



MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Faculté: Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département: Biologie

Spécialité: Ecopédologie et Environnement

Intitulé du thème

**Impact de l'irrigation par les eaux piscicoles sur les
peuplements faunistiques du sol et les rendements de
deux légumineuses**

Soutenu le : 22 /06/2017

Présenté par :

- MOHAMEDI Ammar
- HEMRI Mustapha

Devant le Jury

Président : M^f. MOKABLI A.

Grade: Professeur

Promoteur: M^{elle}. TIRCHI N.

Grade : MCB

Examineurs :

- M^f. KARAHACHANE T.
- M^f. DJEZZAR M.

Grade: MCB

Grade: MCB



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A l'être le plus cher du monde ma mère qui est pour un bel exemple de courage, de sagesse et de sens du devoir, les mots sont bien trop faibles pour lui exprimer toute ma reconnaissance. Que dieu la garde et la protège.

A mon cher père pour son sacrifice et compréhension.

A mes chers frères Yahya, Abd elkader, Zouhir, Djloul, Khaled, Abd Elfateh, Ridha, Lotfi et Sid Ahmed

A ma fiancée S. B. et toute la famille Beggar.

Pour mes très chers amis : Yacine, Mohamed, Amine, Hocine, Bachir, Simo, Khaled, Ahmed, Laid, Alla Edine

A mon binôme Ammar

A tous mes camarades de la promotion 2016 /2017

Mustapha



Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail nous tenant à remercier tout d'abord notre promotrice M^{elle} TIRCHI Nadia, pour son encadrement, sa précieuse aide, son appui et ses conseils.

Nous tenons également à remercier Mr MOKABLI A., Professeur à l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana pour ses orientations mais également pour avoir accepté de présider notre jury.

Nos remerciements s'adressent à Mr KARAHACHE T. et Mr DJEZZAR M., maîtres de conférences à l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana d'avoir accepté d'examiner ce travail.

On remercie M^{elle} MEKHATI Wahiba, Ingénieur de laboratoire « Eau Roche Plante »

Nous tenant également à exprimer nos remerciements :

A tous les enseignants de l'Université de Khemis Miliana, particulièrement aux enseignants de département de biologie.

En fin, nous remercions les amis et les étudiants de département pour leur soutien en particulier nos amis les plus proches de notre promotion, ainsi qu' à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

SOMMAIRE

Introduction	1
CHAPITRE I : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES	
I.1. Intégration de la pisciculture à l'agriculture.....	3
I.1.1. Définition de la pisciculture.....	3
I.1.2. La pisciculture intégrée à l'agriculture.....	3
I.1.3.1. Intégration de la pisciculture à la production végétale.....	3
I.1.4.2. Intégration de la pisciculture à la production animale.....	3
I.1.5. Objectifs de l'intégration de la pisciculture à l'agriculture.....	4
I.1.4. Exemples d'intégration de la pisciculture à l'agriculture.....	4
I.1.4.1. Dans le monde.....	4
I.1.4.2. En Algérie.....	6
I.2. La faune du sol.....	6
1.2.1. Définition du sol.....	6
1.2.2. Définition de la pédofaune.....	6
I.2.3. Diversité systématique de la pédofaune.....	7
I.2.4. Diversité de la taille de la pédofaune.....	7
I.2.4.1. La microfaune.....	7
I.2.4.2. La mésofaune.....	7
1.2.4.3. La macrofaune.....	8
I.2.4.4. La mégafaune (vertébrés).....	9
I.2.5. Rôles de la pédofaune.....	9
I.3. Quelques données sur les cultures de la fève et du pois.....	10
I.3.1. La fève.....	10
I.3.1.1. Origine et évolution.....	10
I.3.1.2. Position systématique.....	11
I.3.1.3. Cycle biologique.....	11
I.3.1.4. Importance de la culture.....	11
I.3.2. Le petit pois.....	12
I.3.2.1. Origine et historique.....	12
I.3.2.2. Etymologie.....	12
I.3.2.3. Taxonomie.....	12
I.3.2.4. Description botanique.....	13

I.3.2.5. Importance de la culture de pois.....	13
I.3.2.5.1. Intérêt nutritif.....	13
I.3.2.5.2. Intérêt agronomique.....	13
I.3.2.5.3. La production de petit pois.....	14

CHAPITRE II : REGION D'ETUDE

II.1. Présentation de la région d'étude.....	15
II.1.1. Limites géographiques de la wilaya.....	15
II.2. Caractéristiques climatiques.....	16
II.2.1. Température.....	16
II.2.2. Pluviométrie.....	16
II.2.2.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	17
II.2.3. Vent.....	18
II.2.4. Humidité relative.....	19
II.3. Caractéristiques pédologiques.....	20
II.4. Agriculture.....	20
II.5. Ressources hydriques.....	21

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

III.1. Localisation géographique du site d'étude.....	23
III.2. Cadre de réalisation du projet.....	23
III.3. Choix de la parcelle expérimentale	23
III.4. Caractéristiques du bassin d'irrigation.....	23
III.5. Préparation des parcelles.....	24
III.6. Choix des cultures	24
III.7. Itinéraire technique dans les parcelles.....	25
III.7.1. Travail du sol.....	25
III.7.2. Semis.....	25
III.7.3. Fertilisation et traitements phytosanitaires.....	25
III.7.4. Travaux d'entretien.....	26
III.7.5. Irrigation.....	26
III.8. Etude de l'effet de l'irrigation par les eaux piscicoles sur la faune du sol.....	26
III.8.1. Échantillonnage et extraction de la faune.....	26
III.8.1.1. Piégeage des Arthropodes par les pots Barber.....	26
III.8.1.1.1. Sur le terrain.....	27

III.8.1.1.2. Au laboratoire.....	29
III.8.1.2. Echantillonnage, prélèvement et comptage des lombrics.....	29
III.8.1.2.1. Sur le terrain.....	29
III.8.1.2.2. Au laboratoire.....	31
III.8.1.3. Analyse nématologique.....	31
III .8.1.3.1. Echantillonnage du sol.....	32
III .8.1.3.2. Extraction des nématodes à kystes.....	33
II .8.1.3.2. Extractions et dénombrement des nématodes libres.....	36
III.9. Effet de l'irrigation par les eaux piscicoles sur les paramètres de rendement de deux légumineuses.....	37
III.9.1. Le nombre moyen de gousses par plant.....	39
III.9.2. Poids moyen des gousses par plant.....	39
III.9.3. Poids des graines par plant.....	39
III.9.4. Poids moyen de la gousse, poids moyen des graines de chaque gousse et nombre de graines par gousse.....	39
III.10. Etude de deux paramètres édaphiques	40
III.11. Analyse statistique des résultats.....	40

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats.....	41
III.1.1. Impact des eaux piscicoles sur les peuplements faunistiques du sol.....	41
III.1.1.1. Effet sur l'abondance et la biomasse des vers de terre.....	41
III.1.1.2. Effet sur les nématodes.....	43
III.1.1.2.1. Nématodes à kystes.....	43
III.1.1.2.2. Nématodes libres.....	46
III.1.1.3. Effet sur les arthropodes.....	49
III.1.1.3.1. Effectifs et abondance relative d'arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois et en fèves en fonction des classes.....	49
III.1.1.3.2. Effectifs et abondance relative d'arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois et en fèves en fonction des ordres.....	54
III.1.1.3.3. Nombres moyens d'individus capturés par piège pour les différents ordres d'Arthropodes.....	60
III.1.2. Impact des eaux piscicoles sur les rendements de deux légumineuses.....	64
III.1.2.1. Nombre de gousses par plant.....	64

III.1.2.2. Poids des gousses par plan.....	65
III.1.2.3. Poids des graines par plant.....	67
III.1.2.4. Poids moyen de la gousse.....	68
III.1.2.4. Poids des graines par gousse.....	69
III.1.2.5. Nombre moyen des graines par gousse.....	71
III.1.3. Paramètres édaphiques du sol.....	72
III.2. Discussion.....	73
Conclusion.....	78
Résumé	
Références bibliographiques	

LISTE DES FIGURES

Figures	Titre	pages
1	Situation de la wilaya d'Ain Defla. (DSA. d'Ain Defla, 2011).	15
2	Evaluation de la température (T° moy, T° min, T° max) mensuelle durant (1979-2014) (ANRH, 2015).	16
3	La variation de pluviométrie moyenne mensuelle durant la période (1979 à 2014) (ANRH, 2016).	17
4	Diagramme Ombrothermique (1979-2014) (ANRH, 2016).	18
5	Vitesse de vents moyens mensuels en km/h (ANRH, 2016).	19
6	Humidité relative mensuelles moyennes en (%) (ANRH, 2016).	19
7	localisations géographiques des barrages de la wilaya d'Ain Defla (DSA, 2014).	22
8	principales Nappes d'eau Souterrain (ANRH, 2015).	22
9	bassin d'irrigation (original)	24
10	carte de notre zone d'étude	25
11	Emplacement des pots Barber dans chaque sous parcelle (originale)	27
12	Pots barber placés dans les parcelles étudiées (originale)	28
13	Méthode d'échantillonnage au niveau de chaque parcelle.	29
14	Prélever le volume de sol. Agir rapidement (originale)	30
15	Placer la terre sur une bâche pour préparer le tri (originale)	30
16	Vérification du fond et des bords du trou (originale)	30
17	Tri manuel des vers de terre	30
18	Lavage des vers (originale)	31
19	Séchage des vers de terre (originale)	31
20	mesure de biomasse sur une balance de précision (0.0001 g) (originale)	31
21	Méthode d'échantillonnage au niveau de chaque parcelle.	32
22	Conditionnement des échantillons (original).	32
23	Séchage des échantillons au niveau de laboratoire (original).	33
24	Extraction des kystes (original).	34
25	Récupération des kystes (original).	34
26	Récupération des kystes sous une loupe binoculaire (Original).	35
27	Boite de pétri contenant les kystes (original).	36
28	Préparation de l'échantillon. (originale)	37
29	Agitation (originale)	37
30	Récupération des nématodes (originale)	37
31	Mise en papier filtre (originale).	38
32	Phase de repos 24 à 48 heures (originale)	38
33	Nématode libre observé par microscope optique au G :X 10 (original)	38
34	Effet des eaux piscicoles sur la biomasse et l'abondance des vers de terre en	42

	culture de fève.	
35	Effet des eaux piscicoles sur la biomasse et l'abondance des vers de terre en culture de pois en m ² .	43
36	Effet des eaux piscicoles sur la l'abondance des nématodes à Kystes en culture de fève.	44
37	Effet des eaux piscicoles sur la l'abondance des nématodes à Kystes culture en culture de pois.	45
38	Effet des eaux piscicoles sur la l'abondance des nématodes libres en culture en fève.	47
39	Effet des eaux piscicoles sur la l'abondance des nématodes libres culture en pois.	48
40	Effectifs des arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en fève en fonction des classes.	51
41	la fréquence d'arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en fève en fonction des classes.	51
42	Effectifs d'arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois en fonction des classes.	53
43	la fréquence d'arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois en fonction des classes.	53
44	Nombre moyens d'individus capturés par pièges pour les différents ordres au cours du premier prélèvement dans les sous parcelles destinées pour la culture du pois.	60
45	<u>Nombre moyens d'individus capturés par pièges pour les différents ordres au cours du deuxième prélèvement dans les sous parcelles destinées pour la culture du pois.</u>	61
46	Nombre moyens d'individus capturés par pièges pour les différents ordres au cours du premier prélèvement dans les sous parcelles cultivées en .fève	62
47	<u>Nombre moyens d'individus capturés par pièges pour les différents ordres au cours du deuxième prélèvement dans les sous parcelles cultivées en .fève</u>	63
48	Nombre de gousses par plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.	64
49	Poids des gousses par plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.	66
50	Poids des graines par plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.	67
51	Poids moyen des gousses en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.	68
52	Poids des graines par gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.	70
53	Nombre de graines par gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.	71

Liste des Tableaux

Tableaux	Titre	pages
1	Texture du sol dans la wilaya	20
2	Superficies de l'occupation du sol de la wilaya.	21
3	espèces des poissons élevés dans le bassin.	24
4	Analyse de la variance au seuil de 5% des densités des kystes <i>d'Heterodera</i> et ceux de <i>Globodera</i> dans les sous parcelles destinées à la culture de fève (avant mise place de la culture).	44
5	Analyse de la variance au seuil de 5% des densités kystes <i>d'Heterodera</i> et ceux de <i>Globodera</i> en fonction de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en fève (Fin de la culture)	45
6	Analyse de la variance au seuil de 5% des densités kystes <i>d'Heterodera</i> et ceux de <i>Globodera</i> dans les sous parcelles destinées à la culture de pois (avant mise place de la culture).	46
7	Analyse de la variance au seuil de 5% des densités kystes <i>d'Heterodera</i> et ceux de <i>Globodera</i> en fonction de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en pois (Fin de la culture)	46
8	Analyse de la variance au seuil de 5% de la variabilité des nématodes libres dans les sous parcelles destinées à la culture fève (avant la mise en place de la culture).	47
9	Analyse de la variance au seuil de 5% de la variabilité des nématodes libres dans les sous parcelles cultivées en fève en fonction de la source d'eau d'irrigation (fin de la culture)	47
10	Analyse de la variance au seuil de 5% de la variabilité des nématodes libres dans les sous parcelles destinées à la culture de pois (avant la mise en place de la culture).	49
11	Analyse de la variance au seuil de 5% de la variabilité des nématodes libres dans les sous parcelles cultivées en pois en fonction de la source d'eau d'irrigation (fin de la culture)	49
12	Effectifs et abondance relative des arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en fève en fonction des classes.	50
13	Effectifs et abondance relative des arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois en fonction des classes.	52
14	Effectifs et abondance relative des arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en fèves en fonction des ordres	56
15	Effectifs et abondance relative des arthropodes récoltés dans les sous parcelles cultivées en pois en fonction des ordres	59
16	Analyse de la variance du nombre moyens d'individus capturés par piège pour les différents ordres en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois	61
17	Analyse de la variance du nombre moyens d'individus capturés par piège	63

	pour les différents ordres en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de fève	
18	Analyse de la variance au seuil de 5% de nombre de gousses/plant en fonction de l'origine de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en fève	65
19	Analyse de la variance au seuil de 5% de nombre de gousses/plant en fonction de l'origine de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en pois	65
20	Analyse de la variance au seuil de 5% de poids des gousses/plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en fève	66
21	Analyse de la variance au seuil de 5% de poids des gousses/plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en pois	66
22	Analyse de la variance au seuil de 5% de poids des graines/plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en fèves	67
23	Analyse de la variance au seuil de 5% de nombre de graines/plant en fonction de l'origine de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en pois	68
24	Analyse de la variance au seuil de 5% du poids moyen d'une gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de fève	69
25	Analyse de la variance au seuil de 5% du poids moyen d'une gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois	69
26	Résultats de test de Kruskal-Wallis relatifs à la variabilité de ; poids moyen des graines/gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de la fève.	70
27	Analyse de la variance au seuil de 5% du poids moyen d'une gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois	70
28	Résultats de test de Kruskal-Wallis relatifs à la variabilité de nombre moyen des graines/ gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de la fève.	71
29	Résultats de test de Kruskal-Wallis relatifs à la variabilité de nombre moyen des graines/ gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois.	72
30	Résultats relatifs au taux de matière organique et pH du sol de la parcelle expérimentée	72

LISTE DES ANNEXES

Abondance relative et la biomasse de lombric	Annexe a
Analyse de la variance de l'abondance et la biomasse des vers de terre en fonction de la source de l'eau d'irrigation	Annexe b
Dénombrement des kystes pleins et vides d' <i>Heterodera</i> et ceux de <i>Globodera</i>	Annexe c
Dénombrement des nématodes libres	Annexe d
Arthropodofaune inventoriée dans les deux cultures lors du premier prélèvement	Annexe e
Arthropodofaune inventoriée dans les deux cultures lors du deuxième prélèvement.	Annexe f
Photos de quelques Arthropodes inventoriés	Annexe g
Rendement estimé par des variables liés à la gousse (poids moyenne de chaque gousse, poids moyenne de graine de chaque gousse et le nombre moyenne de grain de chaque gousse)	Annexe h
Rendement estimé par la production du plant	Annexe i
Protocole utilisé pour le dosage de la matière organique	Annexe h
Protocole utilisé pour l'étude du pH du sol	Annexe j

LISTE D'ABRIVIATION

ANDI : Agence Nationale de développement de l'Investissement

ANRH : l'Agence Nationale des Ressources Hydriques.

CNTRL : Centre national de ressources textuelles et lexicales.

DPRH : directions de Pêches et Ressources Halieutiques.

DSA: Direction des services agricoles.

FAO : Organisation des Nations Unis pour l'alimentation et l'agriculture.

FT : fève témoin

Fep : fève eaux piscicoles

PT : pois témoin

Pep : pois eaux piscicoles

M : moyenne

MADR : Ministère de l'agriculture et de développement rurale direction des statistiques

MC : Carrée moyen

MPRH : Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques

P : Probabilité

SAT : Superficie agricole totale.

SAU : Superficie agricole utile.

SC : Somme des carrée.

Introduction

Introduction

Le concept de l'intégration de la production piscicole à d'autres activités (cultures, aviculture, bétail) dans le cadre des systèmes agricoles complexes, n'est pas nouveau et ses avantages sont reconnus depuis longtemps (**Pullin et Shehadeh, 1980; Little et Muir, 1987; FAO/ICLARM/IIRR, 2001**).

La pisciculture intégrée a été recommandée pour une meilleure utilisation des ressources, (eau piscicole) un meilleur revenu, un recyclage des déchets, une diminution de la pollution et une conservation de l'environnement (**Acharya et Biswas, 1996; Miller et al., 2010**). Elle est même considérée comme une solution aux problèmes socio-économiques des communautés rurales dans les pays en voie de développement dont la vie de la majorité d'entre eux dépend de l'agriculture (**Acharya et Biswas, 1996**).

La pisciculture est un aspect de l'intégration de l'agriculture et l'aquaculture. Il s'agit de la pratique de deux technologies liées dans le but d'accroître la productivité par unité d'eau utilisée (**Li et al., 2005; Ingram et al., 2000; Haylor, 1994**).

La faune du sol, que l'on répartit habituellement en fonction de la taille des organismes qui la composent en trois groupes distincts, micro-, méso- et macrofaune, recouvre de nombreux taxons, comprenant eux-mêmes des centaines voire des milliers d'espèces (**Bachelier, 1978 ; Dindal, 1990 ; Gobat et al., 2003**). C'est donc une source de biodiversité importante qu'il convient de préserver car ces organismes ont des rôles essentiels pour le maintien de la qualité du sol, que l'on peut définir comme l'aptitude à fournir un certain nombre de biens et de services écosystémiques utiles pour les sociétés humaines (**Daily et al., 1997 ; Millenium Ecosystem Assessment, 2005 ; Wall, 2004**). Ainsi, les projets d'intégration de la pisciculture à l'agriculture doivent prendre en considération les éventuels impacts sur l'équilibre biologique du sol.

En Algérie, le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques en coopération avec la FAO, a lancés plusieurs projets d'aquaculture intégrée à l'agriculture dans plusieurs wilayas du sud (**Zouakh et al., 2016**). Un projet de développement et d'intégration de l'aquaculture à l'agriculture est lancé au niveau de la wilaya d'Ain Defla vu les potentialités dont elle dispose pour investir dans un tel projet (**DPRH, 2016, Comm, pers.**). En effet, cinq grands barrages existent sur son vaste territoire : Ghrib, Deurdeur, Harreza, Sidi M'hamed Bentaiba et Ouled

Mellouk, en plus de nombreux plans d'eau, les oueds et bassins agricoles. Des agriculteurs privés contribuent à ce projet en ensemençant dans leurs bassins d'irrigation des espèces de poissons d'eau douce en vue d'une production piscicole mais aussi pour améliorer la production agricole.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui vise, d'une part, à évaluer l'effet de ces eaux piscicoles utilisées pour l'irrigation sur la production agricole en étudiant leur effet sur les rendements de deux légumineuses fèves et pois et d'autre part, l'aspect environnemental est pris en considération en s'intéressant à l'impact de ces eaux sur les peuplements faunistiques du sol (Arthropodes, nématodes et Annélides).

CHAPITRE I : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

I.1. Intégration de la pisciculture à l'agriculture

I.1.1. Définition de la pisciculture

La pisciculture est une des branches de l'aquaculture qui désigne l'élevage des poissons. Cet élevage se pratique dans des espaces entièrement ou partiellement clos (étangs, bassins en béton ou en plastique, nasses ou cages, etc) (MPRH, 2009).

I.1.2. La pisciculture intégrée à l'agriculture

Il s'agit de l'introduction de l'élevage de poissons dans un milieu à vocation agricole. Le procédé consiste à développer les deux activités, parallèlement ou séquentiellement, en bénéficiant des avantages de l'une pour l'autre. En général, la pisciculture intégrée est plus préconisée dans des zones rurales, notamment au niveau des exploitations agricoles moyennes et petites pour son apport notable en protéines (MPRH, 2009).

L'intégration de la pisciculture avec l'agriculture et les autres formes d'élevage est généralisée dans les communes populaires et dans les fermes d'État. Elle permet non seulement de produire sur place (e.g., sur les digues) une bonne partie des fumures et aliments nécessaires, mais également d'utiliser totalement les sous-produits et résidus de l'agriculture et des étangs. Concurrent le nombre de récoltes est augmenté (cultures dérobées, cultures mélangées...) afin de pouvoir alimenter les poissons toute l'année, les plans d'eau secondaires existants sont exploités en vue d'y produire les plantes aquatiques nécessaires (FAO/PNUD, 1980).

I.1.2.1. Intégration de la pisciculture à la production végétale

Elle consiste généralement à élever des poissons dans des étangs et/ou des bassins d'eau destinés à l'irrigation en utilisant cette eau très riche en éléments nutritifs pour irriguer les cultures agricoles. Les poissons sont nourris des déchets et des résidus des cultures produites par l'exploitation (MPRH, 2009).

I.1.2.2. Intégration de la pisciculture à la production animale

Elle consiste en l'utilisation directe de déchets issus de la production de bétail ou de volaille dans l'alimentation du poisson. Ces déchets comprennent le fumier, l'urine et les aliments impropres à la consommation humaine qui peuvent être utilisés directement comme des intrants frais ou être plus ou moins transformés avant l'utilisation, permettant l'obtention de produits bio (MPRH, 2009).

I.1.3. Objectifs de l'intégration de la pisciculture à l'agriculture

Selon (MPRH 2009), l'intégration de la pisciculture à l'agriculture présente plusieurs avantages :

- Garantir un apport supplémentaire en protéine.
- Diminuer la malnutrition grâce à un approvisionnement en nourriture à haute valeur nutritionnelle.
- Diversifier les revenus de l'exploitation agricole et améliorer la qualité de vie des agriculteurs, notamment dans les petites exploitations.
- Valoriser l'utilisation des plans d'eau, naturels et artificiels.
- Créer un micro écosystème qui permet de recycler les résidus agricoles dans la pisciculture et vis-versa, tout en réduisant la pollution organique.
- Diminuer l'utilisation des engrais chimiques.
- Réduire le coût de revient du poisson pour l'agriculteur et sa famille.
- Accroître les rendements agricoles de l'exploitation.
- Développer une agriculture bio et durable.

I.1.4. Exemples d'intégration de la pisciculture à l'agriculture

I.1.4.1. Dans le monde

La déclaration de Bangkok élaborée pendant la conférence mondiale sur l'aquaculture dans le Troisième Millénaire (Bangkok, 2000), a réitéré cette volonté, déclarant que «le potentiel de contribution de l'aquaculture à la production alimentaire n'a pas été compris dans tous les continents» alors que «l'aquaculture complète les autres systèmes de production alimentaire et que l'aquaculture intégrée peut valoriser l'utilisation actuelle des ressources d'eau dans les exploitations agricoles» (Halwart *et al.*, 2003).

- **En Afrique**

En Afrique, les bénéfices provenant de l'intégration de l'aquaculture ont favorisé son lancement, comme dans les différents projets qui reçoivent l'aide du programme spécial de la FAO en matière de sécurité alimentaire. Récemment, cinq pays (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Mali et Zambie) ont formé un réseau pour promouvoir les avantages qu'apportent tant l'intégration de l'aquaculture que l'irrigation (Cofad *et al.*, 1999).

Dans la région de Mopti au Mali, la rizi-pisciculture dans la plaine d'inondation du fleuve Niger (l'azone Tiroguel) a été évaluée dans une analyse d'étude de cas d'un projet potentiel **(Bamba et Kienta, 2000)**.

En Côte d'Ivoire, des élevages de porcs ont été associés à une pisciculture de *Tilapia nilotica*, les sous-produits de l'élevage (fumier, restes d'aliments) allant dans l'étang et servant à la fois d'engrais pour le milieu aquatique et d'aliment pour les poissons **(Morissens, 1979)**. Il existe cependant, des cas où l'étang peut être véritablement intégré à l'agro système.

Au Nigeria, de nombreux éleveurs de poissons opèrent une diversification en intégrant des activités agricoles, ce qui leur permet d'accroître leurs revenus. Le bétail, la volaille et les cultures sont intégrés avec succès, la combinaison préférée étant celle qui associe culture-bétail-poissons. Lorsque le système utilise les animaux de la basse-cour ou les porcs, des cages peuvent être construites au-dessus des bassins, ou dans le cas des bovins et des porcs, les déjections sont rejetées dans le bassin **(Daouda, 2003)**. Dans les régions rizicoles, le riz permet l'installation des frayères, un système très répandu et utilisé depuis longtemps en Asie. Dans les zones de cultures sèches, on plante du maïs, des arachides et du soja pour nourrir les poissons **(Senouvo et al., 1996)**.

- **En Asie**

Une étude aux philippines a démontré que si le passage de la monoculture du riz à un système agricole intégré rizipisciculture nécessitait un investissement plus élevé de 17 pour cent en main-d'œuvre et une augmentation du capital initial de 22 pour cent, la production supplémentaire de poissons avait, cependant, accru le revenu global de la ferme de 67 pour cent. Un projet regroupant 256 fermiers au Bangladesh a révélé que les bénéfices nets qui dérivait de l'intégration de la pisciculture étaient supérieurs à 20 pour cent comparés à la seule riziculture en raison du fait que les agriculteurs utilisaient moins d'engrais et de pesticides. Les bénéfices globaux nets relatifs aux systèmes intégrés dépassaient 64 pour cent pendant la saison sèche et 98 pour cent pendant la saison pluvieuse **(Dela Cruz et al., 1992)**.

Dans les systèmes agricoles intégrés du nord-est de la Thaïlande, la disponibilité en eau de l'étang réservée à l'irrigation a considérablement amélioré les revenus de la ferme. Les agriculteurs ont pu produire et vendre leurs produits agricoles à meilleur prix pendant la saison sèche qui est particulièrement peu productive. Bien que la qualité de l'eau d'un étang diminue graduellement tout au long de la saison sèche, les agriculteurs s'y sont adaptés en élevant des

espèces de poissons plus résistantes, telles que la silure qui respire l'air et réussit à bien se développer, même dans des conditions plutôt médiocres (**Cofad et al., 1999**).

I.1.4.2. En Algérie

Compte-tenu de l'intérêt du développement de l'aquaculture intégrée à l'agriculture notamment en matière de contribution à la sécurité alimentaire, à la diversification des sources de revenus et à la création d'emplois, le ministère Pêche et des Ressources Halieutiques, en collaboration avec la FAO, a initié un projet pilote de coopération technique (TCP/ALG/3103) intitulé : « Soutien à l'aquaculture saharienne et valorisation des étangs salés » (**Zouakh et al., 2016**). La wilaya de Ouargla qui dispose de ressources hydriques souterraines et des lacs d'eau salée offrent des conditions favorables au développement aquacole mais également à son intégration à l'agriculture (**Zouakh et al., 2016**). . L'objectif principal de ce projet consiste dans la promotion et le développement de la pisciculture saharienne dans le but de contribuer au développement économique ainsi qu'à l'amélioration et à la diversification de l'alimentation des populations locales (**Crespi, 2009**). D'après la Direction de la pêche et des ressources hydriques de la wilaya d'Ain (**comm.pers**), Un projet de développement et d'intégration de l'aquaculture à l'agriculture est lancé au niveau de la wilaya d'Ain Defla vu les potentialités dont elle dispose pour investir dans un tel projet.

I.2. La faune du sol

1.2.1. Définition du sol

Le sol est une matrice complexe composée d'une partie minérale et d'une partie organique. C'est un milieu vivant en perpétuelle évolution. La nature et l'activité d'un sol dépendent d'un nombre important de facteurs : Il y a des conditions naturelles telles que le climat (température, taux d'humidité) et le type de faunes et de flores présentes ainsi que les conditions liées à l'activité humaine comme l'agriculture (**Gossart, 2001**). Il représente un des réservoirs les plus importants de biodiversité; en effet, la diversité biologique des sols correspond plusieurs fois à celle observée au-dessus de la surface du sol (**Heywood, 1995**).

1.2.2. Définition de la pédofaune

La faune du sol que l'on répartit habituellement en fonction de la taille des organismes qui la composent en trois groupes distincts, micro-, méso- et macrofaune, recouvre de nombreux taxons, comprenant eux-mêmes des centaines voire des milliers d'espèces (**Bachelier, 1978** ;

Dindal, 1990 ; Gobat *et al.*, 2003). C'est donc une source de biodiversité importante qu'il convient de préserver car ces organismes ont des rôles essentiels pour le maintien de la qualité du sol, que l'on peut définir comme l'aptitude à fournir un certain nombre de biens et de services écosystémiques utiles pour les sociétés humaines (**Daily *et al.*, 1997 ; Millenium Ecosystem Assessment, 2005 ; Wall, 2004**).

I.2.3. Diversité systématique de la pédofaune

A l'exception des Spongiaires, Cnidaires et Echinodermes, tous les grands embranchements sont présentés dans la faune du sol (**Pesson, 1971 ; Gobat *et al.*, 2003**) :

Protozoaires (amibes, flagellés, ciliés)

Plathelminthes : classe des Turbellariés (ex. planaires)

Nématodes

Rotifères

Annélides : classe des Clitellates, sous classe Oligochètes (ex. Lombrics)

Mollusques : classe des Gastéropodes (ex. escargots, limaces)

Arthropodes : classe des Arachnides (ex. araignées, acariens), des Crustacés (ex. cloportes), des Insectes, des Myriapodes.

Cordés (Sous embranchement des Vertébrés, classe des Mammifères)

I.2.4. Diversité de la taille de la pédofaune

Elle est divisée selon la taille des organismes en micro, méso, macro et mégafaune :

I.2.4.1. La microfaune

La microfaune des sols est représentée par des protozoaires et des nématodes. Les protistes sont des eucaryotes (3-100 μm) qui occupent essentiellement les pores à l'extérieur des microagrégats (**Lavelle et Spain, 2001**) au contact de l'eau interstitielle et pelliculaire essentiellement dans les horizons organiques supérieurs. Les nématodes (0,15 à 5 mm) sont des métazoaires filiformes qui vivent dans les films d'eau ou sont des parasites des plantes à la surface ou dans les racines (**Lavelle et Spain, 2001**).

I.2.4.2. La mésofaune

La mésofaune est constituée par des habitants permanents de la litière et des interstices du sol. La mésofaune comprend des microarthropodes qui sont dominés par les acariens et les collembolles (**Lavelle et Spain, 2001**).

Les collemboles sont des insectes (**Deharveng, 2004**) petits et allongés, aptérygotes mais parfois pourvus d'une furca (organe sauteur pour fuir les prédateurs) et ont une taille qui varie de quelques dixièmes de millimètres à 5 millimètres. Environ, 8000 espèces sont décrites (**Bellinger *al.*, 2003**) qui sont partagées entre les Arthropleona (collemboles allongés) et les Symphypleona (collemboles globuleux) (**Bellinger *et al.*, 2003**).

Les acariens sont des arachnides de quelques dixièmes de mm à 1-2 mm. Il existe quatre principaux sous ordres les : mésostigmatés (Gamasida) les prostigmatés (Actinedida), les Astigmatés (Acaridida), et les cryptostigmatés (Oribatida) et un cinquième peu représenté, les metastigmatés (Ixodida) qui regroupent 500 000 espèces (**Lavelle et Spain, 2001**).

Selon les auteurs et la variabilité saisonnière, la densité s'échelonne de 20000 à 670000 individus/m², soit de 80 à 1000 mg sec/m² (**Lavelle et Spain, 2001; Petersen et Luxton, 1982**). Les enchytréides sont des oligochètes petits et colorés (**Iso, 2005**) d'une taille de 1 à 50 mm qui comptent environ 600 espèces, concentrés dans les 10-15 premiers cm, dans les couches supérieures organiques.

Les densités varient beaucoup selon l'humidité du sol et les températures. Toutefois, en milieu tempéré, on estime la biomasse fraîche des enchytréides de 1 à 10 g/m² (**Petersen et Luxton, 1982**) et représentent souvent la plus forte biomasse au sein de la mésafaune. Bien que moins présents en terme de densité et de biomasse, il est à noter que d'autres représentants de la mésafaune du sol existent : des insectes aptérygotes, les protozoaires et diptères, des micromyriapodes, pauropodes, symphiles et polyxenida (**Coineau *et al.*, 1997**).

1.2.4.3. La macrofaune

Les vers de terre sont des oligochètes segmentés dont la taille varie de 5 à 15 cm en moyenne, vivant dans le sol profond ou la litière. Il existe environ 693 genres et plus de 6000 espèces. En France, il existe 97 espèces, 49 sous-espèces et 33 variétés, soit un total de 180 taxons différents (**Bouche, 1972; Kersante, 2003**).

La densité moyenne est d'environ 100 à 500 individus/m² pour une biomasse allant de 30 à 100 g frais/m² avec une variation saisonnière (**Lavelle et Spain, 2001**).

Les isopodes sont des crustacés terrestres dont la taille varie de 1 à 2 cm, vivant dans la litière. La densité moyenne en milieu tempéré dans un sol brun non cultivé est d'environ 100 individus/m² (**Bachelier, 1978**).

Les myriapodes sont des arthropodes qui se concentrent dans la litière et à la surface du sol. Leur taille est très variable. On distingue les diplopodes (deux paires de pattes par segment, densité de 200 à 500 individus/m²) des chilopodes (une paire de pattes par segment, 50 individus/m²) (**Bachelier, 1978**).

Parmi les autres représentants, figurent les larves de diptères, les coléoptères vivants dans la litière, les araignées vivants à la fois dans le sol et la litière. Des homoptères, des hétéroptères, des blattes, des thysanoures, des hémiptères endogées ou des larves de lépidoptères sont occasionnellement rencontrés (**Lavelle et Spain, 2001; Nahmani, 2003**).

I.2.4.4. La mégafaune (vertébrés)

Les Vertébrés comptent des espèces édaphiques, faisant partie de la mégafaune : on trouve dans le sol des Reptiles, des Mammifères et des Amphibiens. Ces animaux peuvent influencer la pédogenèse. Les fouisseurs comme les lapins peuvent remuer localement de grandes quantités de terre. Les campagnols et les taupes ont un impact considérable sur le sol grâce à leurs galeries. des Mammifères n'appartenant pas à la pédofaune peuvent modifier la surface du sol (ex : sanglier).

I.2.5. Rôles de la pédofaune

La faune du sol prise sous l'angle d'un facteur d'influence des processus du sol a fait l'objet d'une classification fonctionnelle (**Lavelle, 1997**) qui contient trois groupes basés sur leur capacité à créer des structures biogéniques et leur relation avec la microflore du sol :

- **Les microprédateurs** : ces prédateurs régulent les communautés de microorganismes. Ce sont essentiellement des protozoaires et/ou de nématodes.

- **Les décomposeurs** : ils fragmentent et consomment des matières organique provenant essentiellement de la litière. Par ces deux activités, ils contribuent à réguler le cycle de la matière organique en créant des biostructures holorganiques qui sont favorables aux microorganismes et à leur activité de dégradation. Ce sont certains acariens (Oribates), des collemboles, certains vers (épigés et anéciques), des enchytréides, des isopodes, des insectes (**Lavelle, 1997**).

- **Les ingénieurs de l'écosystème** : ils consomment de la matière organique et de la matière minérale du sol, créant ainsi des structures organo-minérales : les galeries qui résultent de la consommation de sol, les turricules qui sont les produits de la digestion et les « middens » ou modexis (**Decans et al., 2001**) qui résultent du transport de mélange de particules de sol et de matière organique décomposée et/ou de litière (**Brown et al., 2000**).

Ces structures contribuent à modifier physiquement la structure du sol et à modifier directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour les autres espèces. Les ingénieurs régulent ainsi la structure du sol et le cycle de la matière organique par leurs diverses influences sur les autres organismes de la faune et de la flore. Parmi les invertébrés du sol, les vers de terre jouent un rôle majeur. Ils ont une grande influence sur les processus physiques, chimiques et biologiques du sol et sont considérés comme les principaux ingénieurs de l'écosystème du fait du caractère homogène de leur déplacement dans le sol (Jouquet et *al.*, 2006).

I.3. Quelques données sur les cultures de la fève et du pois

I.3.1. La fève

I.31.1. Origine et évolution

La fève aurait été cultivée dès la fin du néolithique. Elle a constitué durant toute l'antiquité et le moyen âge, une base alimentaire importante jusqu'au développement du haricot et de la pomme de terre (Huile et *aL*, 1999).

D'après Saxena (1991), la fève a été domestiquée très tôt dans le monde. Bien que son origine ne soit pas encore claire, il a été longtemps pensé qu'elle était originaire de la méditerranée ou de l'Asie de l'Ouest. D'autres auteurs comme Nuessly et *al.* (2004) ; Mikic (2011), la considèrent originaire d'Asie centrale.

Cependant, de récentes découvertes archéologiques à Tell el-kerlch dans le Nord-Ouest de la Syrie ont montré que la fève daterait de la fin du 10^{ème} millénaire avant Jésus-Christ, ce qui indique que le Sud-Ouest de l'Asie est le principal centre d'origine et de diversité de *V. faba* L. (DUC et *al.*, 2010) .

Selon Cubero (2011), le centre d'origine de *V. faba* L. serait le Proche-Orient. Cette plante aurait été disséminée d'abord vers l'Europe centrale et la Russie puis vers l'Est de la méditerranée et à partir de l'Egypte et les côtes Arabes vers l'Abyssinie puis de la Mésopotamie vers l'Inde et la Chine. Au cours du 16^{ème} siècle, la culture de la fève a été introduite en Amérique par les Espagnoles et vers la fin du 20^{ème} siècle, elle a réussi à atteindre l'Australie.

La forme ancestrale de *V. faba* L. est inconnue, mais le plus proche parent sauvage de la fève est supposé être l'espèce *Vicia pliniana* d'Algérie (Duc et *al.*, 2010).

I.3.1.2. Position systématique

Selon Reta Sanchez *et al.* (2008), la fève est classée botaniquement comme suit :

Règne :	Plantae
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Fabales
Famille :	Fabaceae
Sous famille :	Faboideae
Tribu :	Vicieae
Genre :	<i>Vicia</i>
Espèce :	<i>Vicia faba</i> L.

I.3.1.3. Cycle biologique

La fève est une plante annuelle, son cycle complet, de la graine à la graine est d'environ 5 mois (**Chaux et Foury, 1994**).

D'après **Brink et Belay (2006)**, le développement de la fève est caractérisé par cinq stades principaux : germination et levée, développement végétatif, développement reproductif, sénescence de la gousse et sénescence de la tige.

I.3.1.4. Importance de la culture

La fève, *Vicia faba* L. est une légumineuse qui fait partie de nos systèmes agraires depuis fort longtemps. Sa superficie mondiale est estimée à 3 millions d'hectares dont plus de 50% se situent en Chine. 20% en Afrique du nord et moins de 10% en Europe (**Abu Amer et al., 2011**).

La culture de la fève est pratiquée dans environ 58 pays (**Singh et al., 2012**). Elle est la quatrième culture légumière la plus importante dans le monde derrière les petits pois, les pois chiches et les lentilles (**Yahia et al., 2012**).

La fève est une bonne source de protéine et d'énergie, elle joue un rôle dans la rotation des cultures, la fixation d'azote atmosphérique et dans la fertilité des sols. Elle est dans le régime alimentaire des humains comme des animaux (**Hacisferogullari et al., 2003 ; Chafi et Bensoltane, 2009 ; Vioque, 2012; Wang et al., 2012**).

En Algérie, la fève reste la plus importante culture vivrière, couvrant une surface de 58000 hectares avec un rendement total de 254000 tonnes (**Laamari et al., 2008**). La fève occupe la première place parmi les légumineuses en Algérie en raison de sa valeur nutritionnelle élevée et

de ses divers usages. Elle est principalement cultivée dans les plaines et les régions sublitorales ; et a un rôle important dans l'économie nationale et dans la production agricole (**Aouar-Sadli et al., 2008**).

I.3.2. Le petit-pois

I.3.2.1. Origine et historique

L'origine et les ancêtres de *Pisum sativum* sont mal connus. La région méditerranéenne, l'Asie centrale et occidentale et l'Ethiopie ont été envisagés comme centres d'origine. La FAO a désigné l'Ethiopie et l'Asie occidentale comme centres de diversité, avec des centres secondaires dans le sud de l'Asie et la région méditerranéenne (**Cousin et Bannerot , 1992 ; Brink et Belay , 2006**).

Le petit pois est une plante très anciennement cultivée dans l'Ancien monde puisque sa culture a vraisemblablement commencé il y a environ 8 000 ans dans la région du Croissant fertile, dans le même processus que certaines céréales (blé, orge) et d'autre légumineuses (vesce, lentille). Ils ont découvert dans des sites archéologiques du Néolithique de la Grèce à l'Irak entre 7 500 et 5 000 ans avant Jésus-Christ, des restes provenant soit de plantes de cueillette, soit de plantes domestiquées. Par la suite, sa culture s'est diffusée vers l'ouest (Europe) et vers l'est (Inde). On en trouve trace notamment dans le site archéologique de Troie, en Europe centrale (vers -4 000 ans), en Europe occidentale et en Inde (vers -2 000 ans) (**Cousin et Bannerot, 1992**). Des restes de pois ont été retrouvés notamment dans des habitats lacustres du début de l'âge du bronze en Suisse et en France (lac du Bourget) (**Pitrat et Foury, 2003**).

I.3.2.2. Etymologie

« Pois » dérive du latin *pisum*, lui-même emprunté au grec. Selon certains auteurs, ce terme serait emprunté à une langue plus ancienne (aryenne selon **Alphonse de Candolle, 1984**), selon d'autres il dériverait d'un verbe *pisere* signifiant « casser » en latin. Le terme est apparu en français vers la fin du XII^e siècle, d'abord sous la forme *peis*. *Pois*, ou *peis*, désignant une chose de peu d'importance, a servi vers le XII^e siècle d'auxiliaire de négation, à l'instar de *point* et *pas* selon le Centre national de ressources textuelles et lexicales (**CNTRL**).

I.3.2.3. Taxonomie

Régne : Plantae (Plantes).

Sous-régne : Tracheobionta (plantes vasculaires).

Embranchement : Spermatophyta (plantes à graines).

Sous Embranchement : Magnoliophyta (: Angiospermes, Phanérogames ou plantes à fleurs).

Classe : Magnoliopsida (Dicotylédones). Sous-classe : Rosidae.

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales.

Famille : Fabaceae : fabacées, papilionacées ou légumineuses

Genre : *Pisum* L.

Espèce: *Pisum sativum* L. (USDA, 2008)

I.3.2.4. Description botanique

Le petit pois (*Pisum sativum* L.) est une plante annuelle de la famille des Fabaceae. Il est originaire de l'Asie centrale (Afghanistan et Inde) et sa culture est très ancienne. C'est une plante essentiellement autogame (Free, 1993 ; Pouvreau, 2004) mais des taux d'allogamie peuvent être observés chez certains cultivars (Haskell, 1943). Il représente un légume dont les qualités nutritives, gustatives et culinaires sont très élevées ce qui a conduit à une extension rapide de sa culture dans les différentes régions du monde.

Le petit pois (*Pisum sativum* L.) est une plante herbacée (Nyabyenda , 2005), haute de 20 à 150 cm ou plus. Le système racinaire est représenté par une variable de développement du pivot en fonction du type de sol, de la variété et les conditions climatiques.

I.3.2.5. Importance de la culture de pois

I.3.2.5.1. Intérêt nutritif

Frais ou secs, les pois ont en commun d'être des aliments riches en énergie et en protéines. Les pois secs sont comparables à d'autres légumineuses (haricots secs, lentilles, fèves sèches, pois chiches), et aux céréales par leur valeur énergétique (330 kcal/100 g). La partie glucidique des pois est formée essentiellement d'amidon (50 %) et de sucres (6 %) saccharose et oligosaccharides (Varela et al., 2004). Ils sont aussi riches en protéines (Holwach, 1982).

I.3.2.5.2. Intérêt agronomique

Souvent, l'agriculteur est intéressé par la culture de pois visant ses atouts agronomiques. En effet, le pois est capable de fournir ses besoins en azote par une simple fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cette fixation symbiotique d'azote se fait grâce à une interaction entre les plantes de pois et les souches de *Rhizobium* qui sont des bactéries Gram négatif, en forme de

bâtonnets mobiles (**Broughton et Dilworth, 1971**). Le pois (*Pisum sativum*) est une plante légumineuse, annuelle cultivée à travers le monde et utilisée en alimentation humaine et animale (**FAOSTAT, 2004**).

I.3.2.5. La production de petit pois

La production mondiale en pois a atteint son optimum en 1990 avec une production qui avoisine 16,5 millions de tonnes (**FAOSTAT, 2004**). A partir de l'année 2000, la production mondiale s'est stabilisée autour de 10 millions de tonnes.

En Algérie le pois a été cultivé avant 1830 dans les jardins et les champs en Kabylie (**Lumont et Chevassus, 1960**). La culture a pris un développement important en 1945. Elle a connu par la suite, un essor remarquable de 1947 à 1952. 10800 ha En 1980 ont été consacrés à cette culture. En 1993, on a enregistré la superficie la plus importante avec 20800 ha alors que le rendement le plus important a été enregistré en 2001 sur une superficie de 19970 ha (**FAOSTAT, 2004**). En 2009, cette superficie passe à 28 724 ha avec une production annuelle de 1029 707 qx, soit un rendement de 35.8 qx/ha (**MADR, 2009**). Les principales wilayas productrices sont Mascara, Boumerdes, Biskra et Tlemcen.

Chapitre II

Chapitre II : Région d'étude

II.1. Présentation de la région d'étude

Issue du découpage administratif de 1984, la wilaya d'Ain Defla se présente comme étant une zone relais entre l'Est et l'Ouest, le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du DAHRA ZACCAR au Nord et l'OUARSNIS au sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée d'Est en Ouest par oued Chélif, cours d'eau d'une grande importance économique.

Elle est située à 145 km au Sud-ouest de la capitale. Elle s'étend sur une superficie de 4260 km².sur le plan administratif, la wilaya est composée de 14 Daïra et 36 communes (DSA d'Ain Defla, 2011).

II.1.1. Limites géographiques de la wilaya

La Wilaya d'Ain Defla est limitée géographiquement comme suit (Figure 1) :

- Au Nord : Tipaza
- A l'Est : Médéa
- Au Nord-est : Blida
- A l'Ouest : Chleff



Figure 1: Situation de la wilaya d'Ain Defla. (D.S.A. d'Ain Defla, 2011).

II.2. Caractéristiques climatiques

Le climat est un facteur limitant pour la production végétale et essentiellement en région méditerranéenne à saison contrastée, aussi l'économie générale des zones habituelles, il se définit comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et de son évolution en un lieu donné.

Les données climatiques disponibles pour la région d'Ain Defla sont celles des observations effectuées au niveau des stations de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).

Les différents paramètres du climat sont les précipitations, la température, l'évaporation et l'humidité relative.

II.2.1. Température

En hiver, les amplitudes thermiques peuvent être importantes, jusqu'à (+20°C). Il arrive que les températures soient égales ou inférieures à (0°C) au mois de janvier. Au mois d'Aout le maximum atteint (48°C) (DSA, 2015). Les moyennes mensuelles de températures enregistrées sont présentées dans la figure 2.

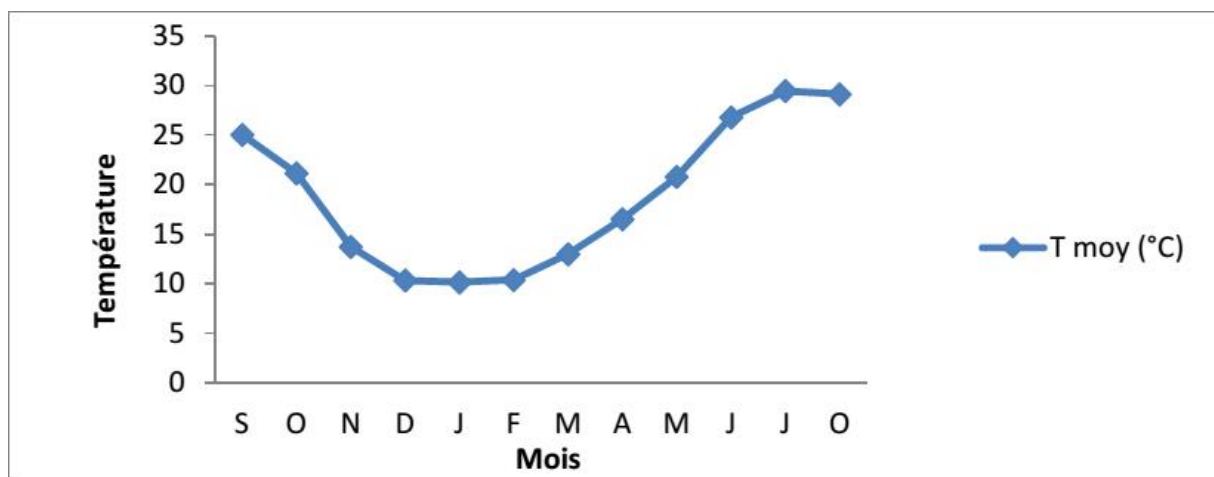


Figure 2: Evaluation de la température (T° moy, T° min, T° max) mensuelle durant (1979-2014) (ANRH, 2015).

II.2.2. Pluviométrie

Nous engloberons sous le terme de précipitation toutes les eaux météoriques qui tombent à la surface de la terre tant sous forme liquide que sous sa forme solide : neige, grésil, gel (Khelifi

et Nezafen, 2010). Pour caractériser notre région de point de vue apport en eau météoriques, nous avons utilisé les données climatiques pour la période allant de 1979 à 2014 (Fig. 3).

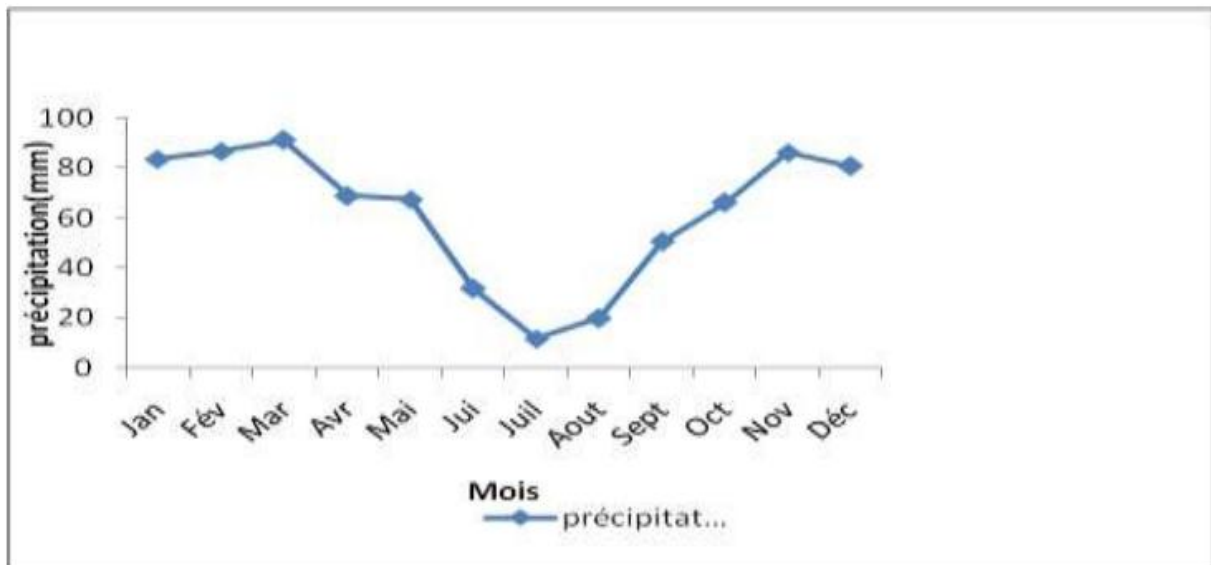


Figure 3 : La variation de pluviométrie moyenne mensuelle durant la période (1979 à 2014) (ANRH, 2016).

D'après la figure, la région d'Ain Defla enregistre une pluviométrie annuelle moyenne de 744,06 mm. Ces pluies sont concentrées durant la période allant de Novembre à Mars où elles représentent 77.13% des précipitations annuelles.

Le mois le plus pluvieux est le mois de Mars avec une pluviométrie moyenne mensuelle de 91,05 mm ; alors que le mois le plus sec est le mois de Juillet avec une pluviométrie mensuelle moyenne de 11,56 mm.

II.2.2.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Selon la définition de Babnouis et Gaussen (1953), on considère qu'un mois est sec lorsque le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimé en degré Celsius ; soit $P \leq 2T$.

L'échelle établie dans la construction du diagramme est telle que l'unité graphique des températures (°C) soit le double des précipitations en mm. Le diagramme illustre en abscisse les mois et en ordonnée les températures moyennes et la pluviosité.

D'après la figure 4, nous constatons que :

Le diagramme Ombrothermique de Gausson montre que la zone d'étude présente deux période ; une période humide de 5 mois allant du mois d'octobre jusqu'à la fin Mars d et une période sèche avec une durée de 5 mois, allant de la fin de Mars à début Octobre.

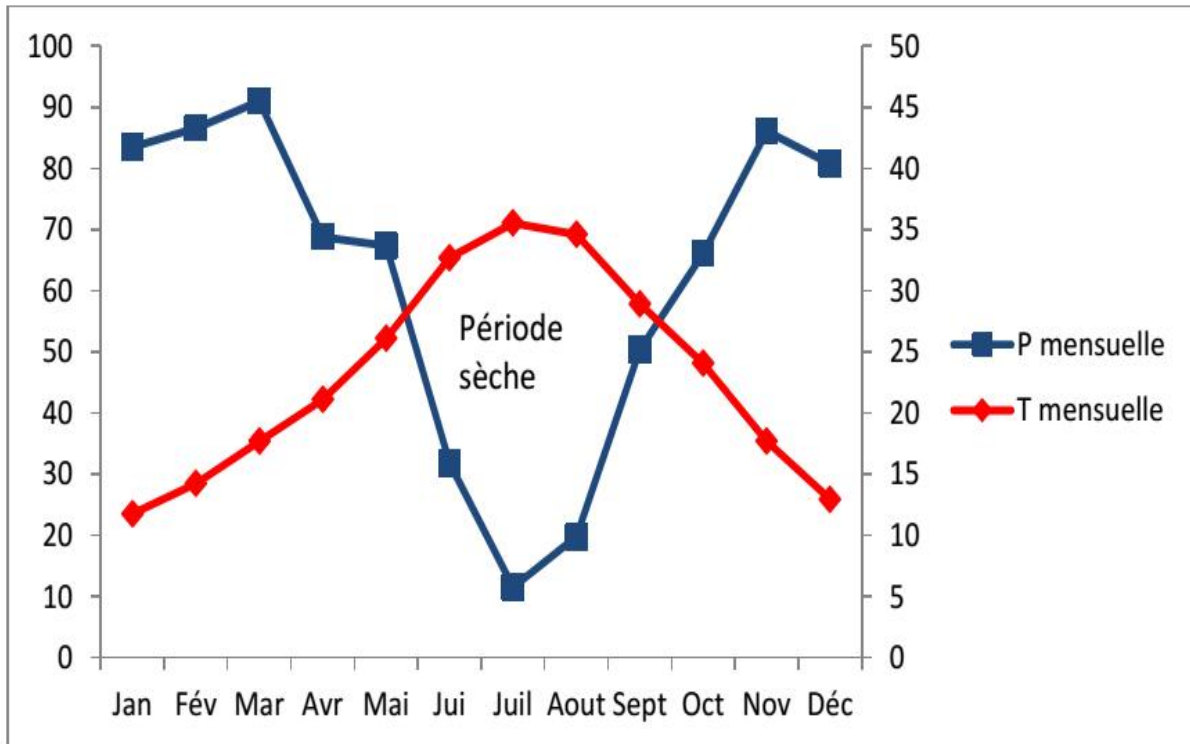


Figure 4 : Diagramme Ombrothermique (1979-2014) (ANRH, 2016).

II.2.3. Vent

Les vents de la région d'Ain Defla sont très fréquents et dont la vitesse varie entre 1,69 km/h à 2,07 km/h.

- Leur direction varie avec la saison.
- En hiver les vents dominants sont de direction Ouest.
- En été les vents dominants sont de direction Est.

Le maximum des forces des vents se situe au cours d'été, et le minimum se situe en hiver. Les moyennes mensuelles de vent sont enregistrées dans le diagramme suivant : (Fig. 5)

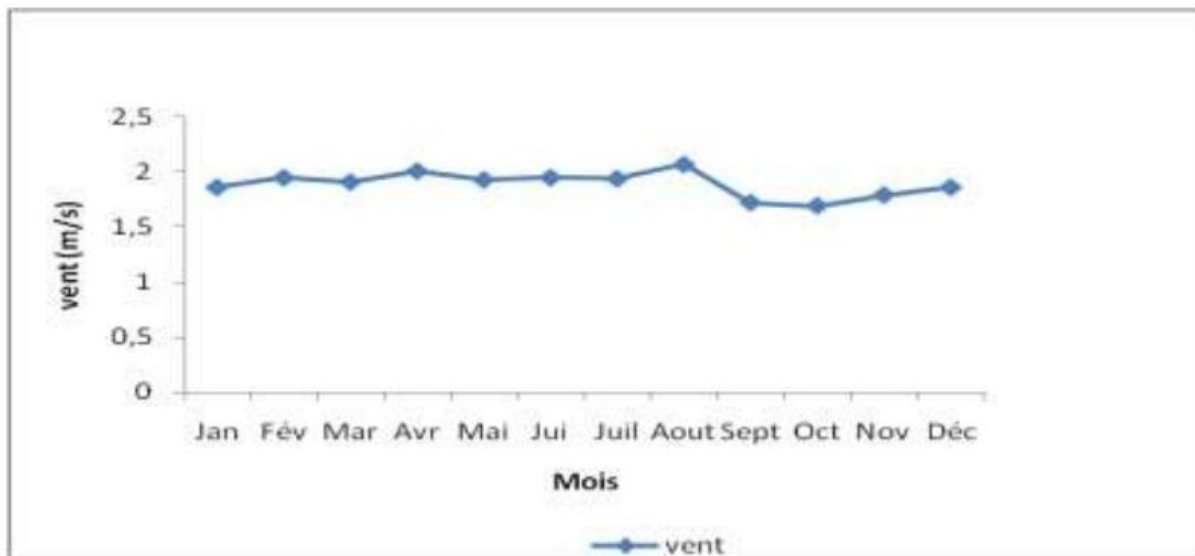


Figure 5 : Vitesse de vents moyens mensuels en km/h (ANRH, 2016).

II.2.4. Humidité relative

C'est un élément important du cycle hydrologique contrôlant l'évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente un degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Les données d'humidité relative mensuelles moyennes sont présentées dans la figure 6 ci-dessous:

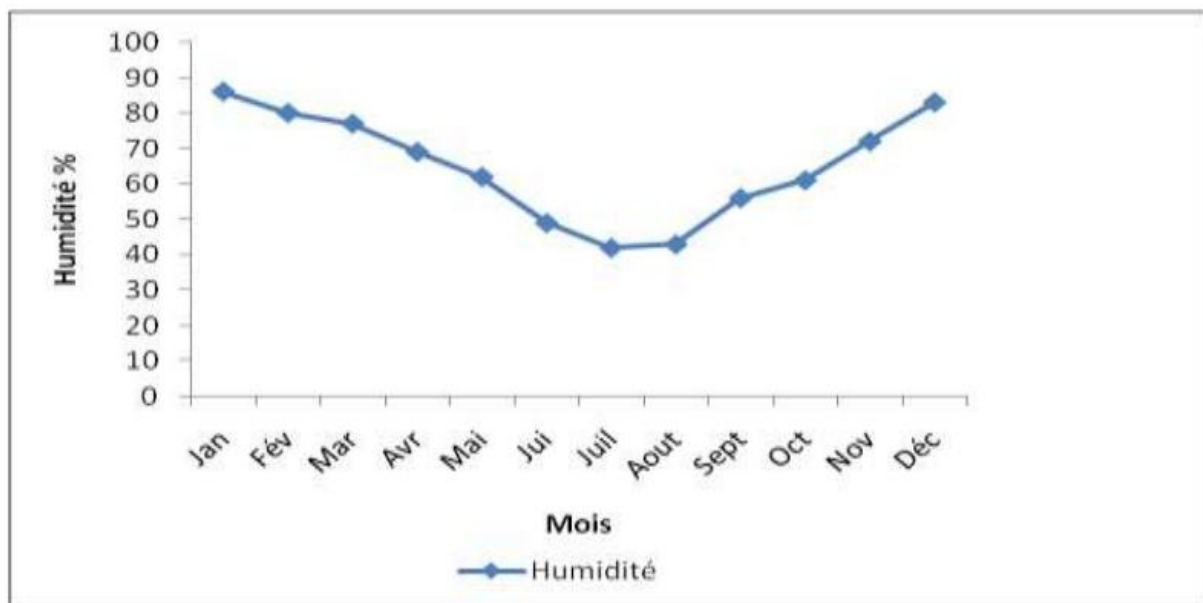


Figure 6 : Humidité relative mensuelles moyennes en (%) (ANRH, 2016).

La valeur maximale de l'humidité relative moyenne mensuelle de la région est observée au mois de Janvier avec une valeur de 86%, tandis que la valeur minimale est observée durant le mois de Juillet avec 42%. L'humidité relative moyenne de la région est autour de 65%.

II.3. Caractéristiques pédologiques

Tableau 1 : Texture du sol dans la wilaya

Type de sol	Commune
Sols limono-argileux	El Attaf et Tiberkanine
Sols calci-magnésique	Ain lechiakh-Oued Djemaa-Tarik Ibn Ziad Djemaa Ouled chikh-El Maine-Bethia
Sols Limono-argileux	Ain Beniane-Hoceinia-Boumedfaa-Techta-Ain Bouyahia-Hamam Righa- Bourached- Ain Turki
Sols fer Sialitique	Zeddine-Rouina-El Amra-El Abadia-Mekhatria El Hassania-Miliana-Ben Allel
Sols sablo-limoneux	Bir Ould Khelifa-Bordj Emir Khaled-Ain Soltane

Source DSA 2015

II.4. Agriculture

La wilaya d'Ain Defla recouvre une superficie agricole totale (SAT) de 235.61 ha, soit 52% de la superficie totale de la wilaya. La superficie agricole utile (SAU) est de l'ordre de 181,676 ha, soit 77% de la SAT.

Nombre totale des exploitations agricoles représente 24,500 dont privés 22,200 d'une superficie de 183,411 ha (DSA, 2016).

La région d'Ain Defla, en général, est à vocation agricole. Les cultures céréalières, les cultures maraîchères (principalement pomme de terre), l'arboriculture fruitière, les cultures industrielles occupent les sols de la plaine, alors que les zones de montagnes sont occupées par des cultures en sec (céréales et fourrages) et de l'élevage ovin et caprin

- **Superficies irriguées par mode d'irrigation (campagnes 2014/2015)**
 - Gravitaire: 7 915 ha correspondent 17% de la superficie irriguée.
 - Aspersion: 32 201 ha correspondent 70% de la superficie irriguée.
 - Goutte à goutte: 5 884 ha correspondent 13% de la superficie irriguée (DSA, 2015).

Le tableau 2 présente les superficies occupées par les différentes cultures.

Tableau 2 : Superficies de l'occupation du sol de la wilaya.

Occupation	Superficie (ha)	Taux (%)
Oléiculture	2260,08	0,5
Culture arboricole	7680,11	1,7
Polyculture	4212,21	0,9
Culture maraichère	26848,16	5,9
Grande culture en sec	149392,71	32,8
Viticulture	705,04	0,2
Total occupation agricole	191098,31	42
Zone à sol nu - à affleurement rocheux	1499,78	0,3
Zone de parcours	60911,28	13,4
Forêt - maquis - reboisement	189759,56	41 ,7
Plan d'eau	4335	1
Espace bâti	7214,27	1,6
Total occupation hors agricole	263719,89	58
Superficie totale	454818,2	100

Source : (INSID, 2011)

II.5. Ressources hydriques

La wilaya d'Ain Defla dispose de grandes réserves hydriques tant souterraines que superficielles.

En matière de barrage, la wilaya compte une superficie de 4544,28 km² (ANRH, 2014), de 06 plans d'eaux sur son territoire, il s'agit des plans d'eau des barrages repartis sur différentes zones géographiques de la wilaya à savoir ; Bouroumi, Ghrib, Deurdeur, Herraza, Ouled Melouk et Sidi M'hamed Ben Taïba (**Fig.7**), et 04 retenues collinaires destinées à l'irrigation, avec une capacité cumulée de 491Hm³ (**DSA, 2015**).

Les ressources souterraines sont comprises dans 1237 forages avec un débit moyen 12 l/s par unité; 2074 puits avec un débit moyens 1.5 l/s par unité et des plusieurs nappes qui se présenté dans la (**Fig. 8**) 10. (**DSA, 2015**).

Pour l'alimentation en eau potable, un barrage, 146 forages, 122 puits recensés, et plusieurs sources permettent l'alimentation de la population pour une dotation journalière de

162,67 l/j/hab, le taux de raccordement est de l'ordre de 82,57 %. Pour ce qui est des eaux superficielles, elles sont destinées plus particulièrement à l'irrigation (DSA, 2015).



Figure 7: localisations géographiques des barrages de la wilaya d'Ain Defla (DSA, 2014).



Figure 8: principales nappes d'eau Souterrain (ANRH, 2015).

Chapitre III

CHAPITRE III : Matériel et Méthodes

III.1. Localisation géographique du site d'étude

Notre travail est effectué dans une exploitation agricole située dans la commune de Mekhatria qui est considérée parmi les communes agricoles de la wilaya d'Ain Defla. La commune de Mekhatria est située dans le daïra d'El Amra. La ville s'étend sur 70 km² (7000 ha).

La commune dont la mairie se situe à 275 mètres d'altitude n'accueille aucune réserve naturelle sur son territoire. Elle est caractérisée par un Climat semi-aride sec et chaud.

Les coordonnées géographiques de Mekhatria en décimales sont : 35.8° de latitude et 0.316667° de longitude.

Les coordonnées géographiques sexagésimales de Mekhatria sont : **latitude nord 35° 48'** et **longitude est 0° 19' 0''** (DSA, 2015).

III.2. Cadre de réalisation du projet

Notre projet s'inscrit dans le cadre d'une convention cadre (06/04/2016) entre l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana (UDBKM) et les directions de la wilaya (Ain Defla): Pêches et Ressources Halieutiques (DPRH) Services Agricoles (DSA) et l'exploitation agricole de Monsieur Bouabdellah Abdelkacader.

- **Objectif de l'essai**

Cette étude est une contribution à la réalisation du projet et de développement et d'intégration de l'aquaculture à l'agriculture. Elle consiste à l'évaluation de l'effet de l'irrigation par les eaux piscicoles sur les densités des populations faunistiques du sol et sur le rendement de deux légumineuses.

III.3. Choix de la parcelle expérimentale

Le choix a été fait par l'agriculteur propriétaire de l'exploitation agricole. La parcelle choisie était mise en jachère pendant trois ans. Elle est située au voisinage du bassin d'irrigation.

III.4. Caractéristiques du bassin d'irrigation

Le bassin est situé dans l'exploitation agricole (Bouabdellah Abdelkader) située à Mekhatria dans la wilaya d'Ain Defla. Il a été construit en 2002. Il a une forme rectangulaire sa surface est de 50 m² et sa profondeur est de 1,90 m. Il est revêtu d'une fine couche de ciment pour éviter l'infiltration de l'eau (Fig. 9). L'approvisionnement en eau du bassin est dû au forage, cubage d'eau est de 41.04 m³.



Figure 9 : bassin d'irrigation (original)

- **Les données piscicoles**

Les espèces élevées dans le bassin sont présentées

Tableau 3 : espèces des poissons élevés dans le bassin.

Espèces	Nombre d'alevins	La source	Années
Tilapia (Oreochromis Miloticus)	400	CNRDPA	2007
Carpe (Cyprinus Carpio Carpio)	500	CNRDPA	2016
Mulet (Mufil Cephalus)	15	Chlef	2015

III.5. Préparation des parcelles

L'essai est réalisé en plein champ dans une parcelle de 704 m². Celle-ci est divisée en quatre sous parcelles de 16 m de long et 11 m de large. Deux sont cultivées en fève et les deux autres sont cultivées eu petit pois (variété Ascro). Pour les deux cultures, l'une des sous parcelles est irriguée par les eaux piscicoles et l'autre est irriguée par l'eau de forage (servant de témoin).

III.6. Choix des cultures

Les cultures (fève et pois) ont été choisies par l'agriculteur. Ce sont des cultures de saison qui devront donner des résultats dans les délais impartis à notre expérimentation (Fig. 10).

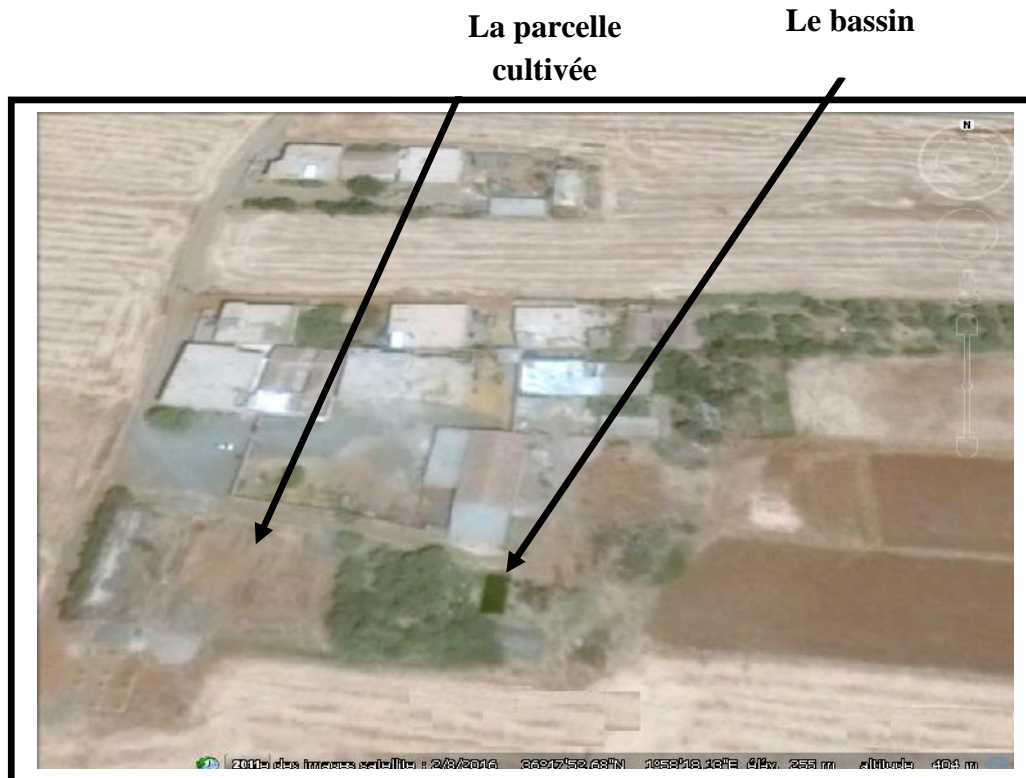


Figure 10 : carte de notre zone d'étude ([www. Google Arth.com](http://www.GoogleArth.com)).

III.7. Itinéraire technique dans les parcelles

III.7.1. Travail du sol

Le labour est effectué au mois de septembre à l'aide d'une charrue à soc sur une profondeur de 25 cm. Il est suivi par un travail superficiel en mois de novembre avant la mise en place de la culture. Il est réalisé à l'aide d'une charrue à disque qui fendille le sol et donne le mouvement de rotation qui mélange le sol avec les débris végétaux.

III.7.2. Semis

Un semis en ligne a été fait manuellement, la distance entre les sillons est de 40 à 45 cm et celle entre les graines est de 15 à 17 cm. La dose du semis était homogène pour toutes les sous parcelles.

III.7.3. Fertilisation et traitements phytosanitaires

Aucune fertilisation ni traitement phytosanitaire n'ont été appliqués dans les quatre sous parcelles mises en culture.

III.7.4. Travaux d'entretien

Un désherbage manuel a été effectué pour protéger les cultures contre les mauvaises herbes. De même, nous avons procédé à un buttage pour améliorer le développement des racines.

III.7.5. Irrigation

Nous avons commencé l'irrigation dès le début de mois de février en utilisant la méthode d'aspersion. Les cultures sont irriguées pendant 3 heures successives chaque 10 jours. Afin de mettre en évidence l'effet de l'irrigation par les eaux piscicoles sur les différents paramètres étudiés, pour chaque culture (fève ou pois), une sous parcelle sera irriguée par les eaux piscicoles et l'autre sera irriguée par l'eau de forage (servant de témoin).

III.8. Étude de l'effet de l'irrigation par les eaux piscicoles sur la faune du sol

III.8.1. Échantillonnage et extraction de la faune

L'échantillonnage a été réalisé sur trois groupes de la pédofaune (les arthropodes les nématodes et les vers de terre), ce choix est lié à l'importance des rôles que ces animaux jouent dans le sol. Des protocoles d'échantillonnage et d'extraction appropriés pour chacun de ces groupes d'animaux sont utilisés.

- Le piégeage par les pots Barber pour les arthropodes.
- Prélèvement d'échantillons du sol et tri manuel pour les vers de terre.
- Échantillonnage du sol et extraction par la méthode de Fenuick (pour les nématodes à kystes) et par celle « des seaux » (pour les nématodes libres).

Deux prélèvements sont effectués avec un intervalle de 6 mois. Le premier a été réalisé avant la mise en place des cultures (Novembre 2016) pour estimer l'homogénéité de la distribution des trois groupes d'animaux dans la parcelle étudiée afin que les résultats soient interprétés objectivement. Quant au second, il est effectué au mois d'Avril 2017 (à l'approche de la récolte) afin d'évaluer l'effet de l'irrigation par les eaux piscicoles sur la faune du sol et les rendements des deux cultures.

III.8.1.1. Piégeage des Arthropodes par les pots Barber

Pour l'étude de la diversité faunistique, l'une des techniques les plus utilisées est celle des pots Barber (1931) (Bruneau de Mire, 2006). Sa description, ses avantages ainsi que les inconvénients constatés par l'opérateur lors de sa mise en œuvre, sont développés.

III.8.1.1. 1. Sur le terrain

Les méthodes d'échantillonnage des arthropodes sont nombreuses et le choix d'une ou de certaines d'entre elles est déterminé par les exigences du terrain et par le type d'arthropode recherché. La méthode appliquée dans notre étude est celle des pots Barber.

- **Description de la méthode des pots Barber**

Le pot Barber est d'une utilisation simple. Il sert à l'échantillonnage des biocénoses d'invertébrés qui se déplacent à la surface du sol, en particulier les Carabidae (**Benkhelil, 1991**).

Ce type de piège est un outil pour l'étude des arthropodes de moyenne et de grande taille. De ce fait, ce genre de piège permet surtout la capture de divers arthropodes marcheurs, les coléoptères, les larves de collemboles, les araignées, les diplopodes ainsi qu'un grand nombre d'insectes volants qui viennent se poser à la surface ou qui y tombent emportés par le vent (**Benkhelil, 1991**).

Il consiste simplement en un récipient de toute nature ; un gobelet, ou mieux encore des boîtes de conserve ou différents types de bocaux et de bouteilles en plastique coupées (**Benkhelil, 1991**). Dans notre cas, les pots pièges utilisés sont des bouteilles d'eau minérale en plastique coupées. Elles sont de 10 cm de diamètre et de 11,5 cm de hauteur. A chaque relevé, 10 pots sont placés dans chaque sous parcelle séparés d'une distance d'environ 3m (Fig. 11).

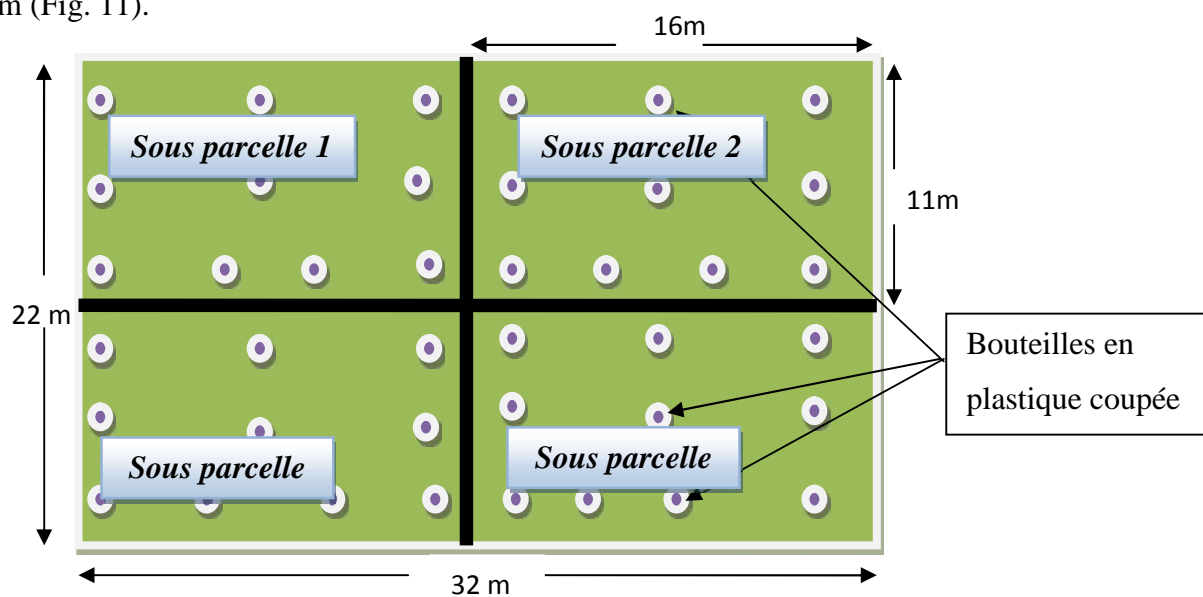


Figure 11 : Emplacement des pots Barber dans chaque sous parcelle

Ces pots sont enterrés verticalement de façon à ce que l'ouverture se trouve au niveau du sol ou bien à ras du sol. La terre étant tassée autour des pots afin d'éviter l'effet barrière pour les petites espèces (**Benkhelil, 1991**). Les pots Barber sont remplis au tiers de leur hauteur de l'eau additionnée à un détergent qui joue le rôle de mouillant pour empêcher les arthropodes piégés de s'échapper (**Souttou et al., 2006**). Afin de protéger les pots des pluies, nous les avons couverts par des plaques rectangulaires en bois ayant des supports (Fig. 12).



Figure 12 : Pots barber placés dans les parcelles étudiées (originale)

- **Avantages des pots Barber**

L'un des avantages de la méthode du piégeage grâce aux pots réside en sa facilité de mise en œuvre. Elle nécessite tout au plus des pots, de l'eau, un détergent et quelque fois de l'alcool ou du vinaigre. C'est la méthode la plus adaptée pour la capture des espèces géophiles (**Baziz, 2002**).

- **Inconvénients des pots Barber**

Les accès aux pièges seront dégradés et les obstacles balayés. Il est préférable de visiter tous les pièges jours, au minimum tous les trois jours car passé le délai, un phénomène d'osmose commence à ce produire, ce qui fait gonfler l'abdomen et les parties molles de l'insecte (**Benkhelil, 1991**).

Ces pièges sont malheureusement facilement localisés et détruits par les mammifères ongulés, sauvages et domestiques (**Colas, 1950**).

L'utilisation des pots Barber ne permet de capturer que les espèces qui se déplacent à l'intérieur du rayon de l'échantillonnage. Lorsque les pluies sont trop fortes, l'excès d'eau peut inonder les boîtes dont le contenu déborde entraînant vers l'extérieur les arthropodes

capturés auparavant. Et quelque fois, les boîtes sont déterrées par des promeneurs, des enfants trop curieux ou par le passage d'une charrue à disque ou d'un sanglier.

III.8.1.1.2. Au laboratoire

Le contenu de chaque bouteille est filtré, les arthropodes retenus par le papier filtre sont recueillis et mis dans des boîtes de Pétri contenant de l'alcool 70° pour les conserver. Chaque boîte porte une étiquette sur laquelle des indications (numéro du prélèvement, de la parcelle et de la répétition) sont mentionnées. Ensuite, tous les individus sont triés et bien étalés en utilisant des pinces et des épingles entomologiques puis identifiés et comptés sous une loupe binoculaire.

III.8.1.2. Echantillonnage, prélèvement et comptage des lombrics

III.8.1.2.1. Sur le terrain

- **Plan d'échantillonnage et méthode de prélèvement**

Dans chaque sous parcelle, 10 plots de 625 cm² (25 cm X 25 cm) et une profondeur de 30 cm ont été effectués selon les deux diagonales. La distance entre chaque deux carrés est de 2,5 m (Fig. 13). La méthode d'échantillonnage consiste à prélever le sol et les vers contenus à l'aide d'une fourche bêche (la bêche est à éviter car elle coupe les vers) (Fig. 14) et le déposer dans sur une bâche (Capowiez, 2009) (Fig. 15).

Le prélèvement du sol se fait assez vite pour éviter la fuite des vers en profondeur. Au cours du prélèvement, il faut vérifier qu'il n'y a pas de vers de terre sur les bords ou au fond du trou creusé, tentant de s'enfuir (Capowiez, 2009) (Fig. 16).

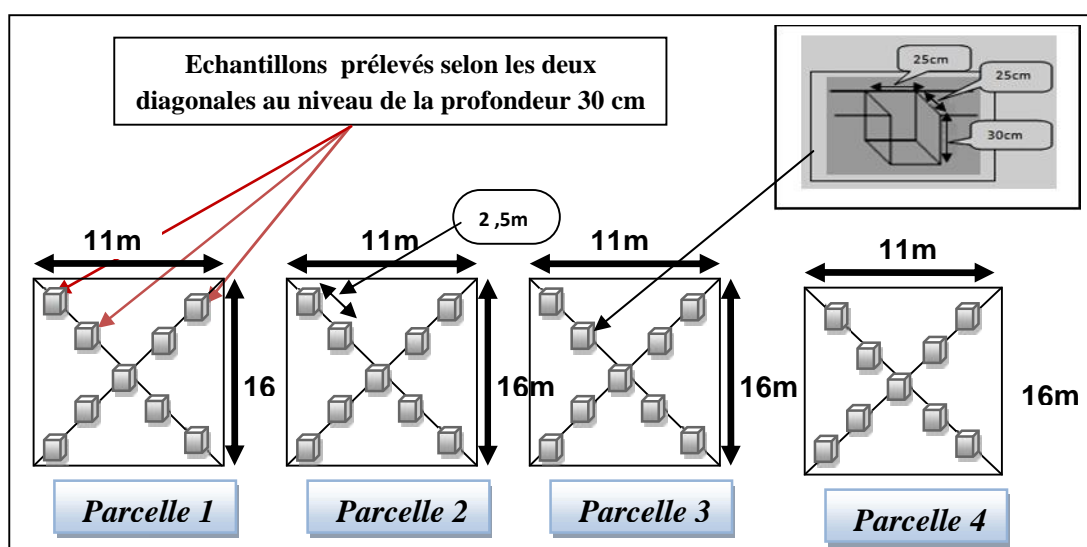


Figure 13 : Méthode d'échantillonnage au niveau de chaque parcelle.



Figure 14 : Prélever le volume de sol.
Agir rapidement (originale)



Figure 15 : Placer la terre sur une bâche pour
préparer le tri (originale)

Tri manuel

Nous avons trié minutieusement le sol prélevé, capturé et placé les vers dans un petit récipient contenant de l'eau avec un couvercle (sinon les vers risquent de s'enfuir) (Capowiez, 2009). Des étiquettes contenant les informations nécessaires concernant l'échantillon (Numéro du prélèvement, sous parcelle où est prélevé et numéro de la répétition) sont collées sur chaque boîte. Nous avons porté une attention particulière au matelas racinaire, difficile à trier mais contenant souvent beaucoup de vers. Pour chaque extraction nous avons compté 30 min vu que le sol était assez léger. Nous avons pris les précautions de ne pas tirer sur les vers pour ne pas les couper, mais toujours dégager le sol autour de leur corps. En effet, les vers blessés meurent rapidement et risquent d'augmenter la mortalité des autres (Capowiez, 2009) (Fig. 17).



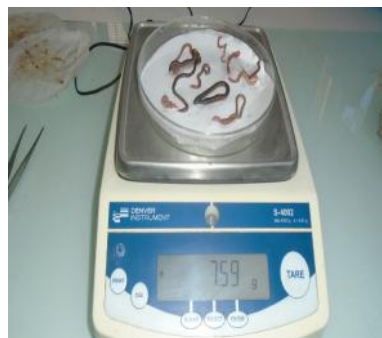
Figure 16 : Vérification du fond et
des bords du trou (originale)



Figure 17 : Tri manuel des vers de
terre (Originale)

III.8.1.2.2. Au laboratoire

L'abondance des lombrics a été déterminée par le dénombrement des individus dans chaque (25cm X 25 cm) et rapportée au m². Après lavage des individus sur tamis (Fig. 18) et séchage sur papier filtre (Fig.19). Nous avons procédé à la pesée des vers à l'aide d'une balance de précision (0.0001 g) (Fig. 20) afin de déterminer la biomasse. Les résultats relatifs à la biomasse ont été également rapportés au m².

**Figure 18** : Lavage des vers (originale)**Figure 19** : Séchage des vers de terre (originale)**Figure 20** : mesure de biomasse sur une balance de précision (0.0001 g)
(originale)**III.8.1.3. Analyse nématologique**

Selon (Merny et Luc 1969), l'estimation d'une population de nématodes comprend un certain nombre d'opérations qu'il est possible de diviser en trois phases successives : échantillonnage, extraction et comptage. Au cours de la première phase, on prélève sur le terrain ou sur les végétaux considérés un certain nombre d'échantillons supposé représentatif de l'ensemble. Durant la deuxième, on tente d'extraire, par des moyens appropriés, la totalité des nématodes contenus dans ces échantillons. La troisième partie concerne le comptage des nématodes contenus dans l'extrait obtenu.

III .8.1.3.1. Echantillonnage du sol

L'échantillonnage est effectué au niveau des quatre sous parcelles de 176 m² (16 x 11 m). Dans chaque sous parcelle, des prélèvements du sol sont réalisés par la tarière au niveau d'un seul horizon de 30 cm de profondeur. Dans chaque sous parcelle, on prélève 10 échantillons élémentaires pesant 200 g chacun selon les deux diagonales (Fig. 21). Tous les échantillons élémentaires appartenant à la même sous parcelle sont réunis pour constituer un échantillon global qui est bien brassé et soigneusement homogénéisé.

Les échantillons sont mis dans des sachets en plastique portant des étiquettes où sont mentionnées les informations nécessaires (date de prélèvement de l'échantillon, le numéro de la parcelle, l'espèce cultivée, et le type d'irrigation au niveau de la parcelle) (Fig. 22).

Chaque échantillon global est divisé en deux fractions, l'une sera séchée pour être utilisée pour l'extraction des nématodes à kystes alors que l'autre est conservée humide pour qu'elle soit utilisée pour l'extraction des nématodes libres.

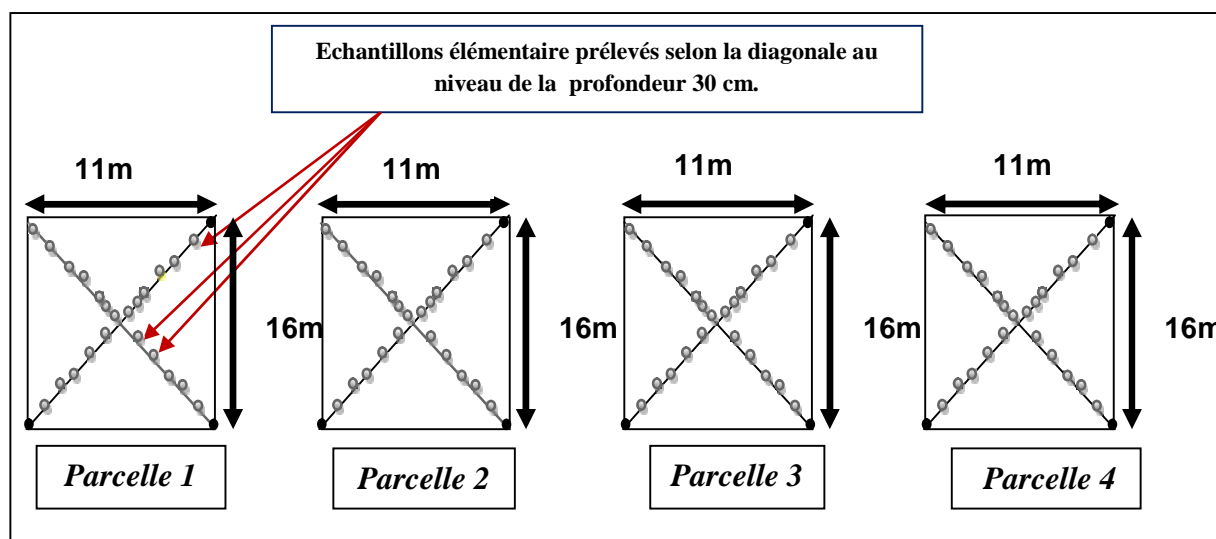


Figure 21: Méthode d'échantillonnage au niveau de chaque sous parcelle.



Figure 22: Conditionnement des échantillons (original).

III .8.1.3.2. Extraction des nématodes à kystes

- **Séchage du sol**

Les kystes pleins et humides de *Globodera* ou *Heterodera* ont une densité supérieure à 1,08. Ils sédimentent donc très vite. Par contre, les kystes secs ont une densité inférieure à 1 (densité de l'eau), ainsi, ils flottent à la surface de l'eau, ce qui permet leur récupération. C'est pourquoi, les échantillons doivent être mis au séchage avant qu'ils soient analysés (NAKACHIA et GACQEMONT, 1971). Toutes les fractions destinées à l'extraction des nématodes à kystes sont étalées sur un journal dans une salle bien aérée afin de permettre leur séchage (**Fig. 23**).



Figure 23 : Séchage des échantillons au niveau de laboratoire (original).

- **Extraction des kystes**

Avant l'extraction on prélève 5 sous échantillons (pesant 200g) de chaque échantillon global. Ces derniers vont constituer des répétitions pour l'analyse nématologique : Ainsi, on aura 5 répétitions pour chaque sous parcelle.

Dans notre cas, nous avons utilisé une technique proposée par Fenwick. C'est une méthode classique décrite par FENWICK en 1940, est basée sur la flottation du kyste plus ou moins sec, possédant une densité inférieure à 1 flottant ainsi sur l'eau et pouvant être facilement récupérés Cet appareil a été modifié par OOSTINBRINK en 1960 (**Nakachien et Jacquemont, 1971**).

- **L'appareil de Fenwick**

L'appareil de Fenwick est très utilisé dans l'extraction des kystes. Sa capacité d'extraction est de 72% pour le sable, 62% pour le sol sableux, 42% pour le sol argileux et 35% pour le sol limoneux avec un grand pourcentage de matière organique (**Bellvert, 2008**).

- Méthode

Le procédé consiste à entrainer le sol séché à travers d'un tamis de 1mm de mailles dans un entonnoir qui plonge dans le corps de l'appareil. Les particules fines passent alors que les grosses particules (minérales et végétales) sont retenues. Les kystes qui flottent sur la surface de l'eau vont être entrainés dans la gouttière pour s'écouler sur le tamis à maille de 250 μ m (Fig. 24).

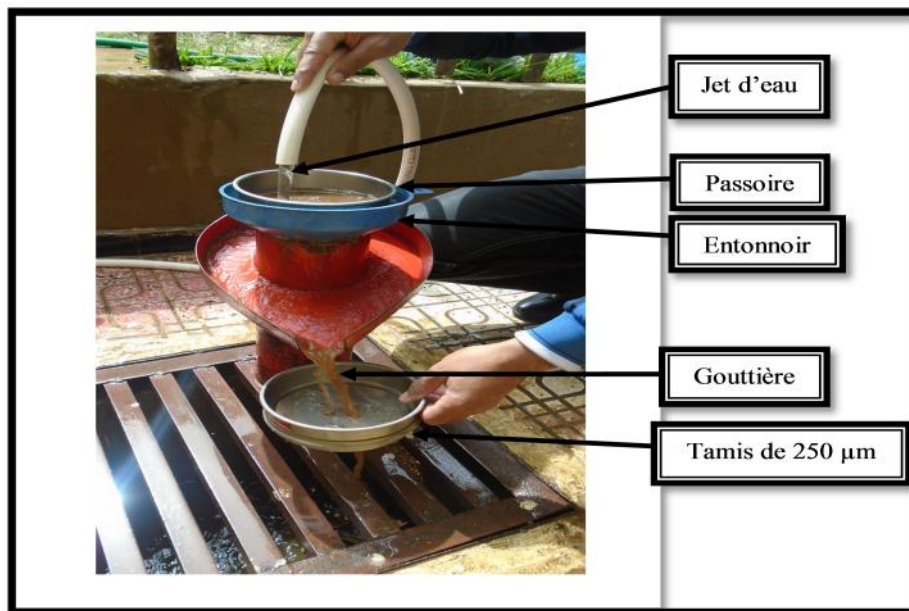


Figure 24. : Extraction des kystes (original).

• Récupération du filtre

La fraction retenue sur tamis de 250 μ m est nettoyée sous pression d'eau à l'aide d'un jet fin pour éliminer les particules de diamètre inférieur. Elle est ensuite récupérée sur papier filtre par un jet de pissette. Le filtre et son contenu sont alors mis à sécher naturellement à température ambiante (Fig. 25).



Figure 25 : Récupération des kystes (original).

- **Récolte des kystes**

La récolte des kystes s'effectue sous une loupe binoculaire au grossissement (G : 2) à l'aide d'un pinceau. Une fois récupérés, les kystes sont déposés dans une boîte de Pétri tapissée d'un papier filtre et portant des étiquettes où sont mentionnées les informations nécessaires concernant l'échantillon (numéro de prélèvement, numéro de la sous parcelle, répétition, date d'échantillonnage et date d'extraction des kystes) (**Fig. 26**).

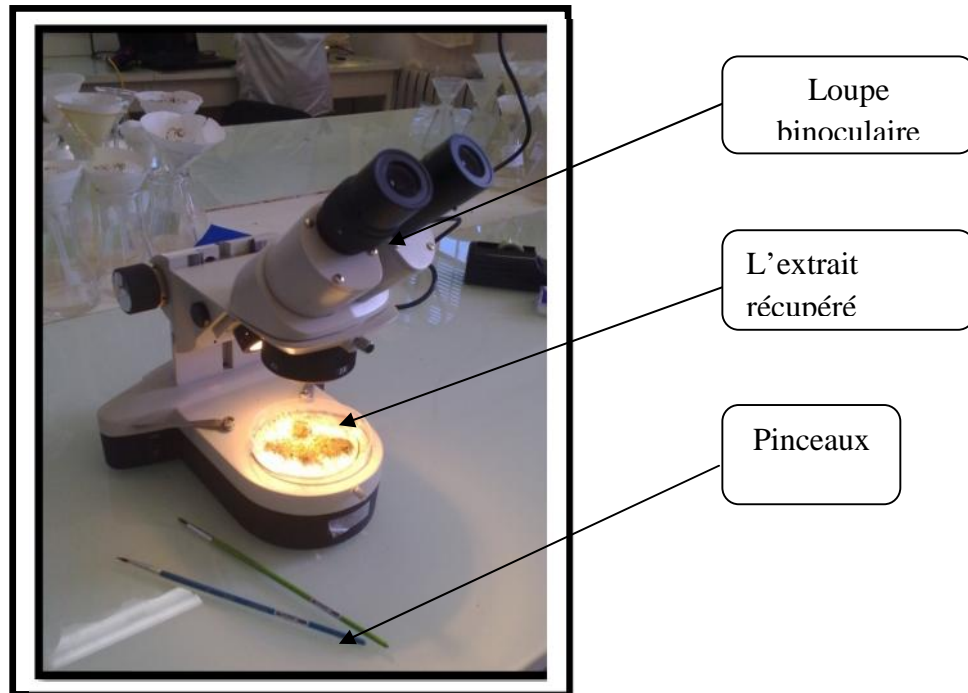


Figure 26 : Récupération des kystes sous une loupe binoculaire (Original)

- **Dénombrement des kystes**

Le dénombrement des kystes pleins et vides d' *Heterodera* et de *Globodera* se fait sous une loupe binoculaire. Quant on n'arrive pas à distinguer les kystes vides des kystes pleins, on procède à l'observation sous un microscope optique. Ainsi, les différents critères des kystes peuvent être observés à savoir la couleur, la forme et surtout la présence et l'absence des œufs à l'intérieur du corps de la femelle morte. On peut aussi écraser les kystes afin de s'assurer la présence et de l'absence des œufs à l'intérieur du kyste (Fig. 27).

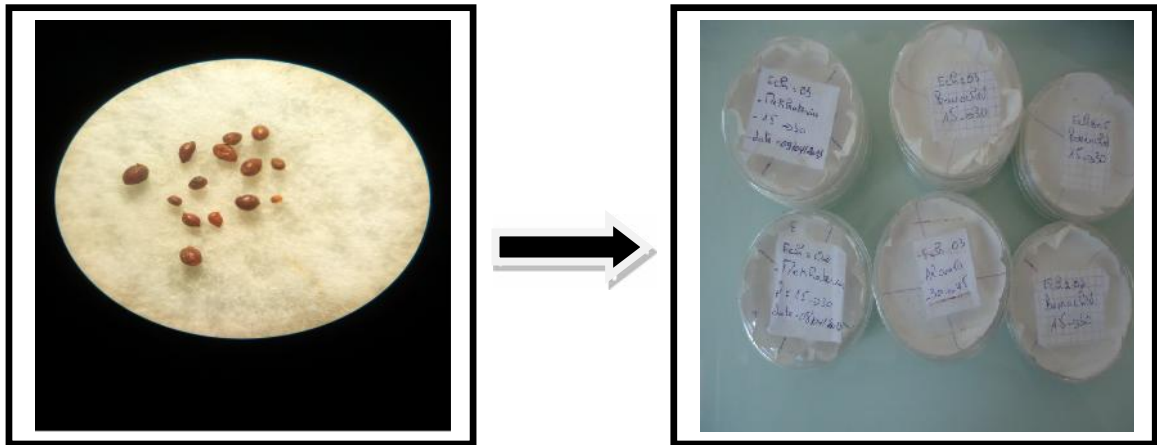


Figure 27 : Boîte de Pétri contenant les kystes (original).

II .8.1.3.2. Extractions et dénombrement des nématodes libres

Extraction

Cette technique d'extraction est basée sur la méthode de (Cobb, 1918) (dite méthode « des seaux »).

5 fractions de sol de 200 g chacune ont été prélevées par échantillon (non séché) et soumise aux trois phases que comporte cette méthode d'extraction.

I- On mélange l'échantillon du sol avec de l'eau par un brassage énergique dans un seau A, puis laisser décanter ; les nématodes restent en suspension tandis que les particules lourdes de sol tombent au fond (Fig. 28).

II- Lorsqu'on estime que la plus grande partie de la phase minérale est déposée au fond du seau A, on passe l'eau surnageant du seau A dans un seau B à travers un tamis de 2 mm qui retient les particules légères et volumineuses et laisse passer les nématodes. Les particules lourdes restent au fond du seau. Les opérations peuvent être répétées plusieurs fois en rajoutant de l'eau au résidu du seau A (Fig. 29).

**Figure 28:** Préparation de l'échantillon (originale)**Figure 29 :** Agitation (originale)

III- On verse lentement l'eau du deuxième seau sur un tamis à maille fine de 40 μm en évitant de verser la boue fine du fond du seau, la plupart des nématodes sont retenus dans ce tamis. On récupère les nématodes dans un papier filtre placé sur un béccher à l'aide d'un jet de pissette d'eau. Lorsqu'il est bien égoutté, le contenu du papier filtre est placé dans une boîte de Pétri contenant de l'eau pour faciliter le passage actif des nématodes (Fig. 30).

**Figure 30 :** Récupération des nématodes (originale)

Les nématodes et la matière organique sont retenus par le papier filtre (Fig. 31). Mais, le mouvement des nématodes permet la traversée de ce papier et de se retrouver dans la boîte de Pétri contenant de l'eau. C'est la dernière phase de filtration active qui sépare les nématodes des impuretés du sol sur la base de leur mobilité (Fig. 32).



Figure 31 : Mise en papier filtre (originale). **Figure 32 :** Phase de repos 24 à 48 heures (Originale)

- **Dénombrement**

Au bout de 2 jours, temps nécessaire pour la filtration (déplacement de nématode libres du papier filtre vers la boîte de Pétri), le filtre et son contenu sont jetés alors que le contenu de la boîte de Pétri est récupéré au fur à mesure sur une plaque de comptage quadrillée pour le dénombrement des nématodes libres (Fig. 33) sous une loupe binoculaire.



Figure 33 : Nématode libre observé par microscope optique au G : 10*10 (original)

III.9. Effet de l'irrigation par les eaux piscicoles sur les paramètres de rendement de deux légumineuses

Afin d'évaluer l'impact des eaux piscicoles utilisées pour l'irrigation sur la production agricole, les paramètres de rendement qui ont été pris en considération sont : le nombre de gousses par plant, poids des gousses par plant, poids des graines par plant, poids moyen de la gousse, poids moyen des graines de chaque gousse et le nombre de graines par gousse.

Le prélèvement des échantillons a été effectué au mois d'Avril 2017 (à l'approche de la récolte).

Pour estimer la production moyenne par plant, nous avons choisi aléatoirement 10 plants de chaque parcelle.

III.9.1. Le nombre moyen de gousses par plant

Nous avons procédé au comptage de nombre de gousses de 10 plant choisis aléatoirement dans chaque sous parcelle.

III.9.2. Poids moyen des gousses par plant

Après le comptage des gousses de 10 plants pris de chaque parcelle, on a procédé au pesage à l'aide d'une balance de précision du poids de l'ensemble des gousses produites par le plant.

III.9.3. Poids des graines par plant

Pour estimer le poids des graines par plant, toutes les gousses de chaque plant sont ouvertes et les graines contenues sont pesées.

III.9.4. Poids moyen de la gousse, poids moyen des graines de chaque gousse et nombre de graines par gousse

Au niveau de chaque sous parcelle, 100 gousses récoltés des 10 plants choisis aléatoirement (à raison de 10 gousses par plant) sont prises en considération, elles sont toutes pesées afin d'estimer le poids moyen de la gousse, ensuite les graines de chaque gousse sont pesées pour évaluer le poids moyen des graines par gousses. De même, nous avons procédé au comptage des graines de chaque gousse pour avoir le nombre moyen des graines par gousse.

III.10. Etude de deux paramètres édaphiques

Les caractéristiques physico-chimiques du sol ont un effet important sur les organismes vivant qui y vivent mais également sur le rendement des plantes cultivées. Ces informations sont nécessaires pour l'interprétation de nos résultats. Dans notre étude, deux paramètres édaphiques sont retenus pour l'analyse à savoir, le taux de matière organiques et le pH et. Les prélèvements sont effectués au niveau des quatre sous parcelles (à raison de trois répétitions par sous parcelle). Les protocoles utilisés sont présentés en annexes (h) et (i).

III.11. Analyse statistique des résultats

L'analyse statistique des résultats a été effectuée à l'aide du logiciel STATISTICA (version 6.1). L'analyse de la variance ANOVA paramétrique ou un test non paramétrique (Kruskal Wallis) a été appliqué pour tester la significativité de la variance des moyennes pour les variables étudiées en fonction la source de l'eau d'irrigation.

Chapitre IV

Chapitre IV. Résultats et discussion**III.1. Résultats****III.1.1. Impact des eaux piscicoles sur les peuplements faunistiques du sol****III.1.1.1. Effet sur l'abondance et la biomasse des vers de terre**

Les prélèvements des vers de terre sont effectués dans 10 carrés de 25x25 cm en allant de la surface jusqu'à 30 cm de profondeur. Les résultats obtenus dans 625 cm² sont rapporté en m².

- **En culture de fève**

Nous remarquons qu'avant la mise en place de la culture (terre non irriguée), il n'y'avait pas une grande différence dans l'abondance des vers de terre dans les deux sous parcelles destinées à être cultivées en fèves puisque nous avons noté un nombre moyen de 86,4 vers de terre/m² dans la sous parcelle destinée à être irriguée par les eaux de forage et 78,4 vers de terre/m² dans la sous parcelle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles (Fig. 34) (différences non significatives, $p = 0,0969 > 0,05$) (Tableau 1 en annexe b). Cependant à la fin de la culture, On observe une différence très nette de l'abondance des vers entre les deux sous parcelles puisque le nombre de vers prélevés de la parcelle irriguée au cours de la culture par les eaux piscicoles est pratiquement le double de celui des vers récoltés de la parcelle irriguée par les eaux de forage (Fig. 34). L'analyse de la variance a révélé que ces différences sont hautement significatives ($p = 0,006988, < 0,005$) (Tableau 2 en annexe b).

De même, la biomasse des vers de terre dans les sous parcelles cultivées en fève, avant l'irrigation, était pratiquement similaire ($p = 0,879 > 0,05$) (Fig. 34 et tableau 3 en annexe b). Mais après irrigation, des différences significatives ($p = 0,001 < 0,05$) sont observées entre les deux parcelles puisque la biomasse des vers récoltés dans la parcelle irriguée par les eaux de forage était de 19,54g/m² alors qu'elle est plus élevée dans la sous parcelle irriguée avec l'eau de forage (51,06g/m²) (Fig. 34 et tableau 4 en annexe b).

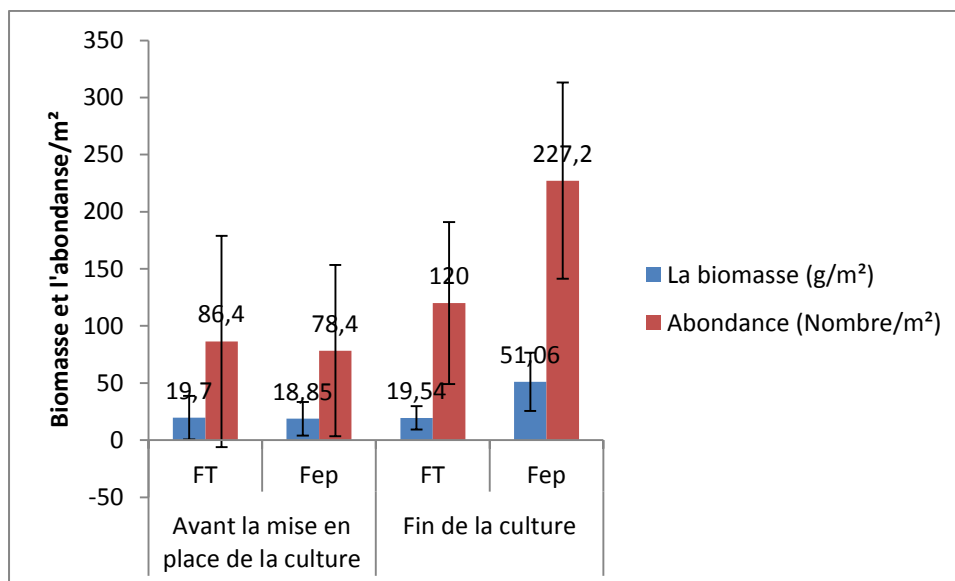


Figure 34 : Effet des eaux piscicoles sur la biomasse et l'abondance des vers de terre en culture de fève.

FT : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Fep : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par les eaux piscicoles

- **En culture de pois**

Nous remarquons qu'avant la mise en place de la culture (terre non irriguée), il n'y avait pas une grande différence dans l'abondance des vers de terre dans les deux sous parcelles destinées à être cultivées en pois puisque nous avons noté un nombre moyen de 220,80 vers de terre/m² dans la sous parcelle destinée à être irriguée par les eaux de forage et 203,2 vers de terre/m² dans la sous parcelle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles (Fig. 35). L'analyse de la variance a montré que cette différence n'est pas significative ($p=0,761$) (Tab.5 en annexe b). Par contre, à la fin de la culture, on observe que les vers de terre sont plus abondants dans la parcelle irriguée par les eaux piscicoles (275,8 vers/m²) comparativement à celle irriguée par l'eau de forage (179,2 vers/m²). L'analyse a confirmé la significativité de cette différence ($p=0,005663$) (Tab.6 en annexe b). Concernant la biomasse des vers de terre, la différence n'est pas significative entre les sous parcelles destinées à être cultivées en fève avant la mise en place de la culture (non irriguée), elle est de 49,95g/m² dans la sous parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage et 49,62g/m² dans celle qui était destinée à être irriguée par l'eau de piscicole ($p=0,879$) (Fig. 35 et tab. 17 en annexe b). A la fin de la culture, on note que la biomasse a

augmenté dans les deux sous parcelles avec des différences significatives ($p=0,023203$) entre la sous parcelle irriguée en eaux de forage et celles irriguée par les eaux piscicoles où la biomasse était plus élevée ($72,75\text{g/m}^2$) (Fig. 35 et tab. 8 en annexe b).

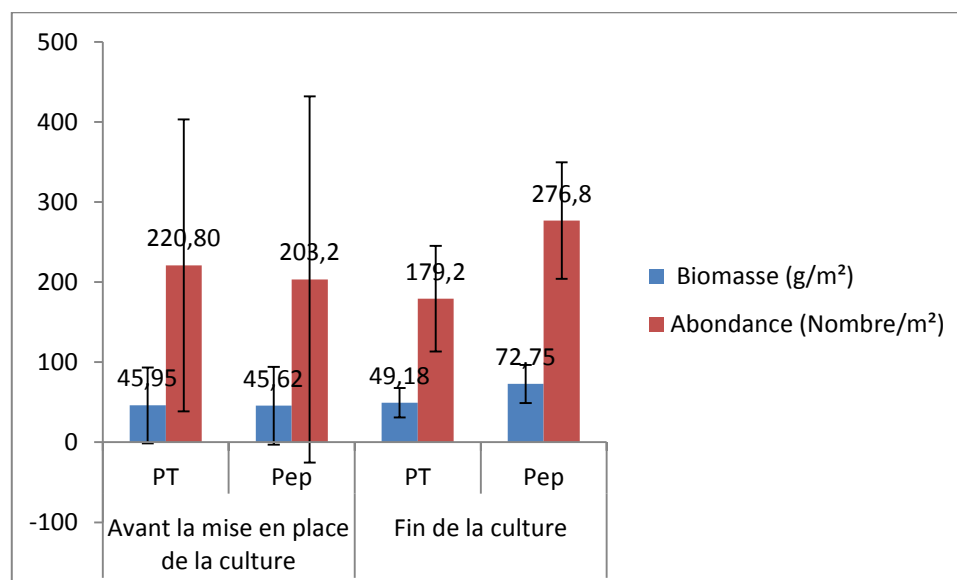


Figure 35: Effet des eaux piscicoles sur la biomasse et l'abondance des vers de terre en culture de pois.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l'eau de forage (témoin)

Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

III.1.1.2. Effet sur les nématodes

III.1.1.2.1. Nématodes à kystes

Des kystes appartenant à deux genres *Heterodera* et *Globodera* sont détectés dans la parcelle expérimentée (dans les sous parcelles cultivée en fève et celles cultivées en pois). Pour le genre *Heterodera*, des kystes pleins et des kystes vides sont collectés. Quant au genre *Globodera*, seulement des kystes vides sont détectés.

- **En culture de fèves**

L'abondance de ces kystes est moins importante avant la mise en place de la culture par rapport à la fin de la culture. Avant la mise en place de la culture, les densités des différents types de kystes (kystes pleins et vides d'*Heterodera* et kystes vides de *Globodera*) ne sont pas significativement différentes entre la sous parcelle de fève destinée à être irriguée par l'eau de forage et celle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles (les probabilités calculées pour les

trois variables sont supérieures à 0,05) (Fig. 36 et Tab 4.). A la fin de la culture, sur les trois variables considérées, seulement, le nombre de kystes vides d'*Heterodera* varie entre les deux sous parcelles, il est plus élevé dans la sous parcelle irriguée par l'eau de forage (9,8 kyste/200g du sol) par rapport à celui dénombré dans la parcelle irriguée par les eaux piscicoles (3,6 kyste/200g du sol) (Fig.36.). Cette variation est très hautement significative ($p= 0,000476$, elle est inférieure à 0,0005) (Tab.5).

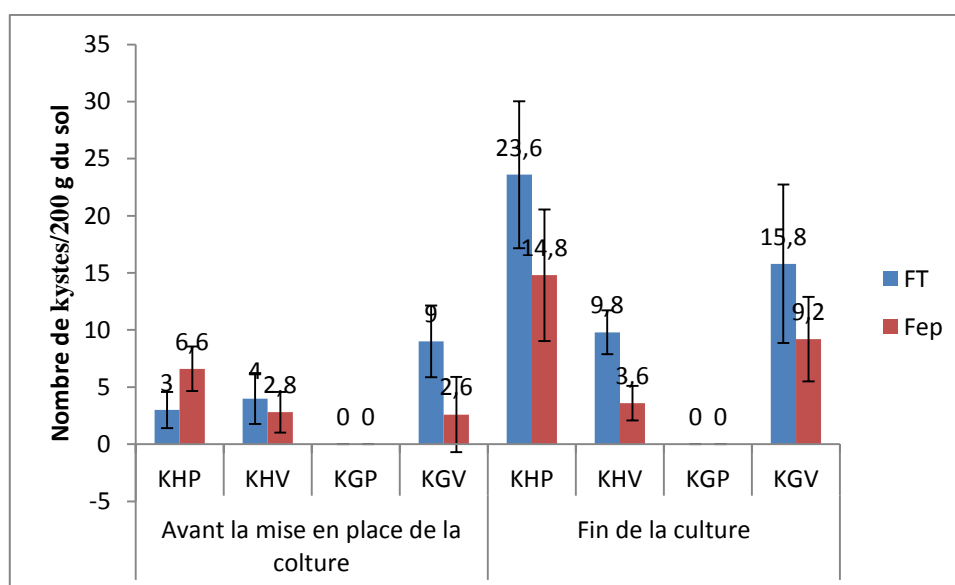


Figure 36: Effet des eaux piscicoles sur la l'abondance des nématodes à Kystes en culture de fève.

KHP : Kystes pleins d'*Heterodera* Kystes pleins de *Globodera*
 KHV : kystes vides d'*Heterodera* Kystes vides de *Globodera*
 FT : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Fep : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 4: Analyse de la variance au seuil de 5% des densités des kystes d'*Heterodera* et ceux de *Globodera* dans les sous parcelles destinées à la culture de fève (avant mise place de la culture).

Variable	Analyse de la Variance Effets significatifs marqués à $p < ,05000$							
	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
KHP	6,40000	1	6,40000	25,20000	8	3,15000	2,031746	0,191870
KHV	0,10000	1	0,10000	32,80000	8	4,10000	0,024390	0,879765
KGP	22,50000	1	22,50000	82,40000	8	10,30000	2,184466	0,177664

Tableau 5 : Analyse de la variance au seuil de 5% des densités kystes d'*Heterodera* et ceux de *Globodera* en fonction de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en fève (Fin de la culture)

Variable	Analyse de la Variance (Feuille de données1)							
	Effets significatifs marqués à $p < ,05000$							
	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
KHP	193,6000	1	193,6000	298,0000	8	37,25000	5,19732	0,052091
KHV	96,1000	1	96,1000	24,0000	8	3,00000	32,03333	0,000476
KGP	108,9000	1	108,9000	247,6000	8	30,95000	3,51858	0,097535

- **En culture de pois**

Nous remarquons qu'avant la mise en place de la culture (terre non irrigués) des variations significatives des densités des kystes pleins d'*Heterodera* sont notées entre la sous parcelle destinées à être irriguée par les eaux piscicoles et celle destinée à être irriguée par l'eau de forage ($p=0,031380$) (Fig. 37 et tab. 6). Cependant, les kystes vides d'*Heterodera* et ceux de *Globodera* ne montraient pas de différences significatives. Au deuxième prélèvement, la densité des kystes pleins et vides d'*Heterodera* ne varie pas significativement en fonction de l'eau d'irrigation. Par contre, des variations hautement significatives sont notées pour la densité de kystes vides de *Globodera* ($p=0,001450$) (Fig. 37 et tab. 6).

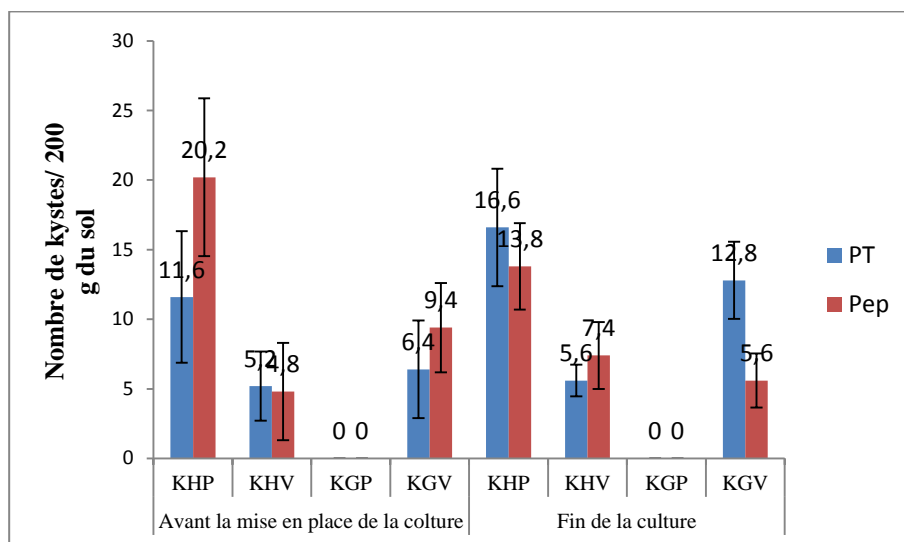


Figure 37: Effet des eaux piscicoles sur la l'abondance des nématodes à kystes en culture de pois.

KHP : Kystes pleins d'*Heterodera* Kystes pleins de *Globodera*
 KHV : kystes vides d'*Heterodera* Kystes vides de *Globodera*
 FT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 6: Analyse de la variance au seuil de 5% des densités kystes d'*Heterodera* et ceux de *Globodera* dans les sous parcelles destinées à la culture de pois (avant mise place de la culture).

Variable	Analyse de la Variance Effets significatifs marqués à $p < ,05000$							
	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
KHP	184,9000	1	184,9000	218,0000	8	27,25000	6,785321	0,031380
KHV	0,4000	1	0,4000	73,6000	8	9,20000	0,043478	0,840038
KGV	22,5000	1	22,5000	90,4000	8	11,30000	1,991150	0,195905

Tableau 7: Analyse de la variance au seuil de 5% des densités kystes d'*Heterodera* et ceux de *Globodera* en fonction de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en pois (Fin de la culture)

Variable	Analyse de la Variance (Feuille de données1) Effets significatifs marqués à $p < ,05000$							
	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
KHP	19,6000	1	19,6000	110,0000	8	13,75000	1,42545	0,266706
KHV	8,1000	1	8,1000	28,4000	8	3,55000	2,28169	0,169353
KGV	129,6000	1	129,6000	46,0000	8	5,75000	22,53913	0,001450

III.1.1.2.2. Nématodes libres

- En culture de fève

Avant la mise en place de la culture, le nombre de nématodes libres dans la sous parcelle destinée à être irriguée par les eaux de forage (66,60 /200 g du sol) est plus élevé par rapport celui enregistré dans celle qui était destinée à être irriguée par les eaux piscicoles (46,80/200 g du sol) (cette différence est significative, $p=0,021708$) (Fig.38 et tab.8). A la fin de la culture, le nombre moyen d'individus a diminué par rapport la densité initiale. Les différences entre les deux parcelles (irriguées par l'eau de forage et celle irriguée par les eaux piscicoles) sont hautement significatives ($p=0,015293$) (Fig. et Tab. 9).

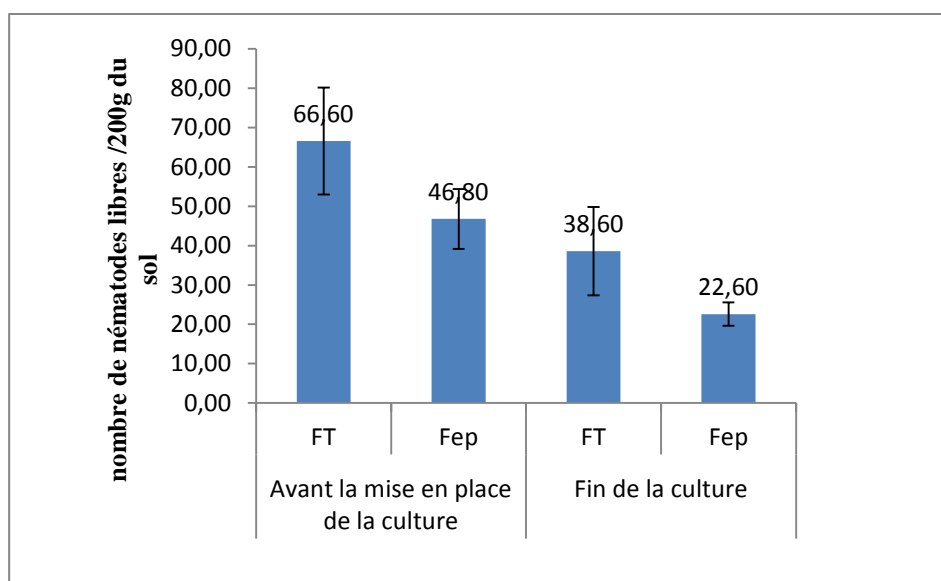


Figure 38: Effet des eaux piscicoles sur la l’abondance des nématodes libres en culture en fève.

FT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l’eau de forage (témoin)
 Fep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 8: Analyse de la variance au seuil de 5% de la variabilité des nématodes libres dans les sous parcelles destinées à la culture fève (avant la mise en place de la culture).

Effet	Tests Univariés de Significativité pour Nombre de nématodes libres (Feuille de données1) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	P
ord. origine	32148,90	1	32148,90	265,1456	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	980,10	1	980,10	8,0833	0,021708
Erreur	970,00	8	121,25		

Tableau 9: Analyse de la variance au seuil de 5% de la variabilité des nématodes libres dans les sous parcelles cultivées en fève en fonction de la source d’eau d’irrigation (fin de la culture)

Effet	Tests Univariés de Significativité pour Nombre de nématodes libres (Feuille de données3) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	P
ord. origine	9363,600	1	9363,600	138,1062	0,000003
Source de l'eau d'irrigation	640,000	1	640,000	9,4395	0,015293
Erreur	542,400	8	67,800		

- **En culture de pois**

Les nombre des nématodes libres calculés dans les deux sous parcelle cultivées en pois (celle irriguée par l'eau de forage et celle irriguée par les eaux piscicoles) a diminué en fin de culture par rapport ceux dénombré avant la mise en place de la culture (de 112,4 nématodes /200 g du sol à 59,4 nématodes /200 g du sol dans la parcelle irrigué par l'eau de forage et de 115.2 nématodes/200 g du sol à 47 nématodes/200 g du sol). Cependant, nous n'avons pas noté un effet de la source d'eau d'irrigation sur la densité des nématodes libres puisque avant la mise en place de la culture la densité des nématodes libres n'était significativement différente entre la parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage et celle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles ($p=0,232075$) (Fig. 39 et tab.10) et même après irrigation, aucune différence significative de densité n'a été révélée par l'analyse de la variance ($p=0,853349$) (Fig. 39 et tab.11).

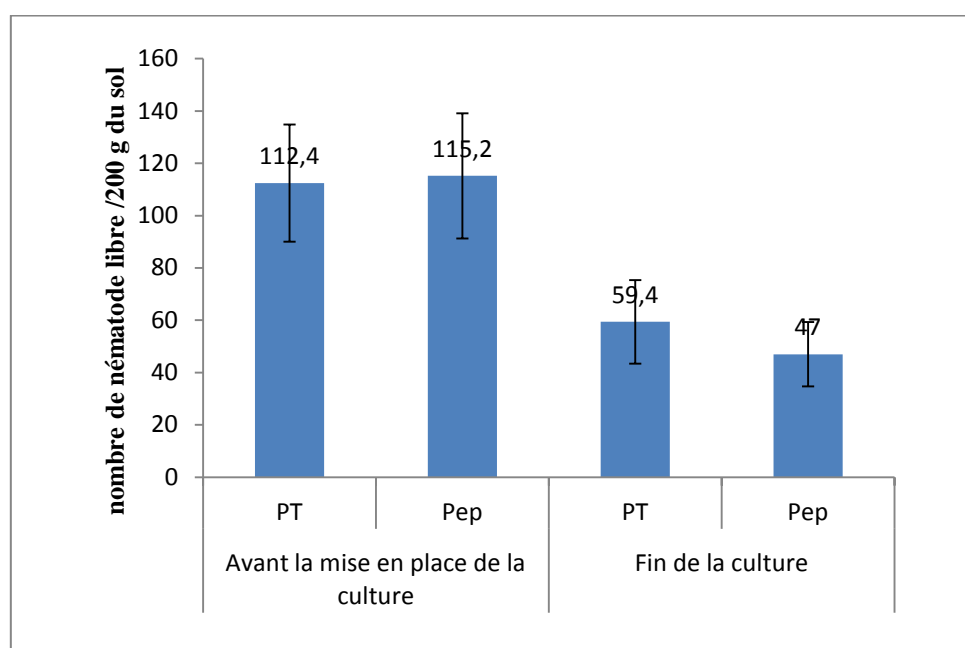


Figure 39: Effet des eaux piscicoles sur la l'abondance des nématodes libres en culture de pois.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l'eau de forage (témoin)

Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 10: Analyse de la variance au seuil de 5% de la variabilité des nématodes libres dans les sous parcelles destinées à la culture de pois (avant la mise en place de la culture).

Effet	Tests Univariés de Significativité pour Nombre de nématodes libres Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	P
ord. origine	28302,40	1	28302,40	123,1074	0,000004
Source de l'eau d'irrigation	384,40	1	384,40	1,6720	0,232075
Erreur	1839,20	8	229,90		

Tableau 11: Analyse de la variance au seuil de 5% de la variabilité des nématodes libres dans les sous parcelles cultivées en pois en fonction de la source d'eau d'irrigation (fin de la culture)

Effet	Tests Univariés de Significativité pour Nombre de nématodes libres Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	P
ord. origine	129504,4	1	129504,4	240,8264	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	19,6	1	19,6	0,0364	0,853349
Erreur	4302,0	8	537,8		

III.1.1.3. Effet sur les arthropodes

III.1.1.3. 1. Effectifs et abondance relative d'arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois et en fèves en fonction des classes

- **Culture en fève**

Les résultats relatifs aux effectifs et l'abondance relative de l'arthropodofaune capturée par les pots Barber (en fonction des calasses) en culture de fève lors des deux prélèvements sont présentés dans le tableau 12 et les figure 40 et 41.

L'arthropodofaune capturée par les pots barber en culture de fève est répartie en trois classes (Insecta, Arachnida et Crustacea).

Avant la mise en place de la culture, le nombre d'individus capturés dans la sous parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage est plus élevé par rapport à celui dénombré dans la parcelle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles (437 et 387 individus respectivement avec une différence de 50 individus). A la fin de la culture, le nombre d'individus dans la parcelle

irriguée par l'eau de forage est beaucoup plus important comparativement à celui obtenu dans la parcelle irriguée par les eaux piscicoles (1060 et 683 individus respectivement avec une différence de 377 individus).

Avant la mise en place de la culture (terre non irriguée), la classe des Insecta est plus dominante dans la sous parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage avec une fréquence de 60,18% suivie de celle des Arachnida avec une fréquence de 39,36% alors que dans celle qui était destinée à être irriguée par les eaux piscicoles c'est la classe des Arachnides qui était la plus dominante avec une fréquence de 55,81% suivie de celle des Insecta avec une fréquence de 42,64%. La classe des Crustacea est faiblement représentée dans les deux sous parcelles (seulement 2 individus sont capturés dans la sous parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage soit une fréquence de 0,46% et 6 dans celle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles, soit une fréquence de 1,55%).

A la fin de la culture, nous avons remarqué que le nombre des insectes a augmenté dans les deux sous parcelles (quelle soit celle irriguée par l'eau de forage ou celle irriguée par les eaux piscicoles) mais il est plus élevé dans la parcelle irriguée par l'eau de forage (937 individus soit une fréquence de 88,4%) par rapport à celui dénombré dans la parcelle irriguée les eaux piscicoles (530 individus, soit une fréquence de 77,60%). Par contre, le nombre des Arachnides et leur fréquence ont diminué dans les deux sous parcelles. 3 individus appartenant à la classe des crustacés sont récoltés dans la sous parcelle irriguée par l'eau de forage et aucun crustacé n'est capturé dans la parcelle irriguée par l'eau piscicole.

Tableau 12: Effectifs et abondance relative des arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en fève en fonction des classes.

Classes	Avant la mise en place de la culture (non irriguée)				A la fin de la culture			
	FT (destinées à être irriguée par l'eau de forage)		Fep (destinées à être irriguée par les eaux piscicoles)		FT (irriguée par l'eau de forage)		Fep (irriguée par les eaux piscicoles)	
	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)
Insecta	263	60.18	165	42.64	937	88.4	530	77.60
Arachnida	172	39.36	216	55.81	120	11.32	153	22.4
Crustacea	02	0.46	6	1.55	3	0.28	0	0
Totaux	437	100	387	100	1060	100	683	100

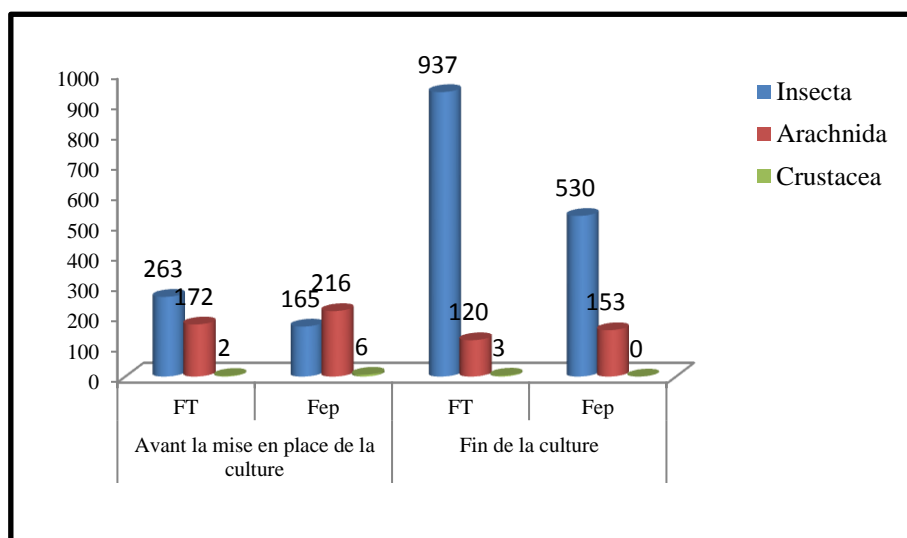


Figure 40 : Effectifs des arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en fève en fonction des classes.

FT : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Fep : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par les eaux piscicoles

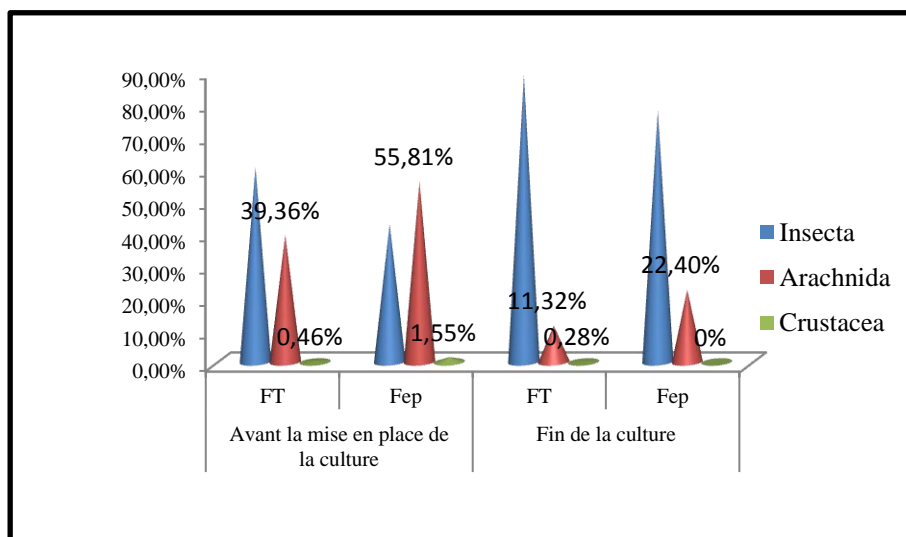


Figure 41 : la fréquence d'arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en fève en fonction des classes.

FT : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Fep : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par les eaux piscicoles

- **Culture en pois**

Les résultats relatifs aux effectifs et l'abondance relative de l'arthropodofaune capturés par les pots Barber en culture de pois lors des deux prélèvements sont présentés dans le tableau 13 et les figures 42 et 43.

L'arthropodofaune capturée par les pots Barber en culture de pois est répartie en trois classes (Insecta, Arachnida et Crustacea).

Avant la mise en place de la culture, il n'y a pas de différences importantes entre les effectifs d'insectes, ceux des Arachnides et ceux des Crustacés entre la sous parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage et celle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles. La classe des insectes compte les effectifs les plus élevés (153 soit une fréquence de 60% et 151 soit une fréquence de 58,3% dans la parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage et celle destinée à être irriguée par les eaux de piscicoles respectivement). Elle est suivie de la classe des Arachnides (99 soit une fréquence de 38,82 % et 104 soit une fréquence de 40, dans la parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage et celle destinée à être irriguée par les eaux de piscicoles respectivement). L'effectif des Crustacés est le même dans les deux parcelle (3 individus sont capturés soit une fréquence de 1.18% dans la parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage et 1,54% dans la parcelle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles). A la fin de la culture, on a enregistré une augmentation des effectifs des insectes dans les deux sous parcelle mais la différence entre les sous parcelles n'est pas importante (607 individus dans la parcelle irriguée par l'eau de forage et 118 individus dans celle irriguée par l'eau de forage. Par contre les effectifs des Arachnides ont diminués il est de 37 individus dans les deux sous parcelle. Au cours de ce prélèvement, aucun Crustacé n'est piégé (Tab. 13 et fig. 42 et 43).

Tableau 13: Effectifs et abondance relative des arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois en fonction des classes.

Classes	Avant la mise en place de la culture (non irriguée)				A la fin de la culture			
	PT (destinées à être irriguée par l'eau de forage)		Pep (destinées à être irriguée par les eaux piscicoles)		PT (irriguée par l'eau de forage)		Pep (irriguée par les eaux piscicoles)	
	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)
Insecta	153	60	151	58.30	607	94.25	618	94.35
Arachnida	99	38.82	104	40.15	37	5.75	37	5.65
Crustacea	3	1.18	3	1.54	0	0	0	0
Totaux	255	100.00	259	100.00	644	100.00	655	100.00

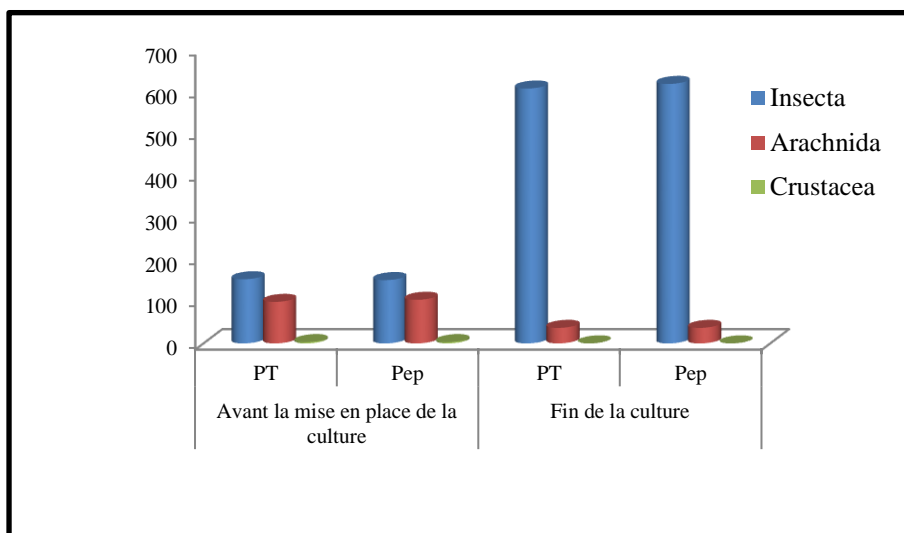


Figure 42: Effectifs d’arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois en fonction des classes.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l’eau de forage (témoin)
 Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

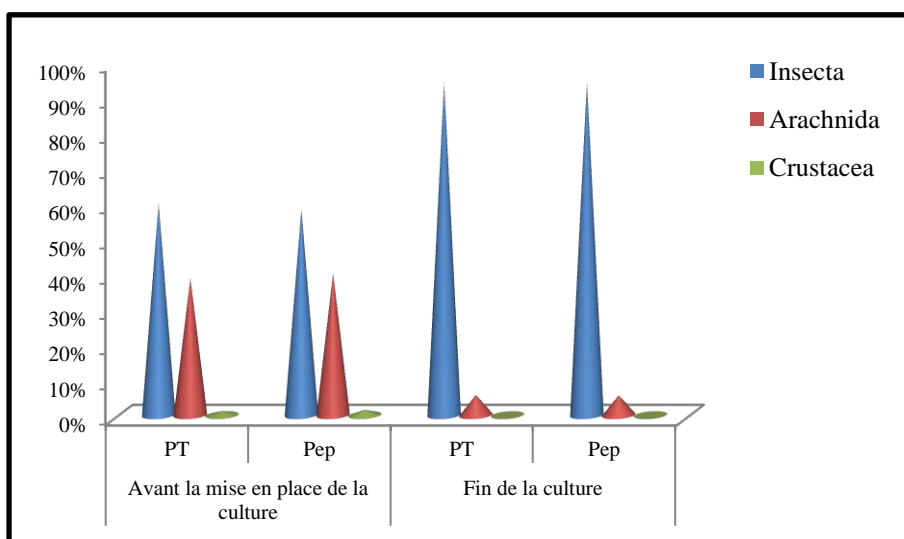


Figure 43: la fréquence d’arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois en fonction des classes.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l’eau de forage (témoin)
 Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

III.1.1.3.2. Effectifs et abondance relative d'arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en pois et en fèves en fonction des ordres

- **Dans la parcelle cultivée en fève**

Les résultats relatifs à l'arthropodofaune inventoriée dans les sous parcelles cultivées en fève sont consignés dans le tableau 14.

L'arthropodofaune capturée par les pots Barber avant la mise en place de la culture était répartie en (10) ordres dans la sous parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage : Collemboles, Hyménoptères, Coléoptères, Dermoptères, Diptères, Acariens, Araignées, Opilions et solifuges. Dans la parcelle destinées à être irriguée par les eaux piscicoles, (12) ordres sont répertoriés. On note que les mêmes ordres répertoriés dans la sous parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage sont aussi recensés dans la sous parcelle destinée à être irriguée par les piscicoles (exceptés les Diptères) en plus, (3) autres ordres sont déterminés (Protoures, Orthoptères et Lépidoptères) mais ils sont représentés seulement par un seul individu chacun. Dans les deux sous parcelles, l'ordre le plus représenté est celui des Acariens et il est suivi par celui des Collemboles : 166 acariens soit une fréquence de 37,99%, et 149 collemboles soit une fréquence de 34,10% dans la sous parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage. De même, 210 acariens, soit une fréquence de 54,26% et 79 collemboles soit une fréquence de 20,41% sont inventoriés dans la parcelle irriguée par les eaux piscicoles.

Au deuxième prélèvement réalisé en mois d'Avril (fin de la culture), 10 ordres sont inventoriés dans la sous parcelles irriguée par l'eau de forage et 9 sont répertoriés dans la parcelle irriguée par les eaux piscicoles. Nous remarquons aussi, quelques différences dans les effectifs et l'abondance relative des différents ordres dans la sous parcelle irrigué par l'eau de forage et celle irriguée par les eaux piscicoles :

Dans la parcelle irriguée par l'eau de forage, c'est l'ordre des Hyménoptères (représenté surtout par les fourmis) qui est le plus représenté avec 525 individus soit une fréquence de 49,53%, il est suivi par l'ordre des Collemboles avec un effectif de 264 individus soit une fréquence de 24,91% puis par celui des araignées avec 119 individus, soit une fréquence de 11,23% et celui des Diptères avec 104 individus soit une fréquence de 9,81% . Les autres ordres (Coléoptères, Dermoptères, Homoptères, Thysanoptères, Opilions et Isopodes sont faiblement abondants.

Par contre, dans la parcelle irriguée par les eaux piscicoles, ce sont les Diptères (mouches et moustiques) qui sont les plus abondants avec 371 individus soit une fréquence de 54,32%, il est suivi par celui des Araignées avec 149 individus (une fréquence de 21,82%). Ensuite, viennent les Hyménoptères, Collemboles, les Dermoptères, Coléoptères et les Homoptères avec des effectifs (53, 43, 35 et 17, 10 individus respectivement) et des fréquences (7.76%, 6.30%, 5,12% et 2,49% et 1,46% respectivement) moins importants. L'ordre des Opilions est faiblement représenté avec un effectif de 4 individus soit une fréquence de 0,59%.

Tableau 14: Effectifs et abondance relative des arthropodes récoltés dans les parcelles cultivées en fèves en fonction des ordres

Classes	Ordre	Avant la mise en place de la culture (non irriguée)				A la fin de la culture			
		FT (destinées à être irriguée par les eaux de forage)		Fep (destinées à être irriguée par les eaux de piscicoles)		FT (irriguée par l'eau de forage)		Fep (irriguée par les eaux dpiscicoles)	
		Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)
Insecta	Collemboles	149	34.10	79	20.41	264	24.91	43	6.30
	Protoures	0	0.00	1	0.26	0	0.00	0	0.00
	Hyménoptères	58	13.27	47	12.14	525	49.53	53	7.76
	Coléoptères	30	6.86	11	2.84	13	1.23	17	2.49
	Dermaptères	12	2.75	17	4.39	16	1.51	35	5.12
	Orthoptères	0	0.00	1	0.26	0	0.00	0	0.00
	Homoptères	0	0.00	0	0.00	12	1.13	10	1.46
	Lépidoptères	0	0.00	1	0.26	0	0.00	0	0.00
	Larves	0	0.00	5	1.29	2	0.19	1	0.15
	Diptères	9	2.06	0	0.00	104	9.81	371	54.32
	Thysanoptères	0	0.00	0	0.00	1	0.09	0	0.00
	Indéterminés	5	1.14	3	0.78	0	0.00	0	0.00
Arachnida	Acariens	166	37.99	210	54.26	0	0.00	0	0.00
	Araignées	4	0.92	5	1.29	119	11.23	149	21.82
	Opillions	2	0.46	1	0.26	1	0.09	4	0.59
	Solifuges	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Crustacea	Isopodes	2	0.46	6	1.55	3	0.28	0	0.00
	Total	437	100.00	387	100.00	1060	100.00	683	100.00

Ni : Nombre d'individus, Fréq : fréquences en (%)

- **Dans la parcelle cultivée en pois**

Les résultats relatifs à l'arthropodofaune inventoriée dans les sous parcelles cultivées en pois sont consignés dans le tableau 15.

L'arthropodofaune capturée par les pots Barber avant la mise en place de la culture était répartie en (8) ordres dans la sous parcelle destinée à être irriguée par l'eau de forage : Collemboles, Hyménoptères, Coléoptères, Dermoptères, Acariens, Araignées, Opilions et Isopodes. Dans la parcelle destinées à être irriguée par les eaux piscicoles, (12) ordres sont inventoriés (En plus des ordres inventoriés dans la sous parcelle irriguée par l'eau de forage, 4 autres ordres (Orthoptères, Homoptères, Diptères et Solifuges) sont présents mais avec de faibles effectifs (1 individu a été détecté pour chaque ordre).

Dans les deux sous parcelles (celle destinée à être irriguée par l'eau de forage et celle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles), l'ordre le plus représenté est celui des acariens et il est suivi par ceux des Collemboles, Hyménoptères et Coléoptères. Nous remarquons aussi que les effectifs et l'abondance relative de ces ordres dans les deux sous parcelles sont très proches et parfois même similaires : 95 acariens et 76 de collemboles sont inventoriés dans les deux sous parcelles, l'ordre des Hyménoptères comporte 46 individus dans la sous parcelle qui été destinée à être irriguée par l'eau de forage et 48 individus dans celle qui était destinée à être irriguée par les eaux piscicoles. Quant à l'ordre des Coléoptères, il renferme 23 individus dans la sous parcelle qui était destinée à être irriguée par l'eau de forage et 17 individus celle qui était destinée à être irriguée par les eaux piscicoles. Les autres ordres présentent des effectifs faibles (ils sont presque égaux entre les deux sous parcelles).

Au deuxième prélèvement (fin de culture), on remarque que l'ordre qui domine est celui des Hyménoptères dans les deux sous parcelles mais l'effectif des individus inventoriés et leur abondance relative sont plus importants dans la sous parcelles irriguée par l'eau de forage par rapport à celle irriguée par les eaux piscicoles (492 individus soit une fréquence de 76,40% et 370 individus soit une fréquence de 56,49% respectivement. Cependant, dans la parcelle irriguée par les eaux de forage, Ce sont les Coléoptères et les Araignées qui se classent après les Hyménoptères avec 35 individus soit une fréquence de 5,43% pour les deux ordres et ils sont suivis par les Collemboles et les Diptères avec (23 individus soit une fréquence de 3,57% et 22 individus soit une fréquence de 3,42% respectivement). Par contre, dans la sous parcelle irriguée par les eaux piscicoles, Ce sont les Collemboles qui se classent après les Hyménoptères avec un effectif de 78 individus, soit une fréquence de 11,91% puis ils sont suivis par les Diptères avec

66 individus (une fréquence de 10.08%), par la suite, viennent les Coléoptères avec un effectif de 51 individus soit une fréquence de 7,79% , les Homoptères et Araignées avec un le même effectif de 36 individus soit une fréquence de 5,5%.

Tableau 15: Effectifs et abondance relative des arthropodes récoltés dans les sous parcelles cultivées en pois en fonction des ordres

Classes	Ordre	Avant la mise en place de la culture (non irriguée)				A la fin de la culture			
		PT (destinées à être irriguée par l'eau de forage)		Pep (destinées à être irriguée par les eaux piscicoles)		PT (irriguée par l'eau de forage)		Pep (irriguée par les eaux piscicoles)	
		Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)	Ni	Fréq (%)
Insecta	Collemboles	76	29.80	76	29.34	23	3.57	78	11.91
	Protoures	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	Hyménoptères	46	18.04	48	18.53	492	76.40	370	56.49
	Coléoptères	23	9.02	17	6.56	35	5.43	51	7.79
	Dermaptères	3	1.18	4	1.54	5	0.78	5	0.76
	Orthoptères	0	0.00	1	0.39	0	0.00	0	0.00
	Homoptères	0	0.00	1	0.39	12	1.86	36	5.50
	Lépidoptères	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	Larves	1	0.39	1	0.39	0	0.00	3	0.46
	Diptères	0	0.00	1	0.39	22	3.42	66	10.08
	Tysanoptères	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	Indeterminés	4	1.57	2	0.77	18	2.80	9	1.37
Arachnida	Acariens	95	37.25	95	36.68	0	0.00	0	0.00
	Araignées	3	1.18	7	2.70	35	5.43	36	5.50
	Opilions	1	0.39	1	0.39	2	0.31	1	0.15
	Solifuges	0	0.00	1	0.39	0	0.00	0	0.00
Crustacea	Isopodes	3	1.18	4	1.54	0	0.00	0	0.00
	Total	255	100.00	259	100.00	644	100.00	655	100.00

Ni : Nombre d'individus, Fréq : fréquences en (%)

III.1.1.3.3. Nombres moyens d'individus capturés par piège pour les différents ordres d'Arthropodes

Nous avons calculé les nombres moyens d'individus capturés /piège pour chaque ordre. Afin d'estimer la significativité des différences observées pour chaque ordre entre les deux sous parcelles de la même culture avant la mise en place de la culture et à la fin de la culture (irrigation au cours de la culture), des analyses de variances sont effectuées.

- **En culture du pois**

Avant la mise en place de la culture, les ordres d'Arthropodes les plus capturés par les pots Barber sont les Acariens avec une moyenne de 9,5 individus/ piège dans les deux sous parcelles (celle destinée à être irriguée par l'eau de forage et celle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles). Ils sont suivis par les collemboles, les Hyménoptères et les Coléoptères puis viennent les autres ordres qui sont faiblement capturés. La figure 44 montre que les nombres moyens d'individus capturés par ordre pour les deux sous parcelles sont proches et parfois similaires. Ceci a été confirmé par l'analyse de la variance qui montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les deux sous parcelles en fonction des nombres moyens d'individus capturés par piège (Toutes les probabilités calculées sont supérieures à 0,05) (Tab. 16).

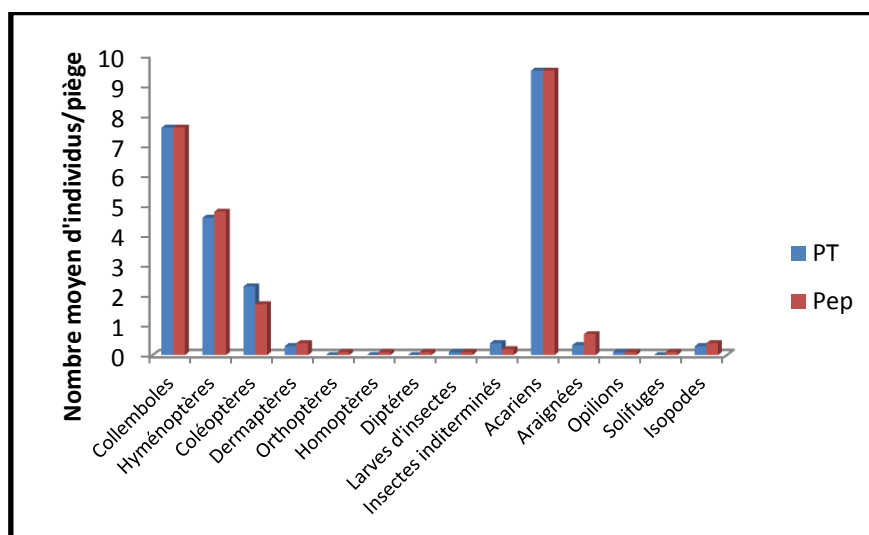


Figure 44: Nombres moyens d'individus capturés par piège pour les différents ordres au cours du premier prélèvement dans les sous parcelles destinées pour la culture du pois.

PT : sous parcelle cultivée en pois, destinée à être irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Pep : sous parcelle cultivée en fève, destinée à être irriguée par les eaux piscicoles

Au deuxième prélèvement, on note quelques différences dans les nombres moyens d'individus/ piège entre la parcelle irriguée par l'eau de forage et celle irriguée par les eaux piscicoles (Fig. 45). L'analyse de la variance a révélé que ces différences sont significatives uniquement pour l'ordre des Collemboles ($P=0,020$) et celui des Diptères ($P=0,042$) (Tab. 16).

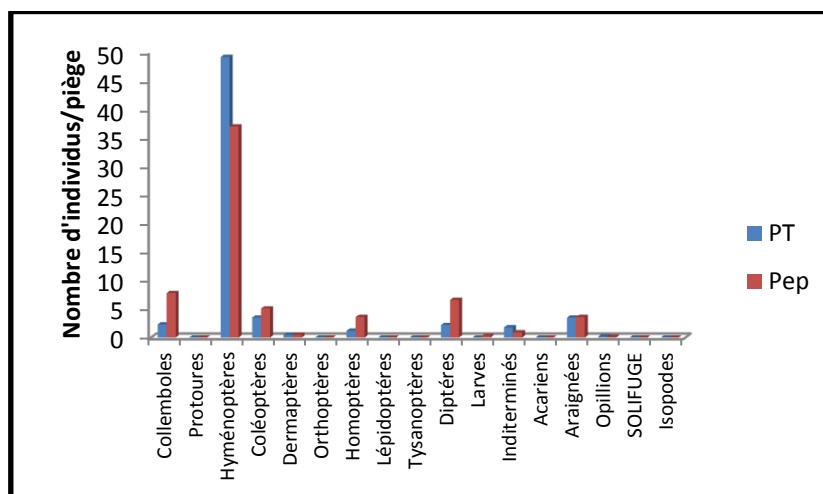


Figure 45 : Nombre moyens d'individus capturés par piège pour les différents ordres au cours du deuxième prélèvement dans les sous parcelles destinées pour la culture du pois.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Pep : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 16 : Analyse de la variance du nombre moyens d'individus capturés par piège pour les différents ordres en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois

	Probabilité (P)	
	Avant mise place de la culture	Fin de culture
Collemboles	1	0,020
Hyménoptères	0,872569	0,677
Coléoptères	0,441043	0,6531
Dermaptères	0,450	1
Homoptères	0,317	0,194
Diptères	0,317	0,042
Larves d'insectes	1	0,146
Insectes indéterminés	0,548	0,185
Acariens	0,305	-
Araignées	0,212	0,729
Opilions	1	0,541
Solifuges	0,317	-
Isopodes	0,548	-

- **En culture de fève**

Avant la mise en place de la culture, les ordres d'Arthropodes les plus capturés par les pots Barber sont les Acariens avec une moyenne de 21 individus/ piège dans le sous parcelle qui destinée à être irriguée par les eaux piscicoles et de 16.6 individus/ piège dans celle qui était destinée à être irriguée par l'eau de forage. puis viennent les collemboles avec une moyenne de 14.9 individus/ piège. Ils sont suivis par les Hyménoptères et les Coléoptères puis viennent les autres ordres qui sont faiblement capturés (Fig. 46). L'analyse de la variance entre les deux sous parcelles, en fonction des nombres moyens d'individus capturés par piège, a montré qu'il n'y'a pas de différences significatives pour tous les ordres excepté pour les coléoptères ($p=0,011377$) (Tab. 17).

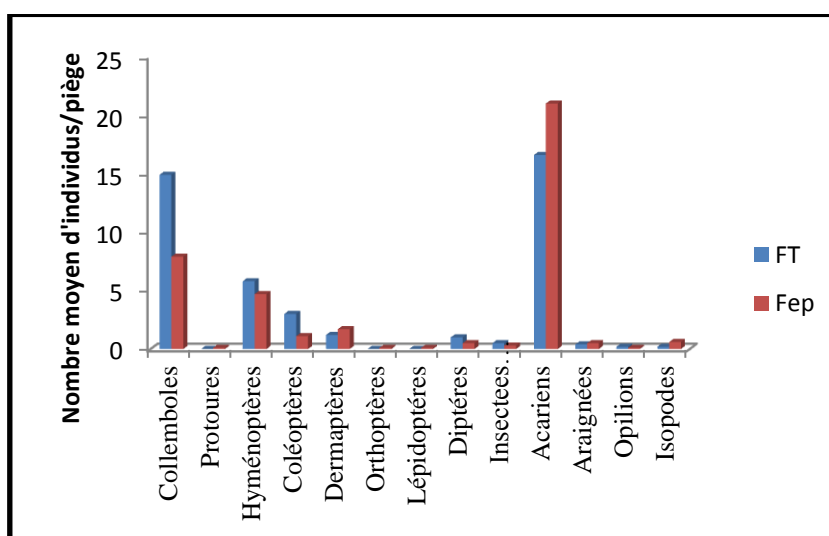


Figure 46 : Nombre moyens d'individus capturés par pièges pour les différents ordres au cours du premier prélèvement dans les sous parcelles cultivées en fève.

FT : sous parcelle cultivée en fève, destinée à être irriguée en eau de forage (témoin)
 Fep : sous parcelle cultivée en fève, destinée à être irriguée par les eaux piscicoles

Au deuxième prélèvement, on note quelques différences dans les nombres moyens d'individus/ piège entre la parcelle irriguée par l'eau de forage et celle irriguée par les eaux piscicoles (Fig. 47). L'analyse statistique a révélé que ces différences sont significatives pour l'ordre des Collemboles ($P= 0,012$) et hautement significatives pour les Hyménoptères ($P=0,004$) et les Diptères ($P= 0,001$) (Tab. 17).

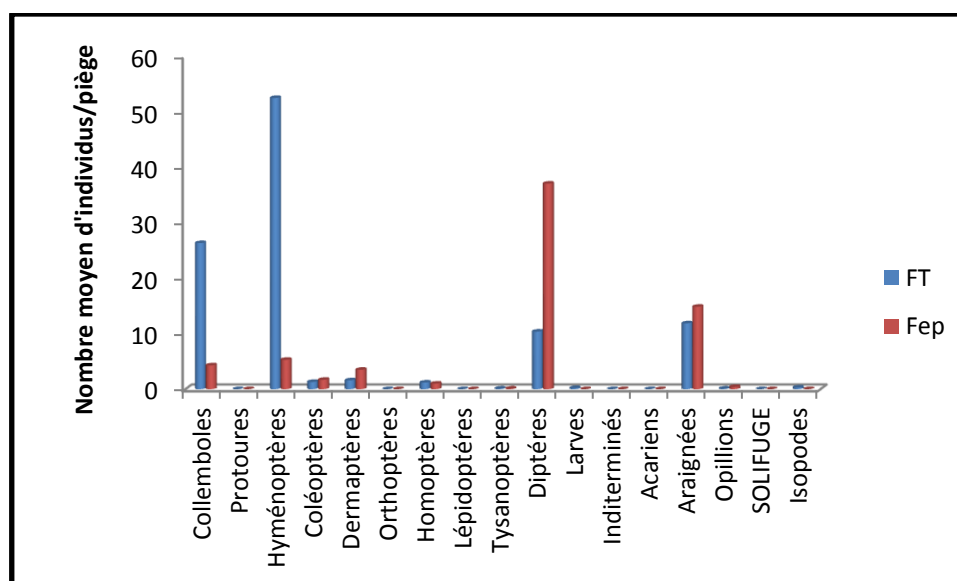


Figure 47: Nombre moyens d’individus capturés par piège pour les différents ordres au cours du deuxième prélèvement dans les sous parcelles cultivées en fève

FT : sous parcelle cultivée en fève, irriguée en eau de forage (témoin)

Fep : sous parcelle cultivée en fève, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 17 : Analyse de la variance du nombre moyens d’individus capturés par piège pour les différents ordres en fonction de la source de l’eau d’irrigation en culture de fève

Ordres	Probabilité (P)	
	Avant mise place de la culture	Fin de culture
Collemboles	0,103	0,012
Protoures	0,317	-
Hyménoptères	0,284	0,004
Coléoptères	0,011377	0,569
Dermoptères	0,421	0,260
Orthoptères	0,317	-
Lépidoptères	0,317	-
Homoptères	-	0,902
Diptères	0,325	0,001
Thysanoptères	-	1
Larves d’insectes	-	0,146
Insectes indéterminés	0,887	
Acariens	0,527	
Araignées	0,771	0,425
Opilions	-	0,254
Isopodes	-	0,146

III.1.2. Impact des eaux piscicoles sur le rendement de deux légumineuses

Afin d'évaluer l'effet de l'irrigation par les eaux piscicoles sur le rendement des deux légumineuses fève et pois, nous avons pris en considération des paramètres en relation avec la production du plant qui pourraient refléter le rendement des cultures mises en place dans les parcelles irriguées par les eaux du bassin d'élevage des poissons et celles irriguées par les de forages (considérées comme témoin).

Les résultats sur les paramètres de rendement sont consignés dans les tableaux en annexe et synthétisés dans les figures. Les résultats relatifs à l'analyse de la variance des différentes variables sont présentés dans les tableaux

III.1.2.1. Nombre de gousses par plant

Le nombre moyen des gousses par plant de la fève dans la sous parcelle qui a été irriguée par les eaux piscicoles est plus élevé comparativement à celui obtenu dans la sous parcelle irriguée par l'eau de forage (43,2 et 27,2 gousses/plant respectivement). L'analyse de la variance a révélé que cette différence est très hautement significative ($p=0,000029$ ($p<0,0005$)). (Fig. 48 et tab.18). Cependant, les résultats relatifs au même paramètre pour la culture de pois ont montré des différences moins importantes (16 gousse/plant dans les sous parcelle irriguée par l'eau et 18,9 gousses/plant) qui ne sont pas significatives ($p= 0,8819$) (figure 48 et tableau 19).

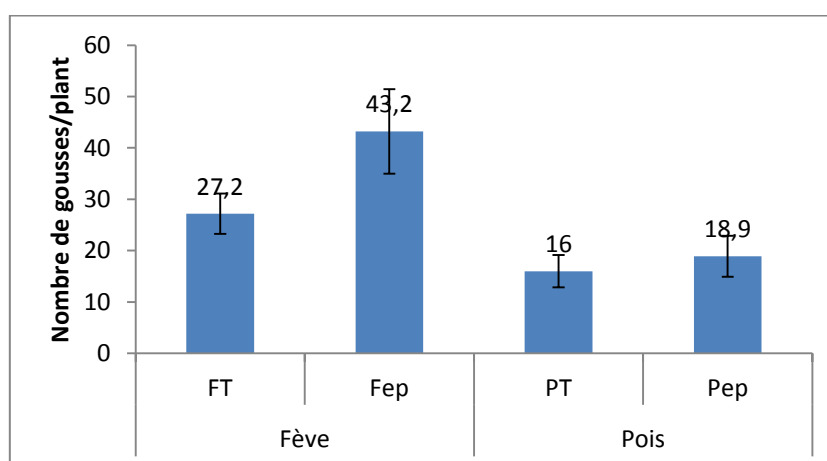


Figure 48: Nombre de gousses par plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 18 : Analyse de la variance au seuil de 5% de nombre de gousses/plant en fonction de l'origine de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en fève

Effet	Tests Univariés de Significativité pour nombre de gousses/plant Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	24780,80	1	24780,80	596,9679	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	1280,00	1	1280,00	30,8351	0,000029
Erreur	747,20	18	41,51		

Tableau 19: Analyse de la variance au seuil de 5% de nombre de gousses/plant en fonction de l'origine de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en pois

Effet	Tests Univariés de Significativité pour nombre de gousses/plant Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	6090,050	1	6090,050	470,6780	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	42,050	1	42,050	3,2499	0,088197
Erreur	232,900	18	12,939		

III.1.2.2. Poids des gousses par plant

En culture de fève, le poids moyen des gousses/ plant est de 926.36g dans la sous parcelle irriguée par les eaux piscicoles alors qu'il est seulement de 672.76g dans celles irriguées par les eaux de forage. Ces différences sont très hautement significatives (0,000344) (Fig.49 et tab. 20). En culture de pois, le poids moyen des gousses/plant était aussi plus élevé (221.19g) dans la sous parcelle irriguée par les eaux d'élevage des poissons par rapport à celle irriguée par l'eau de forage (169.51g). L'analyse de la variance a montré que ces différences sont significatives (p=0,017104) (Fig. 49 et tab.21).

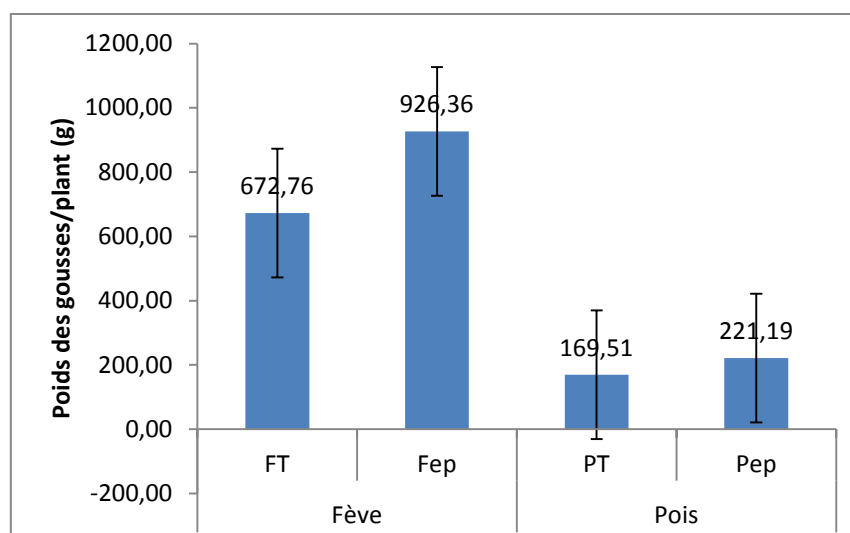


Figure 49: Poids des gousses par plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 20: Analyse de la variance au seuil de 5% de poids des gousses/plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en fève

Effet	Tests Univariés de Significativité pour poids de gousses/plant) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	12785940	1	12785940	770,5616	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	321577	1	321577	19,3803	0,000344
Erreur	298674	18	16593		

Tableau 21: Analyse de la variance au seuil de 5% de poids des gousses/plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en pois

Effet	Tests Univariés de Significativité pour poids de gousses/plant) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	763236,4	1	763236,4	394,4319	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	13352,6	1	13352,6	6,9005	0,017104
Erreur	34830,5	18	1935,0		

III.1.2.3. Poids des graines par plant

Le poids des graines par plant de la culture de fève irriguée par les eaux piscicoles (314.20g) est supérieur au poids des graines par plant de la culture de fève irriguée par les eaux de forage (222.18g) (Fig 50). L'analyse de la variance a montré que les différences enregistrées sont très hautement significatives ($p=0,000078$) (Tab. 22). De même, des différences significatives ($p=0,021339$) (Tab. 23) sont enregistrées entre les sous parcelles cultivées en pois pour cette même variable puisque dans celle qui est irriguée par les eaux piscicoles, le poids moyen des graines/plant était de 92.48g et dans celle qui est irriguée par l'eau de forage, il est de 70.33g (Fig. 50).

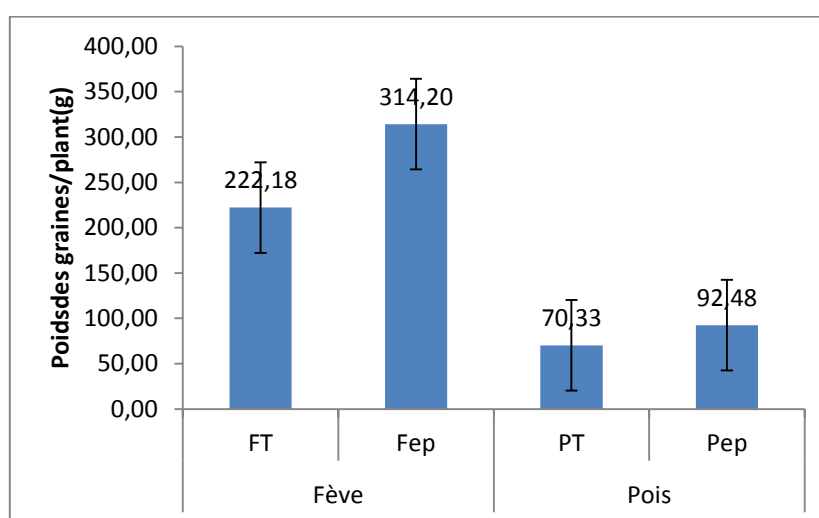


Figure 50: Poids des graines par plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l'eau de forage (témoin)

Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 22: Analyse de la variance au seuil de 5% de poids des graines/plant en fonction de la source de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en fèves

Effet	Tests Univariés de Significativité pour poids des graines/plant Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	1438491	1	1438491	877,0113	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	42336	1	42336	25,8110	0,000078
Erreur	29524	18	1640		

Tableau 23: Analyse de la variance au seuil de 5% de nombre de graines/plant en fonction de l'origine de l'eau d'irrigation dans les sous parcelles cultivées en pois

Effet	Tests Univariés de Significativité pour poids des graines/plant Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	132533,9	1	132533,9	343,2384	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	2454,7	1	2454,7	6,3571	0,021339
Erreur	6950,3	18	386,1		

III.1.2.4. Poids moyen de la gousses

Le Poids moyen des gousses de fève irrigué par les eaux piscicoles est légèrement supérieur (32.13g) au poids moyen des gousses de fève irriguée par l'eau de fourrage (29.22g) (Fig.51). L'analyse de la variance a révélé que cette différence n'est pas significative ($p=0,083441$) (Tab.24). Cependant, des variations très hautement significatives ($p=0,00066$) (Tab. 25) sont notées entre les deux sous parcelles cultivées en pois (12,51 g et 10,85g pour le pois irrigué par les eaux piscicoles et celui irrigué par l'eau de forage respectivement) (Fig.51).

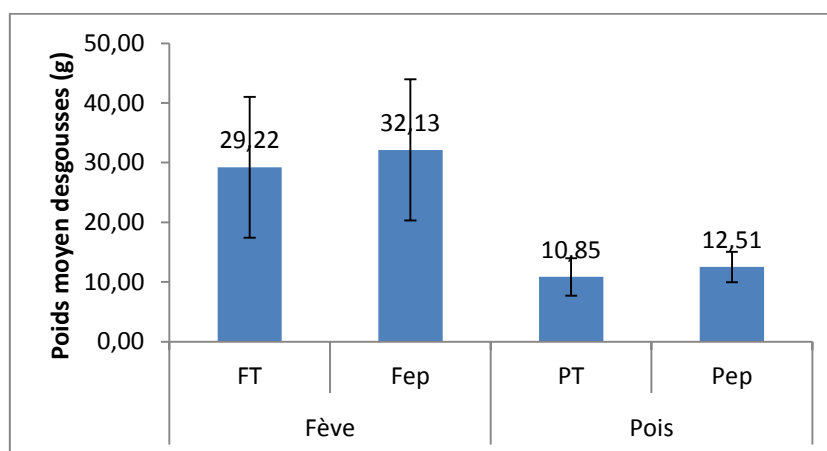


Figure 51: Poids moyen des gousses en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l'eau de forage (témoin)

Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 24: Analyse de la variance au seuil de 5% du poids moyen d'une gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de fève

Effet	Tests Univariés de Significativité pour poids moyen des gousses Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	188188,1	1	188188,1	1348,094	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	422,6	1	422,6	3,027	0,083441
Erreur	27639,9	198	139,6		

Tableau 25: Analyse de la variance au seuil de 5% du poids moyen d'une gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois

Effet	Tests Univariés de Significativité pour poids moyen des gousses Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	27276,54	1	27276,54	3304,741	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	137,18	1	137,18	16,621	0,000066
Erreur	1634,24	198	8,25		

III.1.2.4. Poids des graines par gousse

La comparaison des moyennes des poids des graines par gousse, en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures fève et pois, a montré que les différences entre les sous parcelles cultivées en fève (11.43g et 10.24g dans la sous parcelle irriguée par les eaux piscicoles et celle irriguée par l'eau de forage respectivement) ne sont pas significatives ($p=0,077$). Quant aux différences notées dans les deux sous parcelles cultivées en pois (5.46g et 4.55g dans la sous parcelle irriguée par les eaux piscicoles et celle irriguée par l'eau de forage respectivement) sont très hautement significatives (0,000201).

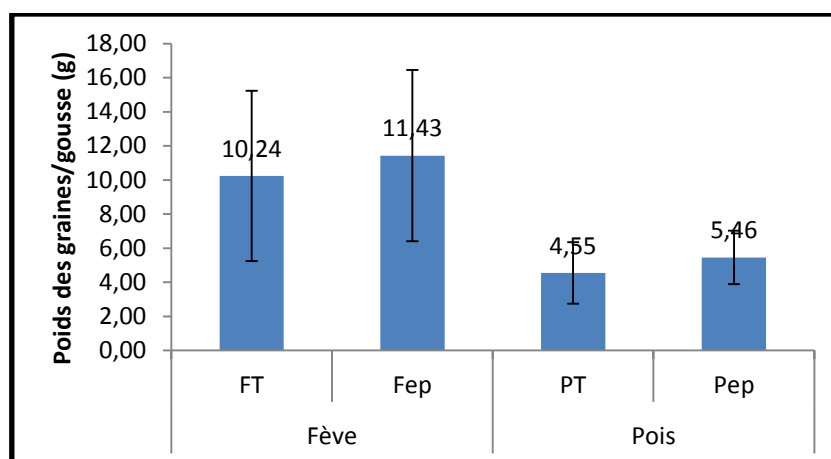


Figure 52: Poids des graines par gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par l'eau de forage (témoin)
 Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 26: Résultats de test de Kruskal-Wallis relatifs à la variabilité de ; poids moyen des graines/gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de la fève.

Dépend. : Poids moyen des graines/ gousse	ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs; poids moyen des graines/ gousse Var. indépendante (classement) : Source de l'eau d'irrigation Test de Kruskal-Wallis : $H(1, N=200) = 3,112185$ $p = ,077$		
	Code	N	Somme
FT	101	100	9328,00
Fep	102	100	10772,00

Tableau 27: Analyse de la variance au seuil de 5% du poids moyen d'une gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois

Effet	Tests Univariés de Significativité pour poids moyen des gousses Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	5008,404	1	5008,404	1749,762	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	41,096	1	41,096	14,358	0,000201
Erreur	566,742	198	2,862		

III.1.2.5. Nombre moyen des graines par gousse

Le nombre de graines par gousse est plus élevé dans la sous parcelle de fève irriguée par les eaux piscicoles par rapport à celle cultivée par la même culture mais irriguée par l'eau de forage (6.94 g et 5,26 g respectivement) (Fig. 53). D'après l'analyse de la variance cette différence est très hautement significative ($p=0,00$) (Tab.28). Cependant, cette variable n'est pas affectée par la source d'eau d'irrigation en culture de pois ($p=0,897$) (Fig. 53, tab. 29).

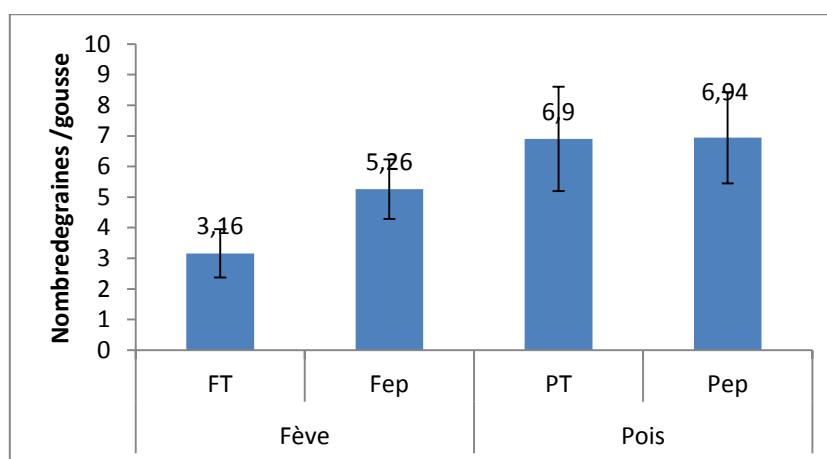


Figure 53: Nombre de graines par gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation pour les deux cultures.

PT : sous parcelle cultivée en pois, irriguée en eau de forage (témoin)
 Pep : sous parcelle cultivée en pois, irriguée par les eaux piscicoles

Tableau 28: Résultats de test de Kruskal-Wallis relatifs à la variabilité de nombre moyen des graines/ gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de la fève.

Dépend. : Nombre moyen des graines/ gousse	ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs; nombre moyen des graines/ gousse		
	Var. indépendante (classement) : Source de l'eau d'irrigation Test de Kruskal-Wallis : $H(1, N=200) = 121,8971$ $p=0,00$		
	Code	N	Somme
FT (eau de forage)	101	100	5652,00
Fep (eau piscicole)	102	100	14448,00

Tableau 29: Résultats de test de Kruskal-Wallis relatifs à la variabilité de nombre moyen des graines/ gousse en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois.

Dépend. : Nombre moyen des graines/ gousse	ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs; Nombre moyen des graines par gousse Var. indépendante (classement) : Source de l'eau d'irrigation Test de Kruskal-Wallis : $H(1, N=200) = 0,0165035$ $p = 0,897$		
	Code	N	Somme
FT (eau de forage)	101	100	10101,50
Fep (eau piscicole)	102	100	9998,50

III.1.3. Paramètres édaphiques du sol

Pour expliquer les l'effet des eaux piscicoles sur les différentes variables étudié (relatives au rendement des cultures ou à la pédofaune), une étude des paramètres édaphiques est nécessaire. Cette étude devrait prendre en considération tous paramètres qui peuvent influencer la plante ou la faune. Dans notre étude, seulement deux paramètres ont été retenus pour l'analyse : pH et taux de matière organique. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 30. L'analyse de la matière organique, réalisée à l'approche de la récolte, a révélé que le sol des sous parcelles irriguées par les eaux piscicoles est riche avec un taux de 2.7% alors que ceux des eaux parcelles irriguées en eau de forage est moyennement riche avec un taux (1.83%). Concernant le pH, il n'ya pas de déférence entre les sous parcelles irriguées par les eaux piscicoles et celles irriguées par l'eau de forage (le pH est basique, il varie de (8.26 à 8.67).

Tableau 30 : Résultats relatifs au taux de matière organique et pH du sol de la parcelle expérimentée

Sous parcelle	% matière organique	pH
FT	1,91	8,47
Fep	2,77	8,27
PT	1,83	8,47
Pep	2,79	8,67

III.2. Discussion

Les résultats de la présente expérimentation confirment l'importance l'intégration de la pisciculture à l'agriculture. Cette importance a été mise en évidence en étudiant les impacts sur le rendement de deux cultures fève et pois mais également sur les quelques peuplements faunistiques à savoir les vers de terre, les nématodes et les Arthropodes.

Pour l'étude de la faune du sol, nous avons jugé utile d'effectuer deux prélèvements, le premier avant la mise en place de la culture afin d'évaluer l'homogénéité de la parcelle (s'il n'y a pas de différences significative initialement dans les quatre sous parcelle mise en expérimentation qui pourraient influencer les populations finales).

Notre étude a mis en évidence l'influence des eaux piscicoles sur l'abondance et la biomasse des lombriciens. En effet, lors du premier prélèvement réalisé avant la mise en place de la culture (mois de Novembre), nous n'avons enregistré aucune différence significative entre les sous parcelles cultivées par la même culture (entre celle destinée à être irriguée par les eaux piscicoles et celle destinée à être irriguée par l'eau de forage). Cependant, au deuxième prélèvement, réalisé à l'approche de la récolte en mois d'Avril, l'analyse des différents échantillons prélevés a révélé une augmentation de l'abondance et de la biomasse des lombrics par rapports au premier prélèvement mais ce qui est intéressant sont les différences significatives enregistrées entre les sous parcelles cultivées par la même culture mais irriguées avec eaux d'origines différentes (forage et bassin d'élevage de poisson) qu'il soit pour la culture de la fève ou celle du pois. A titre d'exemple le nombre de vers prélevés de la parcelle cultivée en fève et irriguée au cours de la culture par les eaux piscicoles était pratiquement le double de celui des vers récoltés de la parcelle irriguée par les eaux de forage. Cette augmentation des effectifs de vers et leur biomasse dans les sous parcelles irrigués par les eaux du bassin d'élevage du poisson pourrait s'expliquer par le fait que l'eau de poissons qui serait enrichie par les déjections et l'alimentation qui leur ait attribuée aurait influencé la qualité du sol. Nous avons réalisé un travail préliminaire sur paramètres édaphiques à savoir le pH et matière organique qui doit être complété par l'étude d'autres paramètres qui pourrait influencer la faune du sol). Les résultats de ce travail n'ont pas montré une influence des eaux piscicoles sur le pH du sol qui était basique dans les quatre sous parcelles. Par contre, le taux de matière organique semble influencé puisque, le sol des deux sous parcelles irriguées par les eaux piscicoles sont riches en matière organique (2,75% dans la sous parcelle cultivée en pois Pep et 2,77% dans la sous parcelle cultivée en fève). Cependant, les sols des deux sous parcelles irriguée par l'eau de forage sont classés moyennement riches en matière organique avec des taux de 1.83% dans la

sous parcelle cultivé en pois (PT) et 1.91% dans la sous parcelle cultivé en fève FT). L'effet positif de la matière organique sur l'abondance et la biomasse des lombrics a été rapporté par **(Guenola, 2003)**. D'autres facteurs édaphiques peuvent affecter les populations des vers de terre : La température et l'humidité du sol, pH, texture et la structure du sol du sol **(Pelosi, 2008 ; Six, 2014)**.

L'augmentation des vers de terre lors de deuxième prélèvement par rapports au premier peut être liée à l'humidité du sol. En effet, lors du premier prélèvement réalisé en mois de Novembre le sol était sec vu le manque de pluie. Par, contre à la fin de la culture le sol était humide sous l'action de l'irrigation.

Notre étude s'est intéressé à deux types de nématodes à kystes qui sont des nématodes phytoparasites et les nématodes libres qui peuvent être phytoparasites ou saprophages. Deux genres de nématodes à kystes sont détectés au niveau des quatre sous parcelles *Heterodera* inféodé aux céréales (sous forme de kystes pleins et vides) et *Globodera* inféodé à la culture de pomme de terre (sous formes de kystes vides). La présence de ces nématodes dans la parcelle malgré l'absence des plantes hôtes (les cultures mises en place appartiennent à la famille des Légumineuses) et malgré que le sol est mis en jachère depuis quatre ans s'explique par le fait qu'ils sont des populations anciennes puisque ces parasites peuvent se conserver dans le sol plusieurs années **(Schneider et Mugniery, 1971)** ou ils proviennent de parcelles voisines cultivées en céréales ou en pomme de terre. Il est difficile de mettre en évidence l'effet des eaux piscicoles sur les populations de ces nématodes en l'absence de leur plantes hôtes nécessaires pour accomplir leurs cycles de vie **(Schneider et Mugniery, 1971 ; Ritter, 1971)**. D'ailleurs, nous n'avons pas enregistré des différences significatives pour les différents types de kystes en fonction de la source d'eau d'irrigation en culture de pois et seulement les kystes vides de *Globodera* sont significativement différents entre la sous parcelle de fève irriguée par les eaux piscicole et celle de la même culture irriguée par l'eau de forage.

Concernant les nématodes libres, nous avons noté une diminution des densités lors de deuxième prélèvement par rapport au premier dans les deux cultures. Aucune différence significative n'est enregistrée entre la sous parcelle cultivée en pois et irriguée par les eaux piscicoles par rapport à celle cultivée par la même culture et irriguée par l'eau de forage, Par contre, nous avons remarqué que la sous parcelle cultivée en fève et irriguée par l'eau de forage présente une densité significativement plus élevée par rapport à celle de la même parcelle irriguée par l'eau piscicole. Ceci pourrait être lié au taux et à la composition de la matière organique contenue dans l'eau du bassin d'élevage, Beaucoup d'études ont confirmé que les amendements organiques ont des effets répressifs sur le développement des nématodes **(Akhtar et Alam, 1991 ; Renčo et al.,**

2007 ; 2010, 2011, 2012, D'Addabbo *et al.*, 2009 ; 2011 ; Hu et Qi, 2010). Jones (1982) rapporte que la matière organique peut libérer dans le sol certains produits toxiques tels que l'acide butyrique qui agit négativement sur le développement des nématodes. Mais ceci pourrait aussi être dû à la différence de la densité qui existait déjà avant la mise en place de la culture (avant l'irrigation). L'étude des peuplements des nématodes dans le sol est difficile car ils sont influencés par l'interaction de plusieurs facteurs tel que le mode de conduite de la culture (rotations) (Greco, 1988 ; Caubel *et al.*, 1981) facteurs surtout les facteurs édaphiques (Choppin, 1971 ; Ritter, 1971 ; Trigiano *et al.*, 2004), climat (températures, humidité du sol) (Jones *et al.*, 1969 ; Schneider et Mugniery, 1971 ; Ritter, 1971 ; Fisher, 1981) et l'inoculum initial.

L'étude de l'effet des eaux piscicoles sur les Arthropodes a révélé :

Les mêmes classes d'arthropodes sont inventoriées dans parcelles irriguées en eau de forage et dans celles qui sont irriguées par l'eau piscicole dans les deux cultures. Il s'agit des Insecta, Arachnida et Crustacea. La classe des Insecta est la plus dominante.

En culture de fève, On note que l'effectif total des arthropodes récoltés au deuxième prélèvement est plus élevé dans la sous parcelle irriguée en eaux de forage (1060 individus) par rapport à celle irriguée par les eaux piscicoles (683 individus) ce sont surtout les insectes qui sont à l'origine de cette différence puisque l'effectif des insectes dans la première parcelle est de 937 individus alors que celui dénombré dans la seconde est de 530 individus. Par contre, les résultats obtenus en culture de pois sont différents : les effectifs totaux de l'arthropodofaune sont pratiquement similaires. De même, les effectifs des trois classes et leurs abondances relatives sont très proches. La différence notée en culture de fève peut être liée à l'utilisation de l'eau piscicole pour l'irrigation qui aurait un effet négatif sur certains ordres d'Arthropodes, comme elle peut être tous simplement liée à la différence qui a été déjà mentionnée au premier prélèvement.

En analysant les résultats relatifs aux effectifs et à l'abondance relative en fonction des ordres, on note des différences pour la composition de l'arthropodofaune entre le premier prélèvement (réalisé en mois de Novembre) et le second (réalisé en mois d'Avril). En effet, lors de premier prélèvement, nous avons noté, des effectifs importants des acariens dans les deux cultures alors qu'au seconds prélèvement aucun acarien n'a été recensé. Cependant, des ordres qui étaient présents avec de faibles effectifs au premier prélèvement sont devenus plus abondants et plus fréquents au deuxième prélèvement. Parmi ces ordres, on cite :

Les Hyménoptères (qui dominent en culture de pois dans les deux sous parcelles (celle irriguée par l'eau de forage et celle irriguée par l'eau piscicole) et dans la parcelle irriguée par l'eau de forage en culture de fève.

Les Diptères qui sont capturés en grand effectifs (ils sont dominants) dans la sous parcelle de fève irriguée par l'eau piscicole avec 371 individus (soit une fréquence de 10,8%) et sont classés en troisième position dans la sous parcelle cultivée par le pois et irriguée par l'eau piscicole).

En comparant l'effectif, l'abondance relative et le nombre moyen des individus capturés par piège de ces ordres entre les sous parcelles irriguées par l'eau de forage et celles irriguées par les eaux piscicoles on remarque des différences significatives puisque les Diptères sont plus abondants et plus fréquents dans les sous parcelles irriguées par l'eau piscicoles donc, ils semblent affectés positivement. Par contre, les Hyménoptères sont plus abondants et plus fréquents dans la parcelle irriguée par l'eau de forage par rapport à celle irriguée par l'eau d'élevage de poissons ce qui suggère qu'ils sont influencés négativement par l'eau piscicole.

Les résultats obtenus ont montré que les eaux piscicoles influencent positivement le rendement des cultures de fève et celle de pois. L'effet positif de l'eau d'élevage des poissons a été déjà mis en évidence en plein champs puisque nous avons constaté qu'au niveau des sous parcelles irriguées par ces eaux, la croissance des plants est plus importante par rapport aux plants des sous parcelles irriguées par l'eau de forage. L'étude de six paramètres liés aux rendements des deux plantes a montrés des différences significatives entre les deux sous parcelles des deux cultures. Les paramètres qui étaient affectés positivement sont : le nombre des gousses par plante (en culture de fève), le poids des gousses par plant (les deux cultures), le poids des graines par gousse (fève et pois), poids moyen des gousses (en culture de pois), poids des graines par gousse (en culture de pois) ainsi que le nombre moyen des grainnes par gousse (en culture de fève). L'augmentation des rendements dans les sous parcelles irriguées par les eaux piscicoles seraient dues aux qualités physicochimiques des eaux d'élevage des poissons favorables à la croissance et au développement des cultures. **Zouakh et al. (2016)** a évoqué l'impact de l'irrigation par les eaux aquacoles sur la croissance de deux cultures pastèque et melon. Ces auteurs ont indiqué que les taux des sels nutritifs (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^-) dans l'eau de forage est inférieur à ceux des eaux piscicoles, ce qu'ils ont expliqué par la présence des déjections des poissons et les restes des aliments distribués dans le bassin d'irrigation. **Selon Pan Yinhe (1996)**, En rizipisciculture, la quantité journalière de déjections produites par un poisson a été estimée à 2 g, équivalent à 450 kg .ha⁻¹ pour une densité de poisson de 3000

individus par hectare pendant une durée d'élevage de 75 jours. **Xiao Fan (1998)** a montré que les fèces produits par les poissons sont de bonne qualité et renferment 42% de phosphore.

Conclusion

Conclusion générale

Aux termes de notre étude, nous pouvons conclure que l'irrigation des cultures par les eaux piscicoles a un effet significatif (positif ou négatif) sur quelques animaux du sol alors que d'autres ne sont pas influencés:

Les lombrics semblent être positivement affectés par ces eaux puisque leur abondance et leur biomasse sont significativement plus élevés dans parcelles irriguées par l'eau piscicole par rapport aux parcelles irriguées par l'eau de forage dans les deux cultures.

Concernant les nématodes, deux types ont été étudiés, les nématodes à kystes et les nématodes libres. Deux genres de nématodes à kystes ont été détectés dans la parcelle expérimenté *Heterodera* qui parasite les céréales et *Globodera* inféodé à la culture de pomme de terre, l'analyse statistique des résultats obtenus n'a pas montré un effet significatif de l'eau piscicole sur leurs densités dans les deux cultures. Cette étude doit être complétée par d'autres essais dans des parcelles cultivées par leurs plantes hôtes. Pour les nématodes libres, nous avons noté un effet négatif de l'eau piscicole sur leur densité uniquement dans la parcelle cultivée en fève.

L'effectif total des Arthropodes est affecté négativement par l'eau piscicole en culture de fève alors qu'en culture de pois, aucun effet n'a été noté.

Deux ordres d'insectes sont influencés par l'irrigation par les eaux piscicoles : Les Diptères qui semblent être affectés positivement alors que les Hyménoptères sont influencés négativement. Aucun effet significatif n'est enregistré pour les autres ordres.

Afin de compléter l'information sur l'impact des eaux piscicoles sur la faune du sol, il serait judicieux d'élargir l'échantillonnage sur d'autres sites et multiplier les prélèvements.

Notre travail a fait ressortir que l'intégration de pisciculture à l'agriculture en irrigant par l'eau du bassin d'élevage a un effet positif sur les rendements de la fève et du pois puisque des différences significatives ont été enregistrées pour les différents paramètres de rendement étudiés pour les deux cultures.

A la lumière des résultats, nous recommandons:

- de continuer les travaux de recherches sur ce sujet en s'intéressant à l'étude de la qualité des eaux piscicoles et les caractéristiques physicochimiques et biologiques des sols irrigués par ces eaux afin de mettre en évidence comment ces eaux agissent sur la plante cultivée et son écosystème.
- L'organisation des journées de sensibilisation au profit des agriculteurs sur l'importance du projet d'intégration de la pisciculture à l'agriculture sur le plan local voir même sur le plan national.
- de sensibiliser les agriculteurs sur le rôle important qu'ils peuvent jouer dans le processus de production aquacole et agricole mais aussi dans la sauvegarde de l'environnement.

- l'organisation des formations périodiques afin d'assister techniquement les agriculteurs dans leurs activités d'intégration de la pisciculture à l'agriculture.
- Une extension du projet vers d'autres régions de la wilaya qui dispose de potentialités à pratiquer la pisciculture intégrée à l'agriculture voir même vers d'autres du pays.

Résumé

Résumé:

Dans le cadre d'un projet pilote d'intégration de la pisciculture à l'agriculture, nous avons réalisé une expérimentation qui consiste à évaluer l'effet de l'irrigation par les eaux piscicoles sur les rendements de deux cultures et l'abondance de quelques peuplements faunistiques du sol (les nématodes, les lombrics et les arthropodes).

Les résultats issus de cette étude montrent que les eaux piscicoles influence positivement le rendement agricole ainsi que quelques groupes de la de la faune de sol.

Mots clé: pisciculture, intégration, agriculture, irrigation, la faune de sol, le rendement.

Abstract:

As part of a pilot project to integrate fish farming into agriculture, we conducted an experiment to evaluate the effect of irrigation with fish water on the yields of two crops and the abundance of some faunistic soil stands (Nematodes, earthworms and arthropods) The results from this study show that fish waters positively influence agricultural yield as well as some groups of the soil fauna.

Key words: fish farming, integration, agriculture, irrigation, soil fauna, yield.

المخلص

في إطار المشروع النموذجي لدمج زراعة الأسماك في الفلاحة قمنا بدراسة تتضمن متابعة تأثير السقي بمياه الأسماك على مردود نوعين من الزراعة وكذلك على تواجد حيوانات التربة وتشمل (الديدان الخيطية ديدان الأرض ,ومفصليات الأرجل)

النتائج المأخوذة من هذه الدراسة تبين أن السقي بمياه الأسماك ينعكس بالإيجاب علي المردود الفلاحي كما يآثر على بعض فئات الحيوانات المتواجدة في التربة.

الكلمات المفتاحية زراعة الأسماك , الفلاحة , دمج , السقي , حيوانات التربة , المردود.

Annexe

Annexes

Annexe a : Dénombrement L'abondance et la biomasse de lombric

		Avant la mise en place de la culture					Fin de la culture				
		Nombre	Poids(g)	surface (m ²)	biomasse (g/m ²)	Nombre/ m ²	Nombre	Poids(g)	surface (m ²)	biomasse (g/m ²)	Nombre /m ²
P1	Fep R1	4	1,31	0,0625	20,96	64	22	4,17	0,0625	66,72	352
	Fep R2	7	2,02	0,0625	32,32	112	23	7,07	0,0625	113,12	368
	Fep R3	16	2,83	0,0625	45,28	256	9	2,79	0,0625	44,64	144
	Fep R4	2	0,82	0,0625	13,12	32	11	2,93	0,0625	46,88	176
	Fep R5	7	1,36	0,0625	21,76	112	10	2,92	0,0625	46,72	160
	Fep R6	0	0	0,0625	0	0	10	2,29	0,0625	36,64	160
	Fep R7	0	0	0,0625	0	0	12	2,75	0,0625	44	192
	Fep R8	1	0,31	0,0625	4,96	16	10	0,92	0,0625	14,72	160
	Fep R9	5	1,02	0,0625	16,32	80	16	3,41	0,0625	54,56	256
	Fep R10	7	2,11	0,0625	33,76	112	19	2,66	0,0625	42,56	304
	Moyenne	4,9	1,178	/	18,85	78,4	14,2	3,19	/	51,06	227,2
	Ecartype	4,82	0,95	/	14,72	75,03	5,37	1,59	/	25,47	85,93
P2	FT R1	1	0,08	0,0625	1,28	16	9	1,41	0,0625	22,56	144
	FT R2	3	0,55	0,0625	8,8	48	1	0,22	0,0625	3,52	16
	FT R3	3	0,62	0,0625	9,92	48	7	1,41	0,0625	22,56	112
	FT R4	1	0,11	0,0625	1,76	16	7	1,26	0,0625	20,16	112
	FT R5	17	2,44	0,0625	39,04	272	11	1,69	0,0625	27,04	176
	FT R6	15	2,47	0,0625	39,52	240	10	1,62	0,0625	25,92	160
	FT R7	3	0,2	0,0625	3,2	48	8	1,79	0,0625	28,64	128
	FT R8	2	0,41	0,0625	6,56	32	0	0	0,0625	0	0
	FT R9	6	2,96	0,0625	47,36	96	15	1,79	0,0625	28,64	240
	FT R10	3	2,47	0,0625	39,52	48	7	1,02	0,0625	16,32	112
	Moyenne	5,4	1,23	/	19,7	86,4	7,5	1,22	/	19,54	120
	Ecartype	5,78	1,19	/	18,99	92,44	4,43	0,64	/	10,17	70,86

P3	pep R1	7	2,11	0,0625	33,76	112	21	6,45	0,0625	103,2	336
	pep R2	17	3,78	0,0625	60,48	272	17	5,26	0,0625	84,16	272
	pep R3	49	9,59	0,0625	153,44	784	18	4,28	0,0625	68,48	288
	pep R4	8	0,62	0,0625	9,92	128	13	1,55	0,0625	24,8	208
	pep R5	0	0	0,0625	0	0	21	4,54	0,0625	72,64	336
	pep R6	9	0,97	0,0625	15,52	144	18	5,84	0,0625	93,44	288
	pep R7	3	0,88	0,0625	14,08	48	26	5,48	0,0625	87,68	416
	pep R8	6	1,72	0,0625	27,52	96	11	3,25	0,0625	52	176
	pep R9	22	6,58	0,0625	105,28	352	13	3,32	0,0625	53,12	208
	pep R10	6	2,26	0,0625	36,16	96	15	5,5	0,0625	88	240
	Moyenne	12,7	2,85	/	45,62	203,2	17,3	4,55	/	72,75	276,8
Ecartype	14,283	3,035	/	48,56	228,53	4,31	1,41	/	23,74	72,76	
P4	PT R1	4	0,92	0,0625	14,72	64	15	3,02	0,0625	48,32	240
	PT R2	36	10,25	0,0625	164	576	10	2,32	0,0625	37,12	160
	PT R3	15	2,33	0,0625	37,28	240	6	2,47	0,0625	39,52	96
	PT R4	6	1,48	0,0625	23,68	96	18	5,08	0,0625	81,28	288
	PT R5	11	2,61	0,0625	41,76	176	15	4,96	0,0625	79,36	240
	PT R6	29	4,53	0,0625	72,48	464	6	2,06	0,0625	32,96	96
	PT R7	5	1,22	0,0625	19,52	80	14	3,03	0,0625	48,48	224
	PT R8	17	4,19	0,0625	67,04	272	8	3,6	0,0625	57,6	128
	PT R9	0	0	0,0625	0	0	9	1,8	0,0625	28,8	144
	PT R10	15	1,19	0,0625	19,04	240	11	2,4	0,0625	38,4	176
	Moyenne	13,8	2,87		45,95	220,8	11,2	3,074	/	49,18	179,2
Ecartype	11,40	2,96		47,36	182,4	3,92	1,09	/	18,4	66,1	

Annexe b : Analyse de la variance de l'abondance et la biomasse des vers de terre en fonction de la source de l'eau d'irrigation

Tableau 1: Analyse de la variance au seuil de 5% de l'abondance des vers de terre dans les sous parcelles cultivée en fève avant l'irrigation (avant la mise en place de la culture)

Dépend. : Abondance des vers de terre/m ²	ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs; Abondance des vers de terre/m ² Var. indépendante (classement) : Source de l'eau d'irrigation Test de Kruskal-Wallis : $H(1, N=20) = 0,0014504$ $p = 0,969$		
	Code	N	Somme
Fep	101	10	105,5000
FT	102	10	104,5000

Tableau 2 : Analyse de la variance au seuil de 5% de l'abondance des vers de terre en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de fève (à la fin de la culture)

Effet	Tests Univariés de Significativité pour Abondance des vers de terre/m ² Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	602739,2	1	602739,2	97,17978	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	57459,2	1	57459,2	9,26416	0,006988
Erreur	111641,6	18	6202,3		

Tableau 3 : Analyse de la variance au seuil de 5% de la biomasse des vers de terre dans les sous parcelles cultivée en fève avant l'irrigation (avant la mise en place de la culture)

Dépend. : Biomasse des vers de terre/m ²	ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs; Biomasse des vers de terre/m ² Var. indépendante (classement) : Source de l'eau d'irrigation Test de Kruskal-Wallis : $H(1, N=20) = 0,0228916$ $p = 0,879$		
	Code	N	Somme
Fep	101	10	103,0000
FT	102	10	107,0000

Tableau 4: Analyse de la variance au seuil de 5% de la biomasse des vers de terre en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de fève (à la fin de la culture)

Dépend. : Biomasse des vers de terre/m ²	ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs; Biomasse des vers de terre Var. indépendante (classement) : Source de l'eau d'irrigation Test de Kruskal-Wallis : $H(1, N=20) = 10,09518$ $p = 0,001$		
	Code	N	Somme
Fep	101	10	147,0000
FT	102	10	63,0000

Tableau 5: Analyse de la variance au seuil de 5% de l'abondance des vers de terre dans les sous parcelles cultivée en pois avant l'irrigation (avant la mise en place de la culture)

Dépend. : Abondance des vers de terre/m ²	ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs; Abondance des vers de terre/m ² Var. indépendante (classement) : Source de l'eau d'irrigation Test de Kruskal-Wallis : $H(1, N=20) = 0,0919123$ $p = 0,761$		
	Code	N	Somme
pep	103	10	101,0000
PT	104	10	109,0000

Tableau 6 : Analyse de la variance au seuil de 5% de l'abondance des vers de terre en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois (à la fin de la culture)

Effet	Tests Univariés de Significativité pour Abondance des vers de terre/m ² Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	1039680	1	1039680	215,1972	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	47629	1	47629	9,8584	0,005663
Erreur	86963	18	4831		

Tableau 7: Analyse de la variance au seuil de 5% de la biomasse des vers de terre dans les sous parcelles cultivée en pois avant l'irrigation (avant la mise en place de la culture)

Effet	Tests Univariés de Significativité pour Biomasse des vers de terre/m ² Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	74341,94	1	74341,94	164,7761	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	2777,25	1	2777,25	6,1557	0,023203
Erreur	8121,05	18	451,17		

Tableau 8 : Analyse de la variance au seuil de 5% de la biomasse des vers de terre en fonction de la source de l'eau d'irrigation en culture de pois (à la fin de la culture)

Effet	Tests Univariés de Significativité pour Biomasse des vers de terre/m ² Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	74341,94	1	74341,94	164,7761	0,000000
Source de l'eau d'irrigation	2777,25	1	2777,25	6,1557	0,023203
Erreur	8121,05	18	451,17		

Annexe c : Dénombrement des kystes pleins et vides d' *Heterodera* et ceux de *Globodera*

		Avant la mise en place de la culture				Fin de la culture			
		KHP	KHV	KGP	KGV	KHP	KHV	KGP	KGV
P1	Fep R1	4	3	0	0	23	3	0	8
	Fep R2	5	1	0	2	15	2	0	5
	Fep R3	8	4	0	0	8	3	0	8
	Fep R4	8	1	0	8	17	6	0	15
	Fep R5	8	5	0	3	11	4	0	10
	Moyenne	6,6	2,8	0	2,6	14,8	3,6	0	9,2
	Ecartype	1,95	1,79	0,00	3,29	5,76	1,52	0,00	3,70
P2	FT R1	5	3	0	1	24	9	0	8
	FT R2	4	6	0	7	15	11	0	26
	FT R3	7	2	0	4	33	12	0	18
	FT R4	3	4	0	9	24	10	0	11
	FT R5	6	0	0	7	22	7	0	16
	Moyenne	5	3	0	5,6	23,6	9,8	0	15,8
	Ecartype	1,58	2,24	0,00	3,13	6,43	1,92	0,00	6,94
P3	pep R1	26	5	0	0	13	4	0	3
	pep R2	18	9	0	0	19	10	0	5
	pep R3	18	0	0	0	12	9	0	7
	pep R4	26	7	0	0	14	6	0	8
	pep R5	13	3	0	0	11	8	0	5
	Moyenne	20,2	4,8	0	0	13,8	7,4	0	5,6
	Ecartype	5,67	3,49	0,00	0,00	3,11	2,41	0,00	1,95
P4	PT R1	10	3	0	11	18	7	0	12
	PT R2	9	9	0	7	11	4	0	17
	PT R3	10	6	0	8	22	6	0	11
	PT R4	20	5	0	4	14	5	0	14
	PT R5	9	3	0	2	18	6	0	10
	Moyenne	11,6	5,2	0	6,4	16,6	5,6	0	12,8
	Ecartype	4,72	2,49	0,00	3,51	4,22	1,14	0,00	2,77

Annexe d : Dénombrement des nématodes libres

Parcelle	Répétition	Avant la mise en place de la culture	Fin de la culture
P1	Fep R1	50	22
	Fep R2	39	20
	Fep R3	41	20
	Fep R4	58	24
	Fep R5	46	27
	Moyenne	46,80	22,60
	Ecart type	7,60	2,97
P2	FT R1	60	25
	FT R2	47	47
	FT R3	68	53
	FT R4	78	33
	FT R5	80	35
	Moyenne	66,60	38,60
	Ecart type	13,59	11,26
P3	pep R1	143	55
	pep R2	104	27
	pep R3	108	42
	pep R4	85	46
	pep R5	136	65
	Moyenne	115,20	47,00
	Ecart type	23,95	14,27
P4	PT R1	114	58
	PT R2	139	62
	PT R3	129	33
	PT R4	87	71
	PT R5	93	73
	Moyenne	112,40	59,40
	Ecart type	22,40	16,01

Annexe e : Arthropodofaune inventoriée dans les deux cultures lors du premier prélèvement

Parcelle	Piège	Classe des Insecta											Classe des Arachnida				Classe des Crustacea
		Collemboles	Protoures	Hyménoptères	Coléoptères	Dermaptères	Orthoptères	Homoptères	Lépidoptères	Diptères	Larves	Indéterminés	Acariens	Araignées	Opilions	Solifuge	Isopodes
PT	1	17	0	10	2	0	0	0	0	0	0	2	11	0	0	0	0
PT	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	8		0	0	0
PT	3	7	0	8	2	1	0	0	0	0	0	1	34	1	1	0	1
PT	4	11	0	6	0	2	0	0	0	0	0	1	11	1	0	0	0
PT	5	6	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1
PT	6	7	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
PT	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
PT	8	8	0	5	4	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	1
PT	9	10	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0
PT	10	9	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Somme		76	0	46	23	3	0	0	0	0	1	4	95	3	1	0	3
Moyenne		13,82	0,00	8,36	4,18	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,73	17,27	0,60	0,18	0,00	0,55
ET		4,86	0,00	3,31	1,77	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,70	8,98	0,50	0,32	0,00	0,48
Pep	1	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	7	1	0	0	1
Pep	2	4	0	3	3	0	1	0	0	1	0	0	30	0	0	0	0
Pep	3	12	0	6	3	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1
Pep	4	2	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
Pep	5	5	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0
Pep	6	8	0	5	1	1	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0
Pep	7	21	0	7	1	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Pep	8	4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1
Pep	9	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	0
Pep	10	13	0	7	2	1	0	0	0	0	1	0	22	1	0	0	1
Somme		76	0	48	17	4	1	1	0	1	1	2	95	7	1	1	4
Moyenne		7,6	0	4,8	1,7	0,4	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,2	9,5	0,7	0,1	0,1	0,4
ET		6,02	0,00	2,04	1,64	0,52	0,32	0,32	0,00	0,32	0,32	0,42	10,28	0,67	0,32	0,32	0,52
FT	1	10	0	3	2	0	0	0	0	0	0	1	9	1	0	0	0

FT	2	14	0	3	4	0	0	0	0	1	0	0	4	1	0	0	1
FT	3	17	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
FT	4	4	0	6	1	1	0	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0
FT	5	43	0	5	3	1	0	0	0	0	0	0	18	0	1	0	0
FT	6	13	0	3	6	1	0	0	0	3	0	3	15	0	0	0	0
FT	7	18	0	13	3	8	0	0	0	1	0	0	32	1	0	0	0
FT	8	6	0	5	0	0	0	0	0	2	0	0	7	0	1	0	0
FT	9	22	0	13	5	1	0	0	0	2	0	0	47	0	0	0	0
FT	10	2	0	6	2	0	0	0	0		0	0	21	0	0	0	1
Somme		149	0	58	30	12	0	0	0	9	0	5	166	4	2	0	2
Moyenne		14,90	0,00	5,80	3,00	1,20	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	16,60	0,40	0,20	0,00	0,20
ET		11,77	0,00	4,10	1,83	2,44	0,00	0,00	0,00	1,12	0,00	0,97	13,79	0,52	0,42	0,00	0,42
Fep	1	17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	18	0	0	0	0
Fep	2	5	0	13	1	0	1	0	0	2	0	0	8	1	0	0	2
Fep	3	12	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	17	0	0	0	1
Fep	4	3	1	2	2	1	0	0	1	1	0	0	30	1	0	0	0
Fep	5	12	0	2	0	2	0	0	0	1	0	0	39	0	0	0	1
Fep	6	8	0	4	2	5	0	0	0	1	0	0	5	2	0	0	0
Fep	7	6	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	1
Fep	8	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	1	0	1
Fep	9	12	0	12	2	5	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0
Fep	10	0	0	4	3	3	0	0	0	0	0	1	17	0	0	0	0
Somme		79	1	47	11	17	1	0	1	5	0	3	210	5	1	0	6
Moyenne		7,9	0,1	4,7	1,1	1,7	0,1	0	0,1	0,5	0	0,3	21	0,5	0,1	0	0,6
ET		5,24	0,32	4,30	1,10	2,00	0,32	0,00	0,32	0,71	0,00	0,48	13,86	0,71	0,32	0,00	0,70

Annexe f: Arthropodofaune inventoriée dans les deux cultures lors du deuxième prélèvement.

Parcelle	Piège	Classe des Insecta												Classe des Arachnida				Classe des Crustacea
		Collemboles	Protoures	Hyménoptères	Coléoptères	Dermatères	Orthoptères	Homoptères	Lépidoptères	Thysanoptères	Diptères	Larves	Indéterminés	Acariens	Araignées	Opilions	Solifuge	Isopodes
PT	1	4	0	94	6	0	0	3	0	0	5	0	3	0	2	0	0	0
PT	2	2	0	166	7	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
PT	3	10	0	78	5	2	0	1	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0
PT	4	0	0	66	7	1	0	0	0	0	3	0	1	0	11	0	0	0
PT	5	3	0	16	3	0	0	0	0	0	3	0	4	0	5	1	0	0
PT	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0	2	0	0	0
PT	7	0	0	14	1	2	0	1	0	0	0	0	3	0	7	0	0	0
PT	8	3	0	37	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0
PT	9	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
PT	10	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0
Somme	55	23	0	492	35	5	0	12	0	0	22	0	18	0	35	2	0	0
Moyenne	5,5	2,3	0	49,2	3,5	0,5	0	1,2	0	0	2,2	0	1,8	0	3,5	0,2	0	0
ET	3,03	3,09	0,00	52,35	2,84	0,85	0,00	1,93	0,00	0,00	2,25	0,00	1,55	0,00	3,44	0,42	0,00	0,00
Pep	1	1	0	4	1	2	0	2	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0
Pep	2	1	0	16	3	0	0	3	0	0	4	2	4	0	0	0	0	0
Pep	3	1	0	47	12	0	0	1	0	0	1	0	3	0	12	0	0	0
Pep	4	8	0	37	18	0	0	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pep	5	17	0	25	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	9	1	0	0
Pep	6	13	0	142	2	0	0	2	0	0	7	0	0	0	3	0	0	0
Pep	7	7	0	7	2	2	0	0	0	0	22	0	0	0	2	0	0	0
Pep	8	6	0	6	6	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Pep	9	13	0	37	5	1	0	2	0	0	5	0	0	0	8	0	0	0
Pep	10	11	0	49	0	0	0	15	0	0	11	0	1	0	0	0	0	0
Somme	55	78	0	370	51	5	0	36	0	0	66	3	9	0	36	1	0	0
Moyenne		7,8	0	37	5,1	0,5	0	3,6	0	0	6,6	0,3	0,9	0	3,6	0,1	0	0
ET		5,69	0,00	40,56	5,69	0,85	0,00	5,15	0,00	0,00	6,45	0,67	1,45	0,00	4,43	0,32	0,00	0,00
FT	1	0	0	15	3	2	0	0	0	0	5	1	0	0	7	0	0	2
FT	2	11	0	262	4	0	0	0	0	0	15	0	0	0	9	0	0	0
FT	3	5	0	11	0	0	0	7	0	0	14	0	0	0	9	0	0	0
FT	4	33	0	27	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
FT	5	8	0	129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
FT	6	19	0	21	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	7	0	0	0
FT	7	155	0	37	5	1	0	2	0	0	0	0	0	0	21	0	0	1
FT	8	8	0	18	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	9	0	0	0

FT	9	15	0	4	0	7	0	0	0	0	57	0	0	0	38	1	0	0
FT	10	10	0	1	0	1	0	1	0	1	10	0	0	0	7	0	0	0
Somme		264	0	525	13	16	0	12	0	1	104	2	0	0	119	1	0	3
Moyenne		26,4	0	52,5	1,3	1,6	0	1,2	0	0,1	10,4	0,2	0	0	11,9	0,1	0	0,3
ET		46,07	0,00	82,29	1,95	2,17	0,00	2,15	0,00	0,32	17,39	0,42	0,00	0,00	10,17	0,32	0,00	0,67
Fep	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	22	0	0	0	12	0	0	0
Fep	2	6	0	0	0	3	0	0	0	0	20	0	0	0	21	1	0	0
Fep	3	0	0	11	4	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0
Fep	4	4	0	6	2	4	0	0	0	0	50	0	0	0	5	0	0	0
Fep	5	8	0	13	0	12	0	4	0	0	93	0	0	0	50	0	0	0
Fep	6	4	0	0	3	4	0	2	0	0	19	0	0	0	14	0	0	0
Fep	7	1	0	0	0	2	0	1	0	0	37	0	0	0	20	2	0	0
Fep	8	12	0	0	3	0	0	1	0	0	19	0	0	0	8	0	0	0
Fep	9	4	0	13	3	0	0	2	0	1	31	0	0	0	8	0	0	0
Fep	10	4	0	10	2	9	0	0	0	0	48	0	0	0	11	1	0	0
Somme	55	43	0	53	17	35	0	10	0	1	371	0	0	0	149	4	0	0
Moyenne	5,5	4,3	0	5,3	1,7	3,5	0	1	0	0,1	37,1	0	0	0	14,9	0,4	0	0
ET	3,03	3,71	0,00	5,91	1,57	4,06	0,00	1,33	0,00	0,32	22,73	0,00	0,00	0,00	13,88	0,70	0,00	0,00

Annexe g : Photos de quelques Arthropodes inventoriés



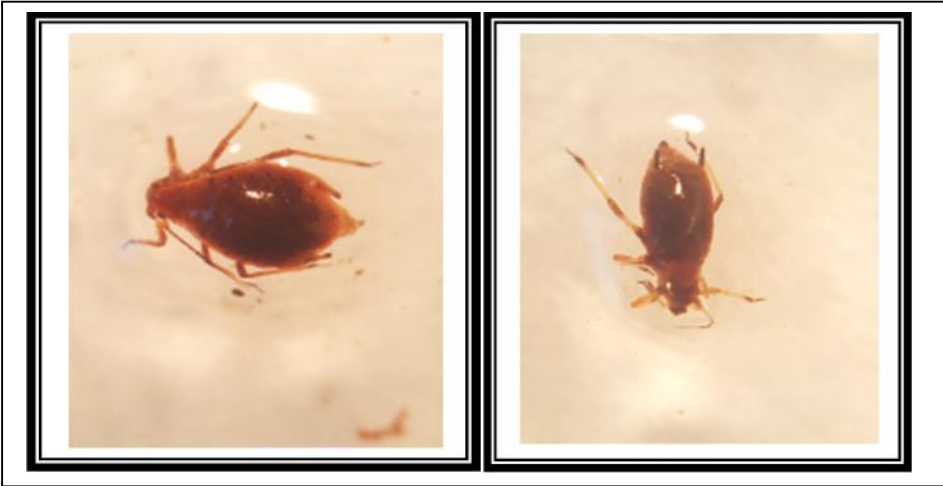
Coléoptères (Classe des Insecta)



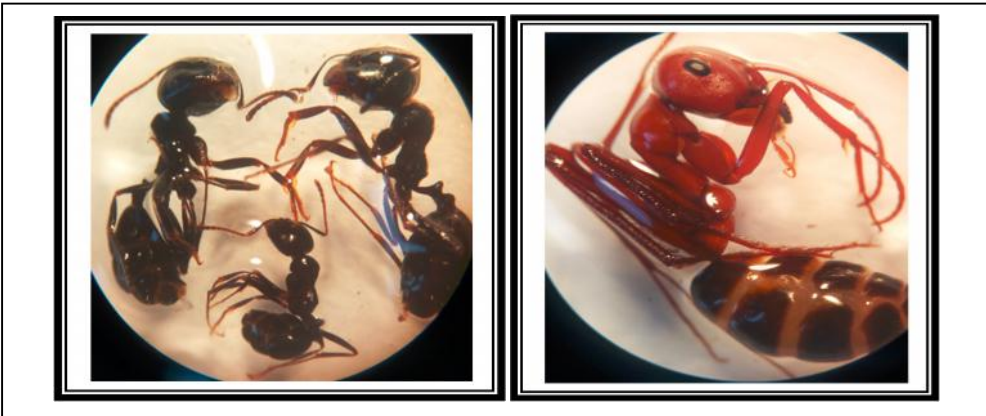
Diptères (classe des Insecta)



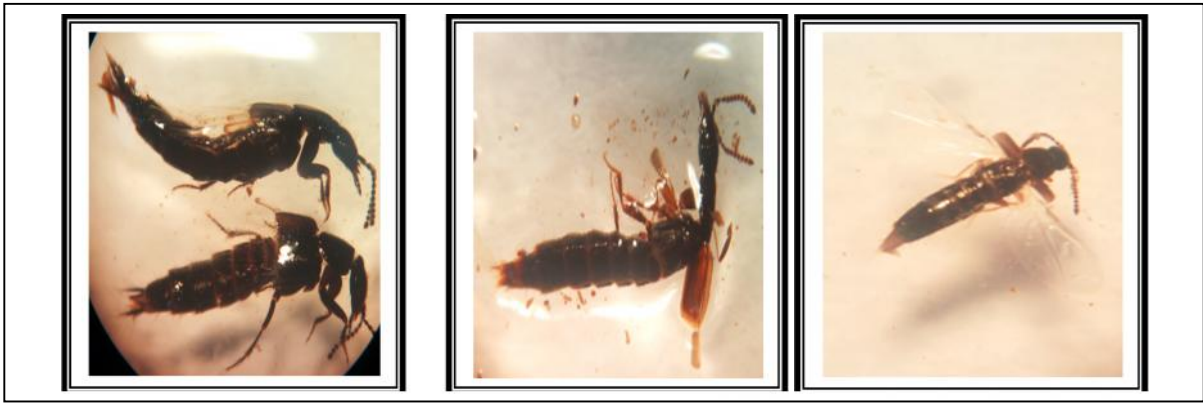
Collemboles (Classe des Insecta)



Homoptères (Classe des Insecta)



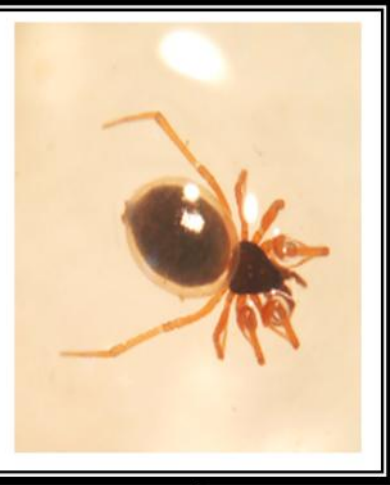
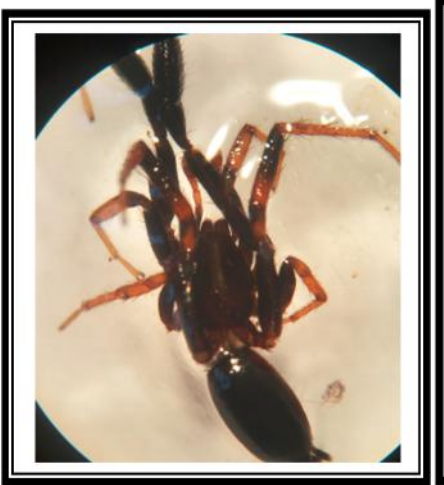
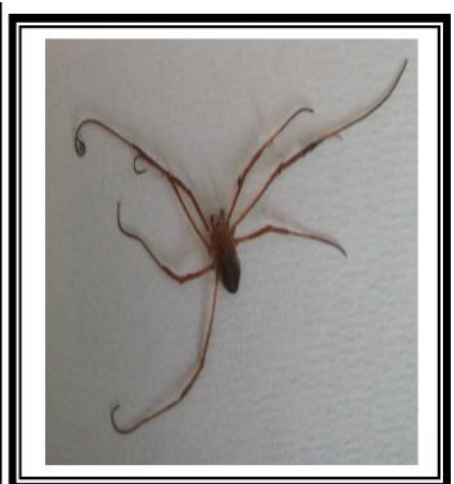
Hyménoptères (Classe des Insecta)



Dermaptères (Classe des Insecta)



Larves d'insectes



Arachnides

Annexe h : Rendement estimé par des variables liés à la gousse (poids moyenne de chaque gousse, poids moyenne de graine de chaque gousse et le nombre moyenne de grain de chaque gousse)

	Fep irriguée par les eaux Piscicole			FT destinées à être irriguée par les eaux de forage		
Nombre de gousse	poids moyenne de chaque gousse (g)	poids moyenne de graine de chaque gousse (g)	Nombre moyenne de grain de chaque gousse	poids moyenne de chaque gousse (g)	poids moyenne de graine de chaque gousse (g)	Nombre moyenne de grain de chaque gousse
1	31,48	9,85	4,80	31,39	11,24	3,30
2	26,79	10,32	5,40	23,83	9,80	3,00
3	27,20	8,94	5,20	29,65	11,11	3,30
4	31,16	12,49	5,00	36,15	12,04	3,40
5	37,27	12,41	5,30	28,64	9,29	3,00
6	36,93	13,60	6,40	25,74	10,83	3,30
7	34,94	11,52	4,40	32,47	7,92	2,60
8	37,12	12,97	5,10	30,06	9,11	3,20
9	30,27	11,26	5,50	27,41	10,36	3,30
10	28,13	10,93	5,50	26,89	10,67	3,20
La moyenne	32,13	11,43	5,26	29,22	10,24	3,16
	Pep (irriguée par les eaux Piscicole)			PT (destinées à être irriguée par les eaux de forage)		
1	13,18	6,02	7,70	9,10	3,44	6
2	13,15	6,27	6,30	8,36	3,37	5,8
3	11,81	4,57	5,90	9,87	4,42	6,9
4	11,75	4,82	6,20	11,28	4,95	6,6
5	12,61	5,57	7,20	12,98	5,66	7,5
6	11,77	4,97	6,60	10,80	4,76	6,5
7	13,33	5,73	7,80	10,94	4,89	7
8	12,80	5,33	7,80	12,15	4,63	7,5
9	12,00	5,19	7,40	10,30	3,95	7,2
10	12,69	6,10	6,50	12,73	5,44	7,8
La moyenne	12,51	5,46	6,94	10,85	4,55	6,88

Annexe i: Rendement estimé par la production du plant

le Fève	Nombre de gousse par plant	poids totale de gousse par plant (g)	poids de 10 gousse par plant (g)	poids totale des grain par plant (g)	Le pois	Nombre de gousse par plant	poids totale de gousse par plant (g)	poids de 10 gousse par plant (g)	poids totale des grain par plant (g)
FT1	25	782,57	314,2	284,01	PT1	14	128,01	91,14	48,3
FT2	28	566,96	238,58	210,81	PT2	12	93,88	83,73	36,51
FT3	24	515,7	296,74	184,92	PT3	17	157,64	98,87	71,52
FT4	26	802,24	361,87	253,13	PT4	16	173,08	113	73,25
FT5	35	831,81	286,55	264,49	PT5	18	233,28	127,58	102,84
FT6	21	438,96	257,61	184,42	PT6	13	147,6	108,15	60,55
FT7	27	625,61	325,24	153,13	PT7	12	138,87	109,74	62,62
FT8	32	780,49	301,06	227,96	PT8	21	222	121,6	80,55
FT9	27	643,08	274,31	229,99	PT9	19	200,46	103,12	78,46
FT10	27	740,16	268,96	228,93	PT10	18	200,30	127,49	88,66
la moyenne	27,20	672,76	292,51	222,18	la moyenne	16	169,512	108,442	70,326
Fep1	54	851,91	315,17	244,2	Pep1	28	312,74	132,07	134,51
Fep2	50	959,46	264,62	351,41	Pep2	15	196,09	131,65	91,35
Fep3	57	1045,31	265,02	335,84	Pep3	18	205,67	118,16	79,23
Fep4	41	742,05	194,26	321,08	Pep4	21	224,12	117,76	72,9
Fep5	42	1003,98	88,51	322,56	Pep5	21	253,62	126,78	113,29
Fep6	34	1022,3	369,96	351,72	Pep6	16	177,79	117,81	73
Fep7	44	1046,43	349,75	349,08	Pep7	16	209,44	133,31	90,38
Fep8	38	1024,75	403,89	336,81	Pep8	21	261,81	128,06	106,54
Fep9	32	783,08	304,98	274,16	Pep9	18	201,56	120	85,27
Fep10	40	784,36	291,54	255,1	Pep10	15	169,05	126,95	78,36
la moyenne	43,2	926,363	284,77	314,196	la moyenne	18,9	221,189	125,255	92,483

Annexe j : Protocole utilisé pour le dosage de la matière organique

• Dosage de la Matière Organique (Méthode ANNE)

Pour l'échantillon

- Dans un Bécher mettre : 1 gramme de sol (0,2 mm) + 10 ml de K₂Cr₂O₇ + 20 ml d'acide sulfurique concentré. Mélanger et reposer 30 minutes.

Pour le témoin

- Dans un Bécher, on met 10 ml de K₂Cr₂O₇ + 20 ml d'acide sulfurique concentré, laissé reposer 30 minutes.
- Mettre chaque préparation dans des fioles de 250 ml et compléter avec l'eau distillée. Prélever 20 ml de chacun + 1 ml de H₃PO₄ + 3 gouttes de Diphénylamine et laisser agiter pendant 5 minutes dans un agitateur rotatif.

Titration

- On titre avec le sel de Mohr à 0,25 N. Titrer jusqu'à ce qu'il y a virage du bleu foncé vers le vert, prendre le volume descend sur la Burette pour le témoin et aussi pour l'échantillon.

$$\% C = (V \text{ témoin} - V \text{ échantillon}) \times 0.615 / P$$

P : Poids du sol égale 1 gramme.

$$\% MO = \% C \times 1,72$$

Pour la préparation du sel de Mohr : 98,1 gramme de FeSO₄ + eau distillée dans un erlen de 500 ml (en début, on met 98 ;1 gramme de FeSO₄ + 400 ml de l'eau distillée + 20 ml d'acide sulfurique, on met dans un agitateur jusqu'au dissout total. Puis on complet avec l'eau Distillée jusqu'au 500 ml.

Tableau : Les norme d'interprétation du matière organique

Classe du sol	MO (%)
Très pauvre	<0,7
Pauvre	0,7-1,5
Moyennement pauvre	1,5-3
Riche	3-6

(Rabat, 2008)

Annexe k : Protocole utilisé pour l'étude du pH du sol

Pour évaluer le pH de chaque échantillon, on met le sol (20g) dans le flacon d'agitation et on ajoute 50 ml d'eau distillée. On agite pendant 1 heure puis on laisse la solution reposer. Après Etalonnage de pH-mètre avec les solutions d'étalonnage à pH7 et pH9, on agite la suspension à la main et on mesure le pH en plongeant l'électrode dans la suspension. Enfin, on lit la valeur quand la lecture s'est stabilisée (cela demande 30 à 60 secondes).

Les valeurs du pH obtenues sont comparées avec les normes proposées par Baize (2000) présentées dans le tableau 6.

Tableau 6: Classification du sol selon le pH.

pH	<3,5	3,5- 4,2	4,2-5	5-6,5	6,5-7,5	7,5-8,7	>8,7
Classes	Hyper acide	Très acide	Acide	Faiblement acide	Neutre	Basique	Très basique

Baize (2000)

Références bibliographiques

- **Abu-Amer J.H., Saoub H.M., Akash M.W., Al-Abdallat AM (2011).** Genetic and phenotypic variation among faba bean landraces and cultivars. *International Journal of Vegetable Science*. 17: 45-59.
- **Acharya P. et Biswas B.K., 1996-** Prospects of integration of aquaculture with animal husbandry and land crop culture in Tripura state. *Journal of the Indian Fisheries Association*. 26, 41-51.
- **Akhtar M. et Alam M.M., 1991-** Integrated control of plant parasitic nematodes on potato *Nematol .Medit.*,19:169-171.
- **Alphonse de Candolle, 1984-** *Origine des plantes cultivées*, 263 p.
- **Andi, 2014-** Agence Nationale de développement de l'Investissement, 2014.
- **Aouar-Sadli M., Louadi K., Doumandji S-E. , 2008-** Pollination of the broad bean (*Vicia faba* L. var. major) (Fabaceae) by wild bees and honey bees (Hymenoptera: Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria). *African Journal of Agricultural Research*. 3 (4): 266-272.
- **Bachelier G., 1978 -** *La faune des sols, son écologie et son action*, IDT N°38. ORSTOM., Paris., 391 pp.
- **Bagnouls, F. et H. Gaussen, 1953-** Saison sèche et régime xérothermique. Documents pour les cartes des productions végétales, t. III, vol. I, art. 8, 47p. Toulouse.
- **Baize D., 2000-** *Guide des analyses en pédologie 2^{ème} édition revue et augmentée*. Edition INRA.
- **Bamba A. et Kienta M. 2000-** Intégration irrigation aquaculture: Étude de cas de Dagawomina. Programme Spécial pour la Sécurité Alimentaire (PSSA- Mali). *Consultancy Report*. Rome, FAO.
- **Baziz B., 2002 –** *Bioécologie et régime alimentaire de quelques rapaces dans différentes localités en Algérie. Cas de Faucon crécerelle Falco tinnunculus Linné, 1758, de la Chouette effraie Tyto alba (Scopoli, 1759), de la Chouette hulotte Strix aluco Linné, 1758, de la Chouette chevêche Athene noctua (Scopoli, 1769), du Hibou moyen-duc Asio otus (Linné, 1758) et du Hibou grand-duc ascalaphe Bubo ascalaphus Savigny, 1809*. Thèse Doctorat d'Etat Sci. agro., Inst. nati. agro., El Harrach, 499 p.
- **Bellinger P. F., Christiansen K. A. et Janssens F., 2003-** "Checklist of the Collembola of the World."
- **Bellvert G., Crombie K. et Horgan F.G., 2008-** Comparative efficiency of the Fenwick can and Sculling centrifuge in extracting nematode cysts from different soil types. *Journal of Nematology* , n° 40,30-34.

- **Benkhelil M. L., 1991-** *Les techniques de récoltes et de piégeages utilisées en entomologie terrestre*. Off. Pub. Univ., 68 p.
- **Bouche M. B., 1972-** Lombriciens de France, *Ecologie et systématique*, Inra Fr.
- **Brink M, Belay G., 2006-** Ressources végétales de l'Afrique tropicale I: céréales et légumes Secs, *Prota*, Pays bas, pp. 221-223.
- **Brink M. et Belay G., 2006-** *Ressources végétales de l'Afrique tropicales I. Céréales et légumes secs*. Fondation PROTA. 328 p.
- **Broughton W.J. et Dilworth M.J., 1971-** Control of leghemoglobin synthesis in snake beans. *Biochemistry Journal*. 125, 1075–1080.
- **Brown G. G., Barois I. et Lavelle P., 2000-** "Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains." *European Journal of Soil Biology*, 36(3): 177-198.
- **Capowiez Y., 2009-** «Vers de terre : rôles identifiés et idées préconçues. *Journées techniques fruits et légumes Biologiques*».
- **Chafi M.H et Bensoltane A., 2009-** *Vicia faba* (L), a source of organic and biological manure for the Algerian arid regions. *World Journal of Agricultural Sciences*. 5(6): 698-706.
- **Chaux C. et Foury C., 1994-** *Production légumière: légumineuses potagères, légumes fruits*, Lavoisier, Paris, pp. 4-8.
- **Choppin de janvry E., 1971 - les nématodes des grandes cultures in in les nématodes des cultures A.C.T.A.F.N.G.C.P. vol 18 n°12 Paris pp: 273-271.**
- **Cobb N.A., 1918-** Estimating the nematode population of the soil. *Agric. Tech. Circ. Bur. Pl. Ind. U.S. Dep. Agric.*, n°1, 48 pp.
- **COFAD,** communication personnelle (en cours de rédaction). Proposal for an African network on integrated irrigation and aquaculture. *Compte-rendu d'un séminaire tenu à Accra au Ghana du 20 au 21 septembre 1999*.
- **Coineau Y., Cleva, R. et du Chatenet G., EDS., 1997-** *Ces animaux minuscules.* . Paris.
- **Colas G. 1950.** Guide de l'entomologiste, Boubée, 329 p.
- **Cousin R. et Bannerot H., 1992-** *Amélioration des espèces végétales cultivées*. INRA Editions, Paris, France. pp 173-188.
- **Crespi V., 2009 -** Support to the development of desert aquaculture and management of the brackish water lakes in Algeria. *FAO Aquaculture Newsletters* 43: 20–22. FAO. Rome.
- **Cubero J.L., 2011-** The faba bean: a historic perspective. *Grain legumes*. N°. 56: 5-7.
- **D'Addabbo T., Avato P. et Tava A., 2009-** Nematicidal potential of materials from *Medicago* spp. *Eur J Plant Pathol*, 125:39–49

- **Daily G. C., Alexander, S. et Ehrlich P. R., 1997-** Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2, 1-18.
- **Daouda B., 2003-** Techniques d'aménagement piscicole; Numéro 12 Journal interne de l'APDRA-F et de l'APDRA-CI Septembre 2003; 3 square Hector Guimard, 78 960 Voisins le Btx France / BP 1104 Daloa Côte d'Ivoire
- **Decäns T., Galvis J. H. et Amezquita E., 2001-** "Properties of the structures created by ecological engineers at the soil surface of a Colombian savanna." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Série III* 324(5): 465-478.
- **Deharveng L., 2004-** "Recent advances in Collembola systematics." *Pedobiologia* 48(5- 6): 415-433.
- **Dela Cruz, 1992-** Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 456 p. in Gupt, 1998. Integrating aquaculture with rice farming in Bangladesh: Feasibility and economic viability, its adoption and impact. ICLARM Tech. Rep. 55, 90 p.
- **Dindal D. L., 1990-** *Soil biology guide*. Wiley and sons Inc., New-York, 1349 pp.
- **Duc G., Bao S., Baum M., Redden B., Sadiki M., Jose Suso M., Vishniakova M. et Zong X., 2010-** Diversity maintenance and use of *Vicia faba* L. genetic resources. *Field crops research*. 115: 270-278.
- **Fisher J.M., 1981 -** Futher observation on the effect of temperature on *Heterodera avenaewoll*. *Nematologica*, 27: 228-234.
- **FAO, 2010 -** Technical Workshop 6– 9 July 2010, Hermosillo, Mexico, 202 p
- **FAO/PNUD, 1980-** Développment de l'aquaculture continentale en chine rapport du voyage d'étude (FAO/PNUD) organisé pour les pays africains francophones 22 avril — 20 mai 1980. FAO, Document technique sur les pêches, N° 215 FIR/T 215(Fr)
- **FAO/ICLARM/IIRR. 2001.** Integrated agriculture – aquaculture: a primer. FAO Fisheries Technical Paper 407. Rome, FAO. 149 p.
- **FAOSTAT .2004.**[online] <http://appsdao.org/faostat>
- **Fenwick, D.W., 1940-** Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera Schachtii* from soil. *J. Helminthology* 18: 155-172.
- **Free L.B. , 1993-** *Insect pollination of crops*. znd ed. Academic Press. London. 152 p.
- **Gobat J.M., Aragno M. et Willy M., 2003-** *Le sol vivant base de pédologie des sol* : 568p
- **Gobat J. M., Aragno, M. et Matthey W., 2003-** *The living soil: basic pedology - soil biology* (2nd edition). Chapman and Hall, London, 569 pp.
- **Greco N., Inserra R.N., Brandonisio A., Tirro A., et De Marinis G., 1988-** Life-cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. *Nematol. Medit.*, **16**, 69-73.

- **Hacisferogullari H., Gezer I., Bahtiyarca et Menges H.O., 2003-** Determination of some chemical and physical properties of Sakiz faba bean - (*Vicia faba* L. var. major). *Journal of Food Engineering*. 60: 475: 479.
- **Halwart M. et Van Dam A.A. 2003-** *Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir*. Rome, FAO. 2010.199 p.
- **Hasell G., 1943-** Spatial isolation of seed crops. *Nature (London)* 152: 591- 592.
- **Holwach L.P., 1982-** Dissertation abstracts international (42) Cornell Uni. Uthaca, NV, USA.
- **Hu C. et Qi Y.C., 2010-** Abundance and diversity of soil nematodes as influenced by different types of organic manure. *Helminthologia*, 47: 58 – 66.
- **Huile M., Turpeau- AIT IGHIL E., Robert Y. et Monnet Y., 1999-** Les pucerons des plantes maraîchères : cycles biologiques et activités de vol, INRA, Paris, pp. 28-58.
- **ISO (2005).** "Sampling and soil extraction of enchytraeids."
- **Jones F.G.M., 1982-** The soil plant environment in plant nématodes. Ed. southey. London,64-82.
- **Jones F.G.W., Larbey D.W. et Parrott D.M., 1969 -** The influence of soil structure and moisture on nematodes, especially *Xiphinema*, *Longidorus*, *Trichodorus* and *Heterodera* spp. *Soil Biology & Biochemistry*, 1: 153-165.
- **Jouquet P., Dauber J., Lagerlöf J., Lavelle P. et Lepage M., 2006-** "Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops." *Applied Soil Ecology*, 32: 153-164.
- **Kersante A., 2003-** *Rôle régulateur de la macrofaune lombricienne dans la dynamique de l'herbicide atrazine en sol cultivé tempéré*. UNIVERSITÉ DE RENNES 1 U.M.R. 6553 ECOBIO.
- **Laamari M., Khelfa L. et Coeur D'acier A., 2008-** Resistance source to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in broad bean (*Vicia faba* L.) Algerian landrace collection. *African Journal of Biotechnology*. 7 (14): 2486-2490.
- **Lavelle P., 1997-** "Faunal activities and soil processes : adaptive strategies that determine ecosystem function." *Advances in ecological research*, 27: 93-132.
- **Lavelle P. et Spain, A. V., 2001-** *Soil Ecology*. Kluwer Scientific Publications, Amsterdam, 654 pp.
- **Little D.C. et Muir J.F. 1987-** A guide to integrated warm water aquaculture. Stirling, Institute of Aquaculture Publications.
- **MADR, 2009-** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des statistiques.

- **Merny G. et Luc M., 1969-** Les techniques d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol. Pp.237-272 in *Problèmes d'écologie : L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*. Ed. Masson et Cie, Paris, 360 p.
- **Mikic A., 2011-** Words denoting Faba bean (*Vicia faba*) in European languages. *Ratar. Povrt. / Field Veg. Crop Res.* 48: 233-238.
- **Miller J., 2010-** Le potentiel de développement de l'aquaculture et son intégration avec l'irrigation dans le contexte du Programme spécial de la FAO pour la sécurité alimentaire dans le Sahel. Dans M. Halwart & A.A. van Dam (éds). *Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir*. Rome, FAO. pp. 65–79.
- **Morissens P., 1979-** Un premier test d'élevage de porcs associé à la pisciculture de *Tilapia nilotica* à la station de Bouaké (Côte d'Ivoire) *Notes Doc. Pêche Piscic. Cent.Tech. Forest. Tropic, 19* : 27-50.
- **MPRH, 2009-** Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques <http://www.mpeche.gov.dz> - info@mpeche.gov.dz
- **Nackachian M.J., 1971 -** L'analyse nématologique. Pp. 759 – 790. in *Les nématodes de cultures*. Ed. ACTA., FNGC., Paris, 3, 4, 5 novembre 1971. 828 p.
- **Nahmani J., 2003-** Impact des métaux sur la structure et le rôle fonctionnel des communautés de macroinvertébrés et de microorganismes de sols du Nord-Pas De-Calais : une approche multiscalaire. Paris, Université Pierre et Marie Curie.
- **Norton, D.C., 1989-** Abiotic soil factors and plant-parasitic nematode communities. 1. *Nematol.* 21: 299-307.
- **Nuessly G.S., Hentz M.G., Beiriger R., Scully B.T., 2004-** Insects associated with faba bean, *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida. *Florida entomologist.* 87 (2): 204-211.
- **Nyabyenda P., 2005-** *Les plantes cultivées en région tropicales d'altitude d'Afrique*. Les presses agronomiques de Gembloux, 225 p.
- **Pan Yinhe, 1996,** Ecological effects of rice-fish culture. International Development Research Centre, 5 p.
- **Pelosi, C., 2008-** *Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre Lumbricus terrestris au champ. Contribution à l'étude de l'impact des systèmes de culture sur les communautés lombriciennes*. Thèse Doctorat, Sciences de la Terre. AgroParisTech.
- **Pesson P., 1971-** *La vie dans le sol aspects nouveaux études, expérimentales*, (Ed). Gauthier-Villars Editeur 55, quai des grands – Augustins Paris 470p
- **Petersen H., 1982-** "Structure and size of soil animal populations." *Oikos*, 39: 306-357.

- **Pitrat M. et Foury C., 2003-** *Histoires de légumes des origines à l'orée du XXIe siècle*. INRA EDITIONS, 410 p.
- **Pouvreau A., 2004-** *Les insectes pollinisateurs*. Delachaux & Niestlé, 157 p.
- **Pullin R.S.V. et Shehadeh Z.H. 1980.** Integrated agriculture-aquaculture farming systems. ICLARM Conf. Proc. 4, 258 p. Proceedings of the ICLARM-SEARCA Conference on Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems, Manila, Philippines, 6-9 August 1979. ICLARM, Manila, Philippines and SEARCA, Los Baños, Laguna, Philippines.
- **Reta Sanchez D.G., Santos Serrato Corona J., Viramontes R.F., Cueto Wong J.A., Padilla S.B., César J.S., 2008-** Cultivos alternativos con potencial de uso forrajero en la comarca lagunera, Primera, *Mexico*, pp.41
- **Rabat (2008).** DIAEA /DRHA /SEEN, Direction de l'irrigation et de l'aménagement de l'espace Agricole, Service des Expérimentations, des Essais et de la Normalisation
- **Ritter M., 1971** - les nématodes des céréales in «les nématodes des cultures ». ACTA, Paris 12eme: 273-291.
- **Renčo M., D'Addabbo T., Sasanelli N. et Papajova I., 2007-** The effect of five composts of different origin on the survival and reproduction of *Globodera rostochiensis*. *Nematology*, 9, 537–543.
- **Renčo M., Lišková M., et Čerevková A., 2010-** Seasonal fluctuations of the nematode communities in a hop garden soil. *Helminthologia*, 47:115–122.
- **Renčo M., Sasanelli N. et Kováčik P. 2011-** The effect of soil compost treatments on potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *Helminthologia*, 48: 184 – 194.
- **Renčo M., Sasanelli N., Papajova I. et Maistrello L., 2012-** Nematicidal effect of chestnut tanni solution on the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* (Wol) Barhens. *Helminthologia*, 49, 108-114.
- **Saxena M.C., 1991-** Status and scope for production of faba bean in the mediterranean countries. *Options Méditerranéennes*. N°. 10: 15-20.
- **Senouvo P., Ouedanou, E.K., 1996-** Diagnostic dans les Zones de pêche et de pisciculture du Sud-Bénin : systèmes de production, contraintes majeurs et perspectives de R-D. Rapport synthèse – Volet Pêche et Pisciculture/R-D Sud/RAMR/INRAB ; déc.1996 : 21 p.
- **Singh A.K., Bhatt B.P., Upadhyaya A., Kumar S., Sundaram P.K, Singh B.K., Chandra N., Bharati R.O., 2012-** Improvement of faba bean (*Vicia faba* L.) yield and quality through biotechnological approach: A review. *African Journal of Biotechnology*. 11(87): 1526415271.

- **Six A., 2014-**. Analyse des facteurs impactant la biodiversité écologique des vers de terre dans trois sols typiques du Poitou-Charentes. Sciences agricoles. 29p.
- **Souttou K., Farhi Y., Baziz B., Sekour M., 54-Guezoul O., et Doumandji S.E., 2006-** Biodiversité des Arthropodes dans la région de FILIACH (Biskra, Algérie). *Ornithologia algerica*, 4 (2) : 15-18.
- **Trigiano R. N., Windham M.T. & Windham A.S., 2004** - Plant pathology: Concepts and laboratory exercises. Ed. CRC press, Washington, 702 p.
- **USDA, 2008.** Plants profile of *Pisum sativum* L. (garden pea). United States Department of Agriculture (USDA), Natural Ressources Conservation Service (NRCS), Plants database.
- **Varela J., Sanchez- Monge R., Lopez-Torrejon. G., Pascual C.Y., Martin Esteban M. et Salcdo G., 2004-** Vicilin and convicilin are potential major allergens from pea, unidad Bioquimica, Departamento biotecnologia, ETS Ingenieros Agronomos, Madrid, and Clin Exp Allergy. Résumé dans NCBI (National center for Biotechnology Information) consulté le 20 October 2008.
- **Vioque J., Manuel A. et Giron-Calle J., 2012-** Nutritional and functional properties of *Vicia faba* protein isolates and related fractions. *Food Chemistry*. 132: 67-72.
- **Wall D. H., 2004.** *Sustaining biodiversity and ecosystem services in soils and sediments*. Island Press, Washington, USA, 275 pp.
- **Wang H-F, Zong X-X., Guan J-P, Yang T, Sun X-L., MA Y. et Redden R., 2012-** Genette diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm revealed by ISSR markers. *Theor Appl Genet*. 124: 789-797.
- **Xiao F., 1998,** Rice-Fish Culture in China: Rice-Fish Symbiosis. International Development Research Centre, 4 p.
- **Yahia Y., Guetat A., Elfalleh W., Ferchichi A., Yahia H., Loumerem M., 2012-** Analysis of agromorphological diversity of southem *Tunisia faba* bean (*Vicia faba* L.) gemiplasm. *African Journal of Biotechnology*. 11 (56): 11913-11924.
- **Zouakh D.E., Meddour A., Adjout H ET Bouali B. 2006** - Pisciculture saharienne en Algérie : Bilan et perspectives. 3^{èmes} Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie, Tabarka 3-7 /11/2006.