude 36°17'37" Nord ; Longitude 1°56'41" Est



Fig.1. Localisation de la zone d'étude (commune de Mekhateria) sur la carte géographique de l'Algérie et sur Google Maps.

La région de Mekhateria se caractérise par un climat semi-aride sec et chaud avec un caractère de continentalité très marqué et un écart de température de 20°C entre les températures du mois de janvier et celle d'Août. L'été s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chaud à partir du mois de mai. La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an.

2.2. Matériel animal

La ferme contient deux espèces : tilapia rouge (*Oreochromis sp*) et tilapia de Nil gris (*Oreochromis niloticus*) réparties sur six bassins. Sachant que la Tilapia est l'une des poissons le plus largement élevé en Algérie et dans le monde et sa production augmente à un rythme élevé : 400 000 t en 1990, 1 800 000 t en 2004 [5]. Il est connu pour son adaptabilité constatée à tous les systèmes d'élevage, lié à cela sa période de ponte étalée sur toute l'année. De même cette espèce est connue par sa résistance vis à vis des pathogènes, et sa capacité à supporter les situations de stress et les différentes manipulations associées à l'aquaculture [6]. Outre les avantages précités, *Oreochromis Niloticus* possède un taux de croissance très intéressant, voire même unique par rapport aux autres espèces de la famille des cichlides, en plus d'un bon taux de conversion alimentaire associé à une excellente aptitude à accepter l'aliment artificiel [7,8].

2.3. Description des systèmes d'élevage et d'irrigation de production étudiés

Il s'agit d'un système d'élevage traditionnel à circuit ouvert qui renferme six bassins en bétons. L'eau circule dans tous les bassins à travers des petites ouvertures quant aux tilapias leur déplacement est restreint aux bassins N° 3,4,5 et 6. Les tilapias dans les six bassins sont nourris deux fois par jours à 8h00 et 14h00. L'aliment contient 32% de protéines et distribué à différents calibres selon le cycle la taille de l'espèce (poudre fine ou des granulés à 2mm de diamètre). La gestion de l'eau au sein des bassins a consisté au renouvellement du volume d'eau rejetée et utilisée en irrigation, une à deux fois par semaine durant l'essai, par pompage d'eau du forage à proximité et à raison de 10 litre d'eau /seconde. On a rassemblé dans les tableau1 des données concernant le système d'élevage.

Tableau 1- Caractéristiques du Système d'Élevage Étudié à La Ferme Mekhateria.

	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3	Bassin 4	Bassin 5	Bassin 6
Nombre du poisson	6000	4500	3000	8000	2000	1000
Durée du Cycle (âge de poisson en mois)	7	2-3	2-7	4	2-6	2-7
Catégorie du poisson	Homogène gris	Homogène Rouge	Hétérogène Rouge	Homogène Rouge	Hétérogène Rouge	Hétérogène Rouge
Longueur du bassin (m)	6	7	8	6	7	6
Largeur du bassin (m)	5	7	12	8	6	5
Densité du poisson (individu/poisson)/m²	200	9	31	166	47	33
Taux de mortalité du poisson(%)	/	/	0.13	0.15	/	/

Quant au deuxième tableau on a regroupé quelques données agricoles du site de plantation étudié

Tableau 2 - Données Agricoles Des Sites De Plantation Étudiés.

Variété cultivée	Pommes de terre	Tomates
	Spunta	Ercole
La superficie de la terre cultivée	5 hectares	3 hectares
Engrais utilisé	Urée 46% (1.5 q) NPK (15*15*15) 1.5q	2.5q NPK (15*15*15) 1.5q
Volume d'irrigation	115 m ³ /j/h	112 m ³ /j/h
Mode d'irrigation	Par aspersion	Goutte à goutte

2.4. Conduite des essais

Notre étude comporte deux volets, le premier volet est réservé à la caractérisation des eaux de rejet quant au deuxième volet est réservé au devenir de ces rejets dans le milieu récepteur (sol agricole).

2.4.1. Analyse des eaux d'élevage et des rejets piscicoles

L'eau est le facteur clé de la pisciculture, il peut jouer plusieurs rôles dans l'élevage, pour la caractérisation des eaux d'élevage et de rejets, des mesures in situ ont été faites notamment la température, le pH, la conductivité, la salinité, l'oxygène dissous à l'aide d'un multi paramètres HACH (SL1000), pour le reste des paramètres physico-

chimiques, des prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués à l'aide de bouteilles en plastique. Ces bouteilles sont emballées dans du papier aluminium et transportées dans une glacière à 4°C au laboratoire pour les autres analyses caractérisant la pollution tel que les matières en suspension, la turbidimétrie, la demande biologique en oxygène DBO₅, la demande chimique en oxygène les nitrates, les nitrites NO₂⁻, l'ortho phosphate (PO₄³⁻) et l'ammonium (NH₄⁺) ainsi que le dosage de quelques minéraux (Mg²⁺, Na⁺, K⁺). Les mesures ont été effectuées une fois par mois en utilisant les méthodes conventionnelles soit spectrophotométrique ou volumétriques.

2.4.2 Analyse du sol agricole

Pour évaluer l'impact des rejets piscicoles Il nous est apparu intéressant de caractériser le sol adjacent de la ferme aquacole siège de différent culture (pomme de terre, tomate, blé et agrumes) et ce pour avoir une idée la qualité du sol nu d'une part et d'autre part le sol cultivé et irriguée par ces rejets, car selon Boileau, 2007 [9] l'état de santé du sols se répercute inévitablement sur la santé des écosystèmes et sur la productivité des espèces cultivées. Dans notre étude on s'est limité au suivi des caractéristiques du sol cultivé en pomme de terre (E1), au sol cultivé en tomate (E2) et au sol de référence (E0) sol nu ou il n'Ya pas de plantation durant 4 mois. Les échantillons du sol des parcelles maraîchères et du sol nu ont été prélevés à une profondeur de 0,3 m à l'aide d'une tarière de chaque parcelle. Les échantillons collectés ont été emballés dans des sacs en plastique ensuite acheminés au laboratoire et analysés en triple en termes de pH, conductivité, la matière organique, calcaire, l'azote total (NT) et le phosphate total (PT) et la teneur en minéraux (Na⁺ et K⁺).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Qualité des eaux d'élevage et des rejets piscicoles

Généralement les caractéristiques des rejets d'une activité humaine dépendent de type de l'activité en question et du volume des effluents régénérés, en aquaculture les rejets piscicoles dépendent du type de système d'élevage mis en jeu. Il a été rapporté selon plusieurs auteurs [10-14] que quel que soit le système d'élevage (que ce soit à circuit ouvert, semi-ouvert ou encore re-circulé), les rejets peuvent être regroupés en trois types : ponctuels (solides, particuliers, dissous), diffus (principalement sous forme dissoute) et gazeux. Leur quantité et qualité dépendent du système d'élevage, de l'usage d'un aliment et de sa composition (digestibilité), ainsi que des conditions physiques et climatiques du milieu [15] et sans négliger l'espèce en question et la durée du stockage de ces rejets avant leur évacuation dans le milieu récepteur. Les résultats obtenus du suivi de la qualité physico-chimiques des eaux d'élevage et des rejets sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 3 - Résultats Du Suivi Des Différents Paramètres Physico-Chimiques De L'eau De Forage (Destinée Pour L'élevage De Tilapia) Et Des Rejets Piscicoles.

Type d'eau	Paramètre	pH	T°C	CE (µS/cm)	Turbidité é (NTU)	Salinité é (‰)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
EF	$\bar{x} \pm \sigma$	7.52±	22.13±	1228.16±	8.99±	0.64±	138.22±	32.67±	72.4±	2.04±
		0.42	4.23	91.08	6.01	0.006	11.5	5.17	3.57	0.21
ER	$\bar{x} \pm \sigma$	7.69±	22.92±	1238.19±	15.94±	0.64±	139.77±	30.54±	71.34±	2.07±
		0.39	4.18	63.9	6.78	0.008	11.62	2.75	9.02	0.11
Normes	Algériennes (JORA2012)	6.5 8.5	- /	3	/	/	/	/	/	/
	OMS2006 /	6.5	- ≤30	≤3	/	/	400	60.75	960	2
	FAO2012	8.5								

X; Valeur moyenne, σ; Ecart type

Tableau 4 - Résultats Du Suivi Des Différents Paramètres De Pollution De L'eau De Forage Et Des Rejets Piscicoles Respectivement.

Paramètre	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	PT (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ⁻³ (mg/l)	MO (%)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	SAR
$\bar{x} \pm \sigma$	0.02± 0.02	6.93± 0.47	0.02± 0.003	0.71± 0.05	209.30± 10.11	0.03± 0	3.1± 1.66	17.10± 2.79	17.5± 3.41	4.01± 2.32	5.58± 0.24
$\bar{x} \pm \sigma$	0.09± 0.05	5.09± 0.31	0.08± 0.03	1.47± 0.22	210.88± 7.76	0.03±0	3.43 ±2.6 3	30.2±14. 85	75.5±5.66	20±4.14	5.47±0. 44
Normes Algériennes (JORA2012)	<2	30	/	/	/	/	/	30	90	30	/
Normes OMS 2006 / FAO2012	/	10	/	/	500	/	/	<100	/	<400	<8

SAR=Na/√((Ca+Mg) / 2)) ; EF ; eau de forage ; ER ; eau de rejet

Au première vue des résultats du tableau ci-dessus on note que les eaux de forage et les eaux de rejets sont sensiblement identiques en terme des paramètres physique tel le pH, la conductivité, la salinité et la température et sont quasi semblables point de vue bilan ionique (des teneurs presque identiques ont été enregistrées en entrée (eau de forage destinée à l'élevage) et à la sortie des bassins d'élevage (eau des rejets piscicole) en terme de certains minéraux tel que le potassium K⁺, Mg⁺². on cite par exemple, une valeur maximale de l'ordre de 2.25 mg/l a été repérée dans l'eau de forage et de l'ordre de 2.18 mg/l. Cette invariabilité signifie que ces éléments n'ont pas subi d'échange entre les poissons et le milieu d'élevage. Concernant les éléments nutritifs, ces rejets apportent une charge moyenne non négligente : soit 8.44 mg/l en azote totale, 1.47 mg/l en Phosphore, 30.2 mg/l en MES, 3.45 mg/l en MO, 75,5 mg/l en DCO et 20 mg/l en DBO₅. Ces charges sont à l'origine des aliments et augmentent particulièrement en fonction de séjour de ces matières dans les bassins d'élevage.

Comme ces rejets sont destinés à l'irrigation on a déterminé la concentration de sodium dans l'eau d'irrigation estimée par le ratio d'absorption du sodium (RAS). Le RAS obtenu se situe entre 0 et 6, en se référant aux normes d'irrigation ces rejets peuvent être généralement utilisés sur tout type de sol [16]. Ces eaux sont classées en C2 selon la Classification basée sur la concentration totale en sels, [17].

L'étude de la qualité des rejets a révélé qu'il s'agit des effluents très dilués par rapport à d'autres champs d'activités, pour une charge de 32 kg poissons / m³, il y a un déversement de 1,87g MES /kg poissons, de 0, 26 g NT/ kg poissons et 0, 04 g PT /kg poissons. Nos résultats concordent avec ceux trouvés par Cripps en 1994[18] et Ouellet en 1998[19]. Si on les compare à des rejets urbains, les rejets aquacoles sont caractérisés par une extrême dilution des polluants dissous et particuliers mais aussi par une concentration en oxygène dissous généralement proche de la saturation [20]. Beaucoup moins concentrés en matières en suspension (MES), leur demande en oxygène (demande chimique en oxygène DCO calculée à partir de la concentration en carbone organique total COT est de quelques dizaines de mg/l, donc 10 à 20 fois moins importante qu'un effluent urbain standard dont la DCO se situe entre 500 et 1 000 mg/l [21,22].

3.2. Qualité du sol

Les résultats concernant de la caractérisation du sol et le suivi des nutriments issus des rejets piscicoles dans les sols étudiés sont présentés et discutés dans la section suivante

3.2.1. Texture et Caractéristiques physico-chimiques du sol du site expérimental

Le sol du site nu avant essai est minéralogiquement constitué de : 34% d'argile, 34.2% de sable et 31.8% de limon, il s'agit d'un sol limon argileux. Ce type de sol a une texture fine et relativement fertile. Il a une bonne rétention d'eau, ce qui peut être bénéfique pour la croissance des plantes. Selon les normes, un sol limoneux argileux est considéré comme favorable à l'agriculture et à la culture des plantes.

3.2.2. Impact des rejets piscicoles sur les sols agricoles adjacents

La caractérisation physicochimique du sol de référence (sol nu) avant l'application des rejets résumée dans le tableau 4 révèle qu'il s'agit d'un sol :

- ✓ Non salé D'après les normes élaborées par Aubert en 1978 [23],
- ✓ Peu calcaire car il ne dépasse pas 5% [24] et avec pH neutre, selon la classification de Baize, 2000 [25], et qui est favorable pour l'assimilation des micros nutriments aux plantes

- ✓ Qui renferme un taux de matière organique faible, selon Morand, 2001[26].
- ✓ Présentant des teneurs moyennement pourvu en éléments nutritifs en azote [27], et en phosphore [28] et teneurs faible en carbone 29].
- ✓ Dont les teneurs du potassium et du sodium sont très élevées (sol excessivement riche en K+)

Tableau 5 - Propriétés Physico-Chimiques du Sol Avant et Après Application des Rejets Piscicoles Pour Les Parcelles de Pommes de Terre E1 et de Tomates E2 Comparés au Sol Nu E0.

E	pH	CE μS/Cm	Humidité %	%calcaire	N(‰)	%C	%MO	P (ppm)	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)
E0	7.26	307	2	4.15	1.02	0.61	1.05	178.5	213.85	535.80
E1	7.95	371	5	2	1.7	5.23	9	419.83	285.14	401.85
E2	7.98	707	13	9	1.5	1.6	2	357.24	570.28	736.73

Les résultats du suivi de l'apport des éléments nutritifs contenus dans les eaux de rejets piscicoles aux terres agricoles adjacentes révèlent que l'irrigation par les rejets piscicoles a conduit à des variations en termes de certains paramètres et en termes de teneurs en éléments nutritifs, une augmentation de la conductivité dans les deux sols a été enregistrée pour atteindre une valeur maximale de l'ordre de 371 μS/Cm pour le sol E1 et de 707 μS/Cm pour le sol E2 comparée au sol nu avec une conductivité de l'ordre de 307 μS/Cm, cette augmentation est probablement peut être expliquée par le cumul dû à l'apport des différents anions et cations (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, HCO₃⁻...etc.) contenus dans ces rejets, quant aux éléments nutritifs on a noté des teneurs importantes en terme d'azote et en phosphore dans les deux sols, on a repéré une teneur en azote de l'ordre de 1.7(‰) et de 1.5(‰) pour les sols E1 et E2 respectivement et des teneurs de l'ordre de 419.83 et 357.24 ppm en phosphore, concernant le troisième élément nécessaire à la croissance des solanacées étudiées ainsi que toutes plantes, les résultats indiquent que les sols sont enrichis en potassium et présentent des teneurs qui dépassent 400 ppm pour les deux sols. Ces teneurs sont à l'origine des rejets piscicoles riches en phosphores, potassium et en azote et également de l'apport des engrais appliqués (urée 46% et l'engrais composé NPK). Notons que ces variations enregistrées sont influencées par le mode d'irrigation, le volume d'eau irriguée, les besoins de chaque culture et les anciennes pratiques de plantation. Concernant le pH des sols cultivés étudiés, les résultats révèlent que la neutralité des sols est légèrement affectée par ces apports, les deux sols E1 et E2 présentent le même profil et gardent le caractère neutre sauf pour la période en 07 avril ou on a enregistré un pH alcalin qui oscille entre 8.15 et 8.26, cette augmentation est peut-être expliquée par l'apport élevé en terme de carbonate issue de l'eau d'irrigation. Les pommes de terre préfèrent les sols ayant un pH de 5,5 à 7,0 et une faible salinité. Cependant, dans la pratique, les pommes de terre sont cultivées dans des sols dont le pH varie entre 4,5 et 8,5, ce qui a un impact certain sur la disponibilité de certains nutriments. Quant à la tomate, elle tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH (niveau d'acidité), mais pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 et où l'approvisionnement en éléments nutritifs est adéquat et suffisant [30], des pH plus bas ou plus élevés peuvent induire des carences minérales ou des toxicités [31]. Il a été rapporté par Merdaci et Atia, 2006 [32]. que le rendement varie peu avec la variation du pH, cependant, elle peut être cultivée sur des sols à pH basique, qui sont d'ailleurs les plus rencontrés en Algérie. Les stocks des sols en nutriments fertilisants tel que l'azote, le phosphore et la matière organique, dépendent bien entendu de l'élément considéré et du cycle culturel de l'espèce cultivée, du climat et du sol et sa capacité à retenir ces éléments issus de l'eau des rejets piscicoles. A noter que Les quantités d'eau consommées varient en cours de végétation, elles sont faibles au début, très élevées au moment de la formation des stolons et des tubercules (50 à 60 jours après plantation) et minimales lors de la maturation. On a décelé une augmentation de la teneur en matière organique pour les deux sols E1 et E2 du 23/03 au 02/04, alors qu'en période du 02 /04 au 17/04 on a enregistré une chute qui correspond à une forte activité des sols en question, ce que nous avons pu conclure de tout ce qui précède que l'utilisation des rejets liquides provenant des six bassins d'élevage de tilapia pour l'irrigation des légumes sous divers régimes de fertilisation avait un impact significatif sur la qualité du sol en couvrant les besoins des espèces cultivées et en assurant par conséquent des rendements satisfaisants en ces légumes comme le montre le tableau 6

Tableau 6 - Données Rassemblant Quelques Résultats Concernant Le Rendement et Les Caractéristiques de Chaque Culture

	Variété de pommes de terre Spunta	Variété de tomate Ercole
Date de Récolte	27 Mai	07 juillet
Le rendement%	450 q/ha avec gain de 31%	800 q /ha avec gain de 17%
La durée de cycle végétatif	6 mois	4 mois

L'analyse de ce tableau nous donne un aperçu sur l'impact positif de ces rejets sur les espèces cultivées point de vue :

- Rendement, des rendements considérables et élevés (17% à 31%) ont été obtenus par rapport à ceux irrigués par l'eau de forage dans les années précédentes.
- Qualité : une amélioration gustative remarquable et significative des légumes récoltés a été constatée
- Gain de temps d'un mois de récolte et en matière d'engrais chimique (gain de 53%).

CONCLUSION

Au terme de cette étude, les conclusions que nous avons pu dégager sont les suivantes :

la ferme aquacole de Mekhateria s'est avérée être un exemple concret de la complémentarité entre l'aquaculture et l'agriculture, représentant un moyen potentiel rentable et durable de production de poisson d'une part tout en économisant une source précieuse en grandes quantités d'eau afin de la réutiliser efficacement dans l'irrigation et obtenir des rendements bien meilleurs en terme de goût et de qualité des plantes cultivées par rapport aux systèmes d'irrigation non intégrés à l'aquaculture d'autre part, en revanche Comme toute activité humaine, la pisciculture peut avoir des impacts sur le milieu récepteur. Cependant, lorsqu'on évacue ces rejets dans les sols agricoles, ils présentent un effet positif, l'étude que nous avons menée confirme que ces rejets sont riches en éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la majorité des plantes, cette richesse est à la base des eaux de rejet d'élevage contenant la matière fécale et une partie non consommée par les poissons riches en phosphore, en azote, en matière organique et en oligoélément. Si on compare cette activité à d'autres, la pisciculture n'est pas particulièrement polluante bien au contraire elle est bénéfique avec un impact positif sur le milieu terrestre récepteur, elle représente un haut potentiel fertilisant.

Une gestion optimale de l'alimentation des poissons est la façon la plus efficace qui peut aider au pilotage de ces rejets dans l'environnement. La pisciculture en plus d'être un élément de sécurisation alimentaire et de diversification des revenus, elle joue un rôle écologique au travers le recyclage des rejets d'élevage et des sous-produits. L'aquaculture intégrée à l'agriculture est l'une des solutions novatrices actuellement proposées pour assurer le recyclage des rejets piscicoles, ainsi qu'une gestion écosystémique des Systèmes aquacoles. Pour promouvoir ce système d'aquaculture il serait souhaitable de réaliser plusieurs essais concernant la gestion de ces rejets en termes de teneur du phosphore et de l'azote et d'autres éléments nutritifs selon les besoins nutritionnels de la plante à cultiver et d'étudier l'interaction de la qualité d'eau d'élevage et la qualité de rejets pour pouvoir modéliser ces rejets pour les utiliser plus efficacement. Il s'avère donc primordial que l'aquaculture s'accompagne dorénavant de méthodes d'élevage plus respectueuses de l'environnement.

REFERENCES

- [1] H. Ackefors, M. Enell, Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *Ambio*, 19(1990)28-35.
- [2] C. Garidou, Quantification des rejets d'une ferme piscicole de loup (*Dicentrarchus labrax* L.). Bilan de masse : N, P et C. Mémoire de fin d'études, IFREMER, [en ligne], <http://archimer.ifremer.fr/doc/1994/rapport-1752.pdf>
- [3] R. D'Orbcastel Emmanuelle, Optimisation de deux systèmes de production piscicole : biotransformation des nutriments et gestion des rejets, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse 2008
- [4] Ouellet, G. Les rejets des stations piscicoles et leurs impacts environnementaux, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de l'innovation et des technologies, Québec, 1999.
- [5] J. Lazard, : Aquaculture et espèce introduites : exemple de la domestication, ex des Tilapias. *Cahiers Agricultures*, vol, 16n°2, 2007, pp.123-124.
- [6] A. Mary, Infestation of Ectoparasites on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in aquaculture production in the Ashanti region, Ghana., Master of Science in International Fisheries management, University of Tromsø 2006.

- [7] M. Azaza S, F. Mensi, A. Abdelwaheb, M. Kraiem, Elaboration d'aliments secs pour Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud Tunisien, 32 (2005) 23-30.
- [8] M. Azaza S, Optimisation de l'élevage intensif du Tilapia de Nil *Oreochromis niloticus*(L., 1785), dans les eaux géothermales de Sud Tunisien : Effet de l'alimentation et de la température sur les performances de croissance. Thèse de doctorat, Université Tunis 2009.
- [9] Boileau. (-Diminuer les dommages au sol, Une question de productivité forestière, 2007, pp. 30- 31.
- [10] [D. Jamu M, O. Msiska V.Chaulage des étangs de pisciculture au Malawi : étude comparative des étangs chaulés et non chaulés, In Pulli, R.S.V., Lazard J., Legendre M, 1996.
- [11] D. Jamu M, R. Piedrahita H., Aquaculture pond modeling for analysis of integrated Aquaculture/Agriculture systems : Fishpond Organic Matter and Nitrogen dynamics,1997.
- [12] D. Jamu M, R. Piedrahita H, An organic matter and nitrogen dynamics model for the ecological analysis of integrated aquaculture/agriculture systems: I model development and calibration. *Environmental modelling& Software*, 17(2002),571-582.
- [13] D. Jamu M, R. Piedrahita H, An organic matter and nitrogen dynamics model for the ecological analysis of integrated aquaculture/agriculture systems: I model development and calibration. *Environmental modelling& Software*, 17(2002)583-592.
- [14] M. Verdegem C.J, Nutrient balance in ponds. In: Van der Zijp A.J., Verreth J.A.J., Le Quang Tri, Van Mensvoort M.E.F., Bosma R.H., Beveridge M.C.M. (Eds), *Fish ponds in farming systems*, Wageningen Academic Publishers, Wageningen (Netherlands), 2007, pp.71-75.
- [15] H. Ackefors, M. Enell., The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in Nordic countries. *Journal of Applied Ichthyology*, 10 (1994) 225-241
- [16] D. Maynard N, G. Hochmuth J, Knott's Handbook for Vegetable growers,1997, pp. 582.
- [17] R. Ayers S, D. Westcot W, Water quality for agriculture – Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nation. FAO irrigation and drainage paper (1976) 29.
- [18] S. Cripps J, Minimizing outputs: treatment. *Journal of Applied Ichthyology*, 102 (1994) 84-294.
- [19] G. Ouellet., Caractérisation des effluents de stations piscicoles québécoises. Document de travail :Agriculture, Pêcheries et Alimentation ,Québec, 1998, pp. 38.
- [20] Pagand, Traitement des effluents piscicoles marins par lagunage à haut rendement algal. Thèse de doctorat, Université de Montpellier,1999.
- [21] B. EL Hamoury, J. Jellal, H. Outabiht, B. NEBRI, K. Khallayoune, A. Benkerroum, A. Hatli, R. Firadi, The performance of a high rate algal pond in the marrocan climate. *Wat. Sci. Tech*, 31 (1995), 67-74.
- [22] M. Abissy, L. Mandi, Utilisation des plantes aquatiques enracinées pour le traitement des eaux usées urbaines : cas du Roseau. *Rev. Sci. Eau*, 12(1999), 285-316.
- [23] G. Aubert, Méthodes d'analyses des sols. 2ème Edition, Centre régional de Documentation Pédagogique, CRDP Marseille, 1978, pp.191.
- [24] J. Lambert, Analyse des sols et des végétaux. Laboratoire d'agriculture. Manuel,1975.
- [25] D.Baize, ,Guide des analyses en pédologie, 2ème Ed. France, INRA Editions, 2000, pp. 257.
- [26] [26] D. Morand T., Soil landscape of the woodburn 1:100000 sheet. Department of land, 2001.
- [27] G. Calvet, P. Villemin, Interprétation des analyses de terre. SCPA (Ed.), 1986, pp. 24-25.
- [28] S. Olsen, R. C. Cole V, F. Watanabe S, L. Dean A, Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. of Agric. Circ, 1954, pp.939.
- [29] D. Baize, Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Editions Paris, 1988, pp. 172
- [30] N. Shankara, J. de Jeude, M. de Goffau, M. Hilmi, B. van Dam, La culture de la tomate production, transformation et commercialisation, 2005 ,pp.105.
- [31] V. Der Vossen H, R. Nono-Womdim , Messiaen CM, *Lycopersicon esculentum* Mill. In *Prota 2: Végétales/Légumes*, Grubben, GJH, Denton OA (eds). *Prota*: Wageningen, Pays Bas, 2004.
- [32] A. Merdaci, S. Atia., L'étude de la fertilisation organique ovine et ses impacts sur la production de la tomate sous serre en milieu salin, Mémoire Ing, université Biskra 2006.