

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/21

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Agronomie
Spécialité : Production et Nutrition Animale

Présenté par :

Yahiaoui Nassima et Saidi Thiziri

Thème

**Culture d'Azolla pour un intérêt zootechmique : méthodes
d'évaluation du rendement.**

Soutenu le : 14/07/ 2021

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

M. CHEDDED M.

M CB

Univ. de Bouira

Président

M. SALHI O.

MCA

Univ. de Blida

Examineur

Mme CHERIFI Z.

MCB.

Univ. de Bouira

Promotrice

Melle BARECHE L.

Doctorante

Univ. de Bouira

Co-promotrice

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciement

Nos remerciements vont tout d'abord au Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.

*Nous tenons à exprimer notre profondes gratitude à notre promotrice Mme **CHERIFI Zakia** et Co-promotrice **BARECHE Lamia**, pour avoir accepté de diriger ce travail. Nous leur i témoigne toute notre reconnaissance pour leurs conseils, leurs orientations et leurs patience.*

Nos sincères remerciements s'adressent aux membres de jurys pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous saisisons cette occasion pour exprimer notre profonde gratitude à l'ensemble des enseignants de l'institut des sciences vétérinaires de Blida.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Nous espérons que ce travail constituera un pas vers un long parcours plein d'objectif et sucées.

Dédicaces

*A mon premier encadrent, depuis ma naissance ; mon cher papa **MOUHAND**, Pour votre soutien, votre patience, votre sacrifice et votre amour, vous méritez tout éloge, vous qui avez fait de moi ce que je suis aujourd'hui. J'espère être l'image que vous avez faite de moi, que Dieu vous garde et vous bénisse.*

*A ma mère **HEDJILA**, affable, honorable, aimable : tu présentes pour moi le symbole de bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites. , je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.*

*A ma **grand-mère** chérie qui a été toujours là pour moi avec ses prières, puisse DIEU lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur dans les deux vies.*

*A la mémoire de mes **grands-pères** et ma **grande mère** : j'aurais tant aimé que vous soyez présents que DIEU ait vos âmes dans sa sainte miséricorde.*

*Je dédie aussi ce travail, à mes chers et adorables **sœurs** et **frères** avec leurs épouses en témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse. A mes chers petits : neveu et nièce : **RAZENE** et **AHMED**, vous êtes la joie.*

À mes oncles, mes tantes, mes cousins et mes cousines veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

*A toute la grande famille **YAHIAOUI**.*

A mes chères amies qui sont symbole de tendresse et de fidélité. Aussi que mes amis qui ont étais toujours là pour m'aider, m'encourager et me proposer les solutions idéales.

*A mon encadrante **Mme cherifi** .A toi notre **co-promotrice** tes l'exemple de courage.*

*Toi aussi **Mme Basma** on ne va jamais t'oublier, ta présence est gravé dans nos cœurs.*

*A mon **binôme** avec qui j'ai partagé la joie et les difficultés relatives au suivi de ce travaille pour sa motivation et ses judicieuses propositions.*

Je dédié ce travail

Nassíma

Dédicaces

Je remercie le Dieu de m'avoir donné la force, la foi et la santé pour terminer ce travail.

A mes chers parents, c'est avec la plus grande sincérité, que je vous adresse mon parfait gratitude pour m'avoir soutenu si chaleureusement durant toute l'année et tout cursus scolaire et universitaire.

***Maman** à qui je dois ma réussite, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce qu'elle mérite pour tous les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Ce travail est le fruit des sacrifices qu'elle a consenti pour mon éducation et ma formation qu'elle n'a cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte pour votre dévouement et tous vos sacrifices*

*Aussi toi cher **Papa** que je remercie infiniment pour son encouragement, son aide précieuse, et sa persévérance, ses sacrifices et ses conseils tout au long de mon projet. Une vie de joie et santé pour vous Que Dieux vous garde et vous protège inchallah.*

*A mes chères sœurs **NEDJMA, WISSAM AYA et ILIYANAN**, les mots ne suffisent jamais pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je port pour vous.*

*Pour vous **MME BASMA et Lamia**, vous êtes vraiment l'exemple de courage et de soutien .Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

*A ma collègue de ce travail **NASSIMA** et puis tous les membres de ma promotion.*

Sans oublier mes chères copines une par une, elles ont été à tout moment à mes cote, mes amis aussi A tous mes enseignants, depuis mes premières années d'étude.

Je dédié ce travail

THIZIRI

Liste des abréviations	
Liste des Figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	1
Chapitre I : Généralités et la conduite d'élevage du lapin	
I.1. Généralité sur les lapins.....	3
I.1.1. Evaluation de l'effectif cunicole dans le monde.....	3
I.1.2. Evaluation de l'effectif cunicole en Algérie.....	4
I.2. Conduite d'élevage de lapin.....	4
I.2.1. Conduite alimentaire	4
I.2.2. Les types d'aliment du lapin	5
I.2.2.1. Alimentation du lapin à base de fourrages (vers, secs).....	5
I.2.2.2. Alimentation du lapin à base de granulé.....	5
I.2.3. Besoins alimentaires du lapin	6
I.2.3.1. Les besoins en eau	6
I.2.3.2. Les besoins en énergie.....	6
I.2.3.3. Les besoins en fibres.....	7
I.2.3.4. Les besoins en protéine et en acide amines.....	8
I.2.3.4. Les besoins en matière grasse	8
I.2.3.5. Les besoins en vitamines et minéraux	8
I.3. Particularités de tube digestif du lapin	9
I.4. Conduite d'élevage	11
I.4.1. Bâtiment et équipement	11
I.4.1.1. Les clapiers individuels	11
I.4.1.2. L'étable	11
I.4.2. Matériels et équipements spécifique d'élevage lapins.....	12
I.4.3. Les facteurs d'ambiance	12
I.4.3.1. Température	12
I.4.3.2. Humidité	12
I.4.3.3. Ventilation.....	13
I.4.3.4. Eclairage	13
I.4.4. Evaluation des performances de croissance	13

Chapitre II : Généralités et étude descriptif de l'Azolla.

II.1. Distribution de L'Azolla dans le monde	14
II.2. Présentation de L'Azolla	14
II.2.1. Classification	15
II.2.2. Cycle de développement d'Azolla	16
II.2.2.1. Reproduction sexuée	16
II.2.2.b. Reproduction végétative	16
II.2.3. Relation de symbiose avec une cyanobactérie	17
II.2.4. Exigence de la culture de l'Azolla	19
II.2.4.1. Besoin en eau	19
II.2.4.2. Ph	19
II.2.4.3. Élément nutritifs essentiels	19
II.2.4.4. Humidité	21
II.2.4.5. Température	21
II.3. La composition chimique de l'Azolla	21
II.4. Intérêt de l'Azolla	24
II.4. L'aliment pour le bétail	24
II.4.2. Lutte contre les mauvaises herbes	25
II.5. Autres utilisations	25
II.4.3. Lutte contre les moustiques	25
II.4.4. Biofertilisant	25
II.5.a. Alimentation de l'homme	25
II.5.b. Plante médicinale	26
Chapitre III : Matériels et méthodes	
III.1. Objectif	27
III.2. Présentation de site expérimentale	27
III.3. Matérielles utilisé	27
III.3. 1. Les utiles	27
III.3.2. les solutions nutritives	31
III.3.3. Matériel végétale	32
III.4. Méthode de la culture	32
III.5. Préparation de la solution nutritive	36
III .6. Méthode de calcul du rendement	39

III.7. Les conditions de culture de l'Azolla	39
III.8. Mesure et observation	39
III.9. Analyse statistique	39
Chapitre IV : Résultats et discussions	
II.1. Résultats des paramètres de température et de l'humidité	40
II.1.1. La température	40
II.1.2. Humidité	41
II.1.3. Variation du pH selon la solution nutritive	42
II.2. Taux d'arrosage	46
II.3. Les rendements	46
II.4. Etude comparative entre les résultats de récolte des différents bassins	48
Conclusion	50

Liste des tableaux

Tableau 01 : Recommandation générale des principaux minéraux et vitamine.....	8
Tableau 02 : Composition chimique d'Azolla	21
Tableau 03 : Les compositions des acides aminés de l'Azolla	23
Tableau 04 : Récapitulatif des T° moyennes enregistrés par semaine pendant la période expérimentale.....	40
Tableau 05 : Taux d'humidité moyens par semaine enregistrés pendant la période expérimentale.....	41
Tableau 06 : La quantité de l'Azolla récolté des 5 bassins pendant l'essai.	46

Liste des figures

Figure 01 : Production et de consommations de viande de lapin dans le monde.....	3
Figure 02 : Les niveaux de production de viande de lapin dans les différentes régions du monde	4
Figure 03 : Fourrage vert	5
Figure 04 : Aliment granulé	5
Figure 05 : Classification des fibres	7
Figure 06 : Schéma et caractéristiques des principaux éléments du système digestif du lapin	10
Figure 07 : Fonctionnement du gros intestin et formation des crottes molles	10
Figure 08 : Bâtiment d'élevage lapin à l'intérieur	11
Figure 09 : Bâtiment d'élevage lapin à l'extérieur	12
Figure 10 : Courbe de croissance de lapin	13
Figure 11 : Distribution approximative de L'Azolla	14
Figure 12 : Fougère d'Azolla	15
Figure 13 : Reproduction sexuée chez l'Azolla.....	16
Figure 14 : Le rôle de différentes espèces dans la multiplication végétative	17
Figure 15 : Schéma de la reproduction sexuée et végétative d'Azolla.	17
Figure 16 : Localisation de la cavité foliaire chez Azolla	18
Figure 17 : Morphologie des cyanobactéries	19
Figure 18 : Azolla aliment pour volailles	24
Figure 19 : La bêche	28
Figure 20 : Pioche.....	28
Figure 21 : Pelle.....	28

Figure 22 : Cageots en plastique	28
Figure 23 : Râteaux	28
Figure 24 : Mètre à mesure	28
Figure 25 : Balance	29
Figure 26 : Dabas , binette	29
Figure 27 : Des seaux	29
Figure 28 : Tuyau arrosage	29
Figure 29 : Tamis.....	29
Figure 30 : Marteau	29
Figure 31 : Fer	30
Figure 32 : Tenaille	30
Figure 33 : Ph mètre	30
Figure 34 : Hygromètre	30
Figure 35 : Sulfate de cuivre	30
Figure 36 : Azolla fraiche	30
Figure 37 Les différents types de lisiers utilisés dans la préparation des solutions...	32
Figure 38 : Création des bassins sous serre et en plein air	33
Figure 39 : Étalement d'une couche de terre sur le bâche	33
Figure 40 : Étalement d'une 2 ème couche de bache	34
Figure 41 : Tamiser la terre à étaller	34
Figure 42 : Étalement d'une couche de terre sur le bâche	35
Figure 43 : Remplissage des bassins avec de l'eau de robinet	35
Figure 44 : Injection de l'inoculum d'Azolla	35
Figure 45 : Création de d'ombrage	36

Figure 46: Les excréments d'animaux utilisés pour les préparations des solutions ..	36
Figure 47: Mélange uniforme avec l'eau.....	37
Figure 48: Filtration de la solution nutritive	38
Figure 49 : Bassin près a la récolte	38
Figure 50 : Azolla récoltée.....	38
Figure 51 : Pesage de l'Azolla	38
Figure 52 : Evolution des températures journalières des bassins pendant l'essai.....	40
Figure 53 : Evolution des taux d'humidité enregistrés quotidiennement pendant l'essai.....	41
Figure 54 : Evolution du pH enregistré dans bassin 01 pendant l'expérience.....	42
Figure 55 : Evolution des pH enregistrés dans le bassin 02 pendant l'essai.....	43
Figure 56 : Evolution du pH du bassin 03 pendant l'essai.....	44
Figure 57 : Evolution du pH du bassin 4 enregistré pondant l'essai.....	45
Figure 58: Evolution du pH du bassin 5 enregistré pondant l'essai.....	45
Figure 59: les rendements totaux en kg de l'Azolla produite par chaque bassin.....	47
Figure 60 : Quantité d'Azolla produite par les différents bassins en kg.....	48

Liste des abréviations

FAO : FOOD agriculture Organisation

MM : millimètre

C° : Degré Celsius

% : Pourcentage

INRA : Instituts Nationale De La Recherche Agronomique

ADF : Fibre détergente acide

KCAL : Kilocalorie

ED : Energie digestible

EM : Energie métabolique

MS : Matière sèche

MG : Matière grâce

GMQ : Gaine moyenne quotidienne

IC : Indice de consommation

PF : Poids finale

PH : Potentielle hydrique

NDF: Fibre détergent neutre

Pb: Protiène brut

G: gramme

T : température

L: Litre

N P K: Azote Phosphore Potaciom

MG: magnesium

Fe: fer

Mo: Matière organique

Ca: Calcium

H: Heure

Moy : Moyenne

Ec : Ecartype

Introduction

L'aliment constitue 60 à 70 % des coûts de production dans toutes les exploitations animales, la maîtrise de l'efficacité alimentaire a un impact sur la rentabilité de l'élevage (**MAERTENS et GIDENNE, 2016**). Par ailleurs, l'aliment conditionne l'expression des performances et la santé digestive des animaux (**LEBAS, 2004**).

Parvenir à l'autonomie alimentaire en production animale est l'un des objectifs actuel de toutes les filières animales (**SAUVANT *et al.*, 2015**), cela ne pourrait se faire qu'en utilisant des ressources alimentaires non-conventionnelles, qui sont des aliments d'origine animale, végétale ou industrielle, très peu ou pas exploités pour l'alimentation animale, et qui sont peu connus de la plupart des éleveurs (**GEOFFROY *et al.*, 1991 ; DAHOUDA *et al.*, 2009**).

Il s'agit de substitution où de supplémentation des aliments non-conventionnels. Ces aliments ont notamment des graines (*Mucunaspp., Lablabpurpureus,*) des feuilles (*Moringa oleifera, Leucaena leucocephala, Azolla pinnata*), des fruits (banane et autres), des tubercules (manioc, patate, igname), mais également des produits issus de l'agro-transformation (sons divers, pulpes etc.), et de produits d'origine animale (**D'MELLO, 1992 ; DAHOUDA *et al.*, 2009**).

L'azolla est l'une des sources alimentaires qui pourrait être un bon ingrédient en alimentation animale. C'est une fougère aquatique flottante d'une croissance rapide à la surface de l'eau. Dans la culture du riz, Azolla est un bio-engrais courant (**CHANDER et KUMAR, 2017**). Sa teneur plus élevée en protéines brutes (plus de 20%) et la présence d'acides aminés essentiels (haute teneur en lysine), de vitamines comme A et B et de minéraux comme le calcium, le phosphore, le potassium et le magnésium ont fait d'Azolla un complément alimentaire utile pour le bétail, la volaille, lapin et les poissons (**RAJESH, 2020**).

Cette synthèse vise à faire le point de l'utilisation de certaines ressources alimentaires non conventionnelles comme Azolla en alimentation animale. Elle présente leur description ainsi que leur composition générale elle expose aussi les intérêts agronomiques de l'utilisation de cette ressource non-conventionnelles.

Notre travail est présenté en deux parties, la première est consacrée à la synthèse des connaissances bibliographiques comprenant deux chapitres : le premier traite la conduite d'élevage du lapin et le deuxième comporte la description, la composition et les intérêts agronomiques de l'azolla.

La deuxième partie expérimentale comporte nos différents essais sur l'azolla, résultats et discussion et une conclusion générale.

Chapitre I : Généralités et la conduite d'élevage du lapin

L'élevage de lapin est pratiqué soit pour sa viande qui est de haute valeur nutritionnel soit en raison de nombreux atouts qu'il présente dans son élevage notamment sa petite taille, sa croissance rapide, sa forte prolificité, son intervalle de génération court et sa capacité à valoriser des fourrages et des produits agricoles fibreux .

I.1. Généralité sur les lapins

D'après GARREAU *et al.*, (2015), le lapin est apparu il y a plus de 6 millions d'années dans le pourtour méditerranéen et est présent à l'état sauvage sur les cinq continents La cuniculture a principalement pour objectif la production de viande mais le lapin est également élevé pour ses poils et fourrure (lapin angora). (GARREAU *et al.*, 2015).

I.1.1. Evaluation de l'effectif cunicole dans le monde

La production mondiale est aux environs de 1,8 million de tonnes métriques/an (Figure 01), la production mondiale est concentrée en Asie avec 48,8% suivis par l'Europe, les Amériques et l'Afrique avec 28,4; 18,1 et 4,7 % respectivement et la Chine reste le premier producteur de la viande du lapin (FAOSTAT, 2012).

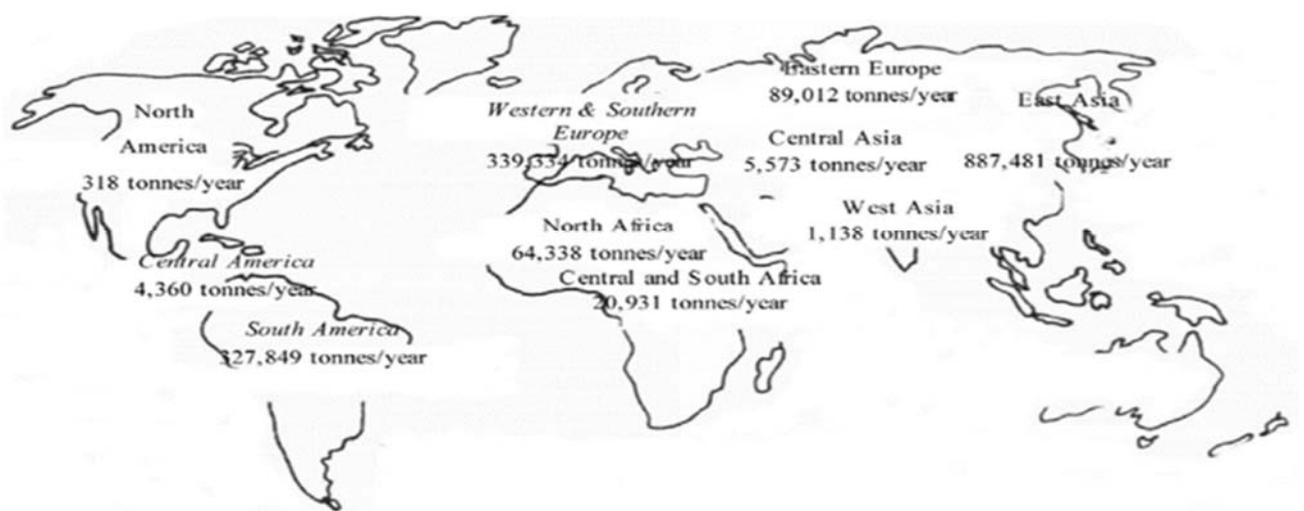


Figure 01 : Production et de consommations de viande de lapin dans le monde (FAOSTAT, 2012).

D'après quelques statistiques de la FAO en 2012, la production de viande de lapin au monde (Figure 02) est estimée à 1,8 million de tonnes, une augmentation de 17 % seulement en 5 ans, lié sur tout au développement de la production en Chine (+ 25 % depuis 2008) et la production situe beaucoup plus dans quelques pays : Chine, Venezuela, Italie, Corée, Espagne, Egypte, France et République Tchèque. (<http://dspace.univ-msila.dz/handle/chap1>).

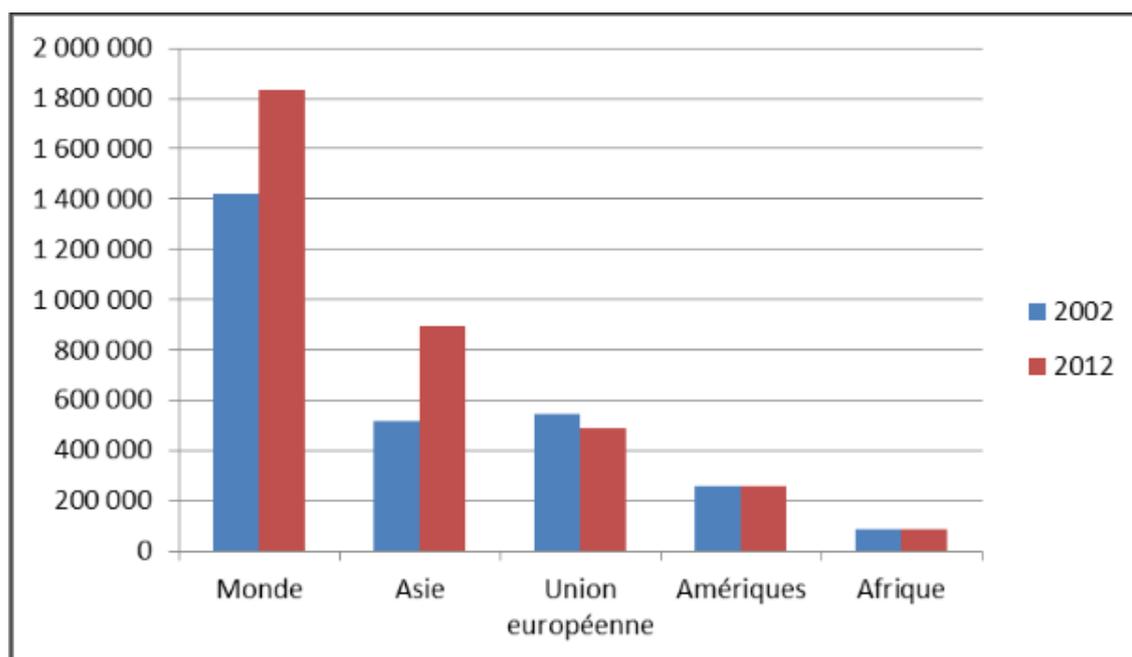


Figure 02 : Les niveaux de production de viande de lapin dans les différentes régions du monde (FAO 2015).

I.1.2. Evaluation de l'effectif cunicole en Algérie

L'élevage cunicole en Algérie détient une place négligeable si on compare avec d'autres élevages qui sont de plus en plus de développement portent , cet élevage peux de son côté générer des revenus pour l'économie ainsi sa participation à la couverture des besoins populaire en protéine animale. <http://dSPACE.univ-msila.dz/handle/chap1>.

La réussite du développement de l'élevage de lapins en Algérie dépend en premier rang de la présence des éleveurs et la disponibilité d'un matériel performant résistant aux conditions locales avec une alimentation équilibrée. <http://dSPACE.univ-msila.dz/handle/chap1>.

I.2. Conduite d'élevage de lapin

I.2.1. Conduite alimentaire

BENMOUMA, 2000, indique que L'équilibre de l'alimentation tient autant à la nature et à la qualité qu'à la quantité et à la diversité des aliments qui la composent sans oublier le mode de préhension ou de distribution des aliments. Pour Repérer son aliment, le lapin a le regarder, le sentir, le toucher, s'en rapprocher, et choisir de le manger ou pas sont des préalables favorables à l'alimentation

Durant ces préliminaires l'organisme commence déjà à préparer la digestion. Le lapin lorsqu'il en a le choix sait équilibrer son alimentation et choisir des plantes qui rééquilibrent

les excès et carences (plantes limitant les parasites externes comme internes, plantes favorisant l'activité sexuelle, ...). (BENMOUMA, 2000).

I.2.2. Les types d'aliment du lapin

I.2.2.1. Alimentation du lapin à base de fourrages (vers, secs).

Le lapin peut ingérer de grandes quantités de fourrage pourvu qu'il soit appétissant, comme il pourra avoir le choix parmi plusieurs sources alimentaires : pâturage, fourrage sec, il préfère les feuilles plutôt que les tiges d'une plante, foin sec sera plus longue pour un fourrage vert (Figure 03). (GIDENNE, 2015).



Figure 03 : Fourrage vert (originale).

I.2.2.2. Alimentation du lapin à base de granulé

Selon BENMOUMA (2000), donner des granuléés (Figure 04) aux lapins de compagnies est loin d'être une obligation, il n'a aucun intérêt pour le système digestif mais il reste un bon aliment de bétail qui se présente dure, sans poussière et aromatique. Donc il reste toujours l'aliment le plus distribué pour les lapins car leur quantité est calculé par rapport a l'états physiologique de lapin. La dimension optimum d'un granulé lapin : le diamètre doit être compris entre 3,5 et 4 mm et la longueur 0,5 et 1 cm.



Figure 04 : Aliment granulé (originale).

I.2.3. Besoins alimentaires du lapin

L'alimentation doit comprendre les éléments essentiels (énergie, vitamine, protéine et minéraux) .Le régime alimentaire de lapin doit répondre à ses besoins et doit adaptés à ses particularités digestives.

I.2.3.1. Les besoins en eau

Il ne faut jamais négliger le rôle essentiel de l'eau dans l'alimentation et la santé des animaux. Chez un lapin, l'eau influence en grande partie sur le duodénum, lieu d'absorption des nutriments, sa distribution est à volonté et la vérification de sa qualité est nécessaire, permettant au lapin de couvrir ses besoins à tout moment. **(ROUMET, 2021),**

ROUMET en 2021, signale un manque d'eau influence négativement sur l'état de lapin, conduit rapidement (en 24h) à une diminution de l'ingestion d'aliment qui amène à une perte de poids puis vers la mortalité. A moyen terme, cela peut accroître le risque de calculs rénaux. La température ambiante et la teneur en eau des aliments, sont deux facteurs déterminants de la quantité d'eau consommée par les lapins. En effet, une température dépassant les 20°C accroît la consommation d'eau. Aussi, un aliment sec ou peu humide entraîne également une augmentation de la consommation d'eau.

Selon **ROUMET, (2021),** la consommation d'eau est estimée de 1,5 à 2,5 fois la quantité de matière sèche ingérée selon l'âge et le stade physiologique.

I.2.3.2. Les besoins en énergie

L'alimentation apporte une énergie qui sert, d'un côté, à l'entretien et la thermorégulation de l'animal, et d'autre côté a assuré les productions de l'animal. L'origine de cette énergie est l'amidon, les lipides et les protéines en excès. **(LEBAS et al., 1996)**

LEBAS et al. (1996), signale que les besoins énergétiques diffèrent selon la température du bâtiment, selon le stade physiologique du lapin (gestation, lactation). Les aliments classiques comprenant 3 à 4% des lipides couvrant les besoins spécifiques en acide essentiels.

Il est à noter que les lapines reproductrices et les lapins en croissance ajustant leurs consommations alimentaires en fonction de la concentration énergétique des aliments, à condition que les protéines et autres éléments de la ration soient bien équilibrés. **(LEBAS, et al., 1996).**

I.2.3.3. Les besoins en fibres

Comme le lapin est un herbivore, il a besoin de consommer en moins une petite quantité de fibres pour assurer un bon fonctionnement de son système digestif. D'ailleurs, c'est elles qui garantissent la régulation du transit digestif, l'activité du microbiote cœcal ainsi que la santé digestive du lapin en croissance (GARCIA *et al.*, 2009 ; GIDENNE *et al.*, 2010 ; COMBES *et al.*, 2012 et GIDENNE, 2015b).

Selon GIDENNE (2015b), l'activité microbienne cœcale permet une digestion des fibres (Figure 05), leur dégradation dans le caecum dépend de la nature des fibres et de la surface d'attaque microbienne. A cet effet, la digestibilité fécale est de 15-25 % pour la cellulose, 20-40 % pour les hémicelluloses, jusqu'à 70-75 % pour les pectines, et peut dépasser 80 % pour les polyosides solubles (GIDENNE, 2015b). Par contre, les lignines sont des composés polyphénoliques et leur digestion par le lapin est quasi nulle (GIDENNE *et al.*, 1996)

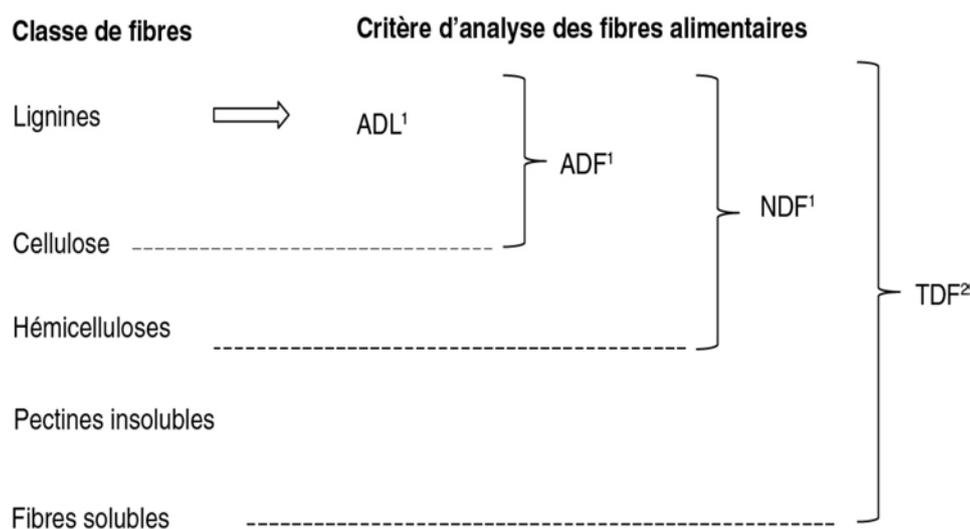


Figure 05 : Classification des fibres. (GIDENNE, 2015)

L'évaluation de l'importance des fibres sur les performances de croissance et la santé digestive des lapins, a fait l'objet de plusieurs travaux particulièrement ceux réalisés par l'équipe de l'INRA de Toulouse en France (GIDENNE *et al.*, 2010 ; GIDENNE, 2015b)

En 2016, MAERTENS *et al.*, indiquent que les résultats ont montré qu'un déficit en fibres d'ADF conduit à une diminution de la croissance du lapin de 10 à 20% suite à une augmentation significative des troubles digestifs. À l'inverse, un apport excessif en fibres (>30 % ADF) n'entraîne aucune pathologie mais, détériore l'efficacité alimentaire de 20 à 40% suite à une diminution de la concentration énergétique de l'aliment Par conséquent, la

digestibilité moyenne des fibres se trouve nettement inférieure à celle des autres éléments de la ration (amidon, lipides, protéines).

I.2.3.4. Les besoins en protéine et en acide aminés

LEBAS en 2013, souligne que les besoins azotés des monogastriques sont généralement exprimés en gramme de protéines brutes par 1.000 Kcal d'énergie (ED ou EM). Les teneurs en protéines et en acides aminés d'un aliment doivent être ajustées en fonction de sa valeur énergétique.

Les chercheurs ont montré que le lapin en croissance doit trouver dans son alimentation 10 acides aminés indispensables, en considérant en plus deux autres acides aminés qui peuvent partiellement remplacer deux acides aminés indispensables. Les acides aminés sont : arginine, histidine, leucine, isoleucine, lysine, phénylalanine+tyrosine, méthionine+cystine, thréonine, tryptophane, valine. Pour les lapins en croissance les besoins en lysine et acides aminés soufrés sont respectivement de 0,6 et 0,7%. (**LEBAS et al. 1996**).

Ainsi, selon **DJAGO et KPODEKON en 2007**, lorsque les protéines alimentaires apportent ces acides aminés indispensables, la ration peut ne contenir que 15 à 16% de protéines brutes pour les lapins à l'engraissement.

I.2.3.4. Les besoins en matière grasse

Les matières premières utilisées dans l'alimentation du lapin contiennent 2,5 à 3% de matières grasse naturelle ; ce qui n'est pas indispensable d'apporter les corps gras aux aliments du lapin (**LEBAS et al., 1991**).

I.2.3.5. Les besoins en vitamines et minéraux

Deux catégories des minéraux : la macro-minéraux (le calcium, le phosphore, le sodium, le magnésium et le potassium) et sont exigés en grammes par jour, les micro-minéraux incluent le cuivre, le zinc, le manganèse, le fer, l'iode, le sélénium et le cobalt, et sont exigés en milligrammes par jour. **DJAGO et KPODEKON (2007)**

DJAGO et KPODEKON (2007), indiquent que les minéraux (calcium, phosphore, sodium, magnésium, ect...) sont indispensables au fonctionnement et à la constitution de l'organisme du lapin et en particulier dans la constitution des os mais permettent aussi le fonctionnement en favorisant les équilibres intra et extracellulaires. On couvre les besoins en minéraux par l'aliment commercial. Toutefois, les apports peuvent être améliorés par les compléments minéraux commerciaux. **LEBAS, 2000** cite que les vitamines sont des substances organiques nécessaires à l'organisme et que l'animal ne peut pas synthétiser.

Les vitamines se trouvent dans les divers aliments (les fourrages verts, les céréales, les tourteaux, les sous-produits agroalimentaires). Les vitamines liposolubles (A, D, E et K) doivent être apportées par l'alimentation. Par contre si les lapins sont en bonne santé (pas de diarrhée) les vitamines hydrosolubles (C et toutes celles du groupe B) sont fournies par la flore digestive et en particulier par l'ingestion des Caecotrophes. Un apport de vitamine C peut aider les lapins à mieux supporter la chaleur. (DJAGO et KPODEKON 2007).

Tableau 01 : Recommandation générale des principaux minéraux et vitamine (DJAGO et KPODEKON 2007).

Minéraux	Croissance	Gestation
Pourcentage des matières sèches des aliments		
Calcium	1	1 à 1,2
Phosphore	0,5	0,5
Sel	0,5 à 0,7	0,5 à 0,7
Vitamines		
Unités internationales (UI/Kg de MS)		
A	8000	8000
D	1000	1000
MG/Kg de la MS des aliments		
B (choline).	1500	1500
B (thiamine)	1200	1200

I.3. Particularités de tube digestif du lapin

Le lapin est un monogastrique possède un seul estomac par opposition au bovin qui possède plusieurs estomacs (polygastriques), il a des dents qui poussent continuellement. Il les use et les affûte par des mouvements continuels des mâchoires. Leur caecum est très développé et volumineux. Son appareil digestif (**Figure 06**) (le colon) va produire deux types de crottes: les crottes molles et les crottes dures. (KPODEKON *et al.*, 2018)

D'après KPODEKON *et al.*, (2018), les crottes molles en forme de grappe de 5 à 10 boules et enrobées de mucus qui sont happées et avalées directement à la sortie de l'anus. Ce phénomène qui s'observe le matin s'appelle la caecotrophie. Les crottes molles, riches en acide aminé et en vitamine, vont progresser dans le tube digestif et les éléments nutritifs transformés dans le caecum sont absorbés par l'intestin grêle lors de ce deuxième trajet. Un bon fonctionnement de la caecotrophie est indispensable à la santé du lapin. Toute perturbation de la caecotrophie entraînera des diarrhées. Parmi les facteurs qui favorisent une bonne caecotrophie :

- ✚ le calme et la bonne ambiance générale de l'élevage.
- ✚ la bonne densité dans les cages;
- ✚ un abreuvement de qualité et

une bonne alimentation respectant, en particulier, l'équilibre entre protéine et cellulose.

D'autre part, les crottes dures, rondes, riches en fibres qui sont évacués dans la litière.

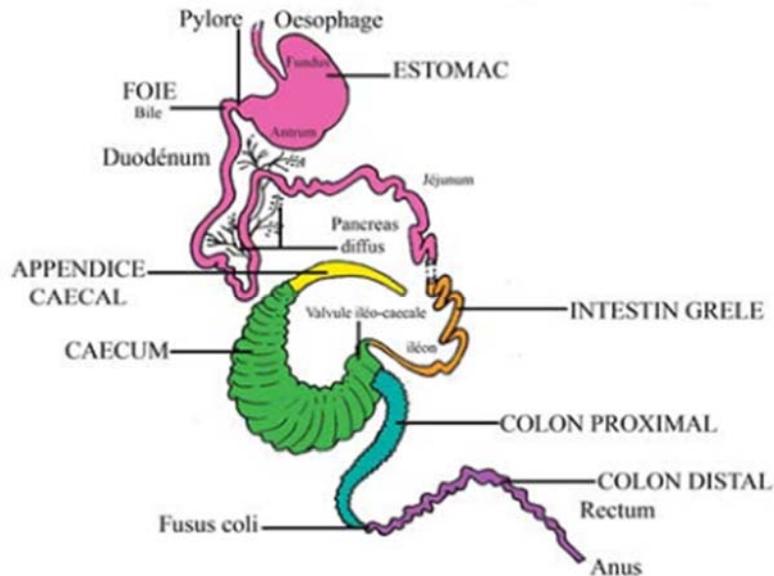


Figure 06 : Schéma et caractéristiques des principaux éléments du système digestif du lapin (KPODEKON *et al.*, 2018)

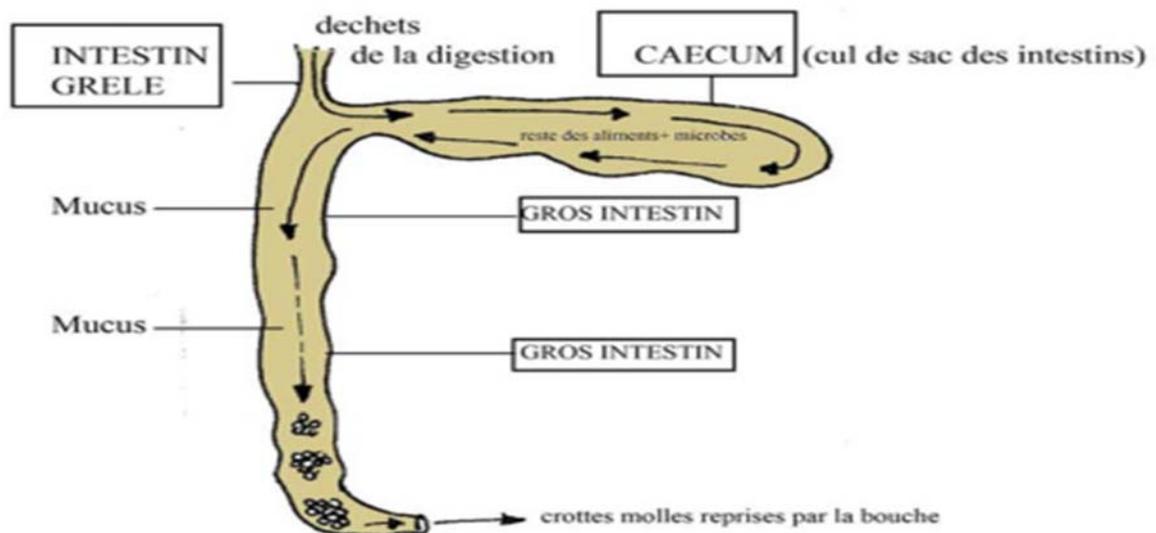


Figure 07 : Fonctionnement du gros intestin et formation des crottes molles. (KPODEKON *et al.*, 2018)

I.4. Conduite d'élevage

I.4.1. Bâtiment et équipement

Selon **SCHIERE et CORSTIANSEN (2008)**, Un logement de qualité assure le confort et l'hygiène des lapins qui y vivent et le confort de l'éleveur qui y travaille. Un travail dans de bonnes conditions assure le calme de l'éleveur et donc des lapins. Les lapins ont besoin de surface pour se nourrir, se reposer, se déplacer, sans gêner les autres animaux du troupeau, se sentir en sécurité, et vivre leur vie sociale (jeux, éducation, reproduction) il y'a 2 types de logements :

I.4.1.1. Les clapiers individuels

Les clapiers individuels : les lapins doivent être logés individuellement ; le logement en groupes n'est pas une bonne idée pour plusieurs raisons. Les Clapiers peuvent être placés sous un toit, dans une étable ou en plein air. (**SCHIERE et CORSTIANSEN 2008**)

I.4.1.2. L'étable

D'après **SCHIERE et CORSTIANSEN (2008)**, c'est un bâtiment spécial où l'on place les unités de logement individuelles (dans ce cas, appelées aussi cages) et où l'on range la nourriture et le matériel. Les clapiers individuels peuvent être dressés en plein air, sous un toit ou à l'intérieur d'un bâtiment quelconque. (**Figure 08**)



Figure 08 : Bâtiment d'élevage lapin à l'intérieur (originale).



Figure 09 : Bâtiment d'élevage lapin à l'extérieur (originale).

I.4.2. Matériels et équipements spécifique d'élevage lapins. (SCHIERE et CORSTIANSEN ,2008).

- Cages d'élevage : cages flat-deck, cages superposées.
- Régulation d'ambiance : ventilation, contrôle température (chauffage, climatisation, isolation de bâtiment élevage uniquement) hygrométrie, luminosité
- Système d'abreuvement.
- Equipement de rationnement de l'alimentation.
- Groupe électrogène si bâtiment non raccorder aux réseaux.

I.4.3. Les facteurs d'ambiance

I.4.3.1. Température

Selon **LEBAS et al (1996)**, la température est un facteur plus important, parce qu'elle exerce une action directe sur de nombreux éléments. Les animaux assurent une température interne constante en faisant varier leur production et leurs déperditions de chaleur. Si la température est moins de 10 °C (basse), les animaux se mettent en boule pour limiter la surface corporelle perdant de la chaleur, et la baissé de leurs oreilles. A l'inverse, si la elle est à partir de 25 à 30°C (très élevée), les animaux adoptent une position allongée leur permettant de perdre le plus possible de chaleur par rayonnement et convection.

I.4.3.2. Humidité

Elle doit être entre 55 et 80% et est conditionnée par le nombre d'animaux ; la déjection, les abreuvoirs et la respiration augmentent l'humidité ambiante. Deux facteurs permettent de la réguler : la ventilation et la température (**FOURNIER ,2005**).

I.4.3.3. Ventilation

MICHAUT en 2006, déclare que parmi différents objectifs de ventilation:

- ✓ Assurer les besoins en oxygène.
- ✓ Evacuer les gaz nocifs produits par les animaux.
- ✓ Maîtriser la température ainsi que l'humidité du bâtiment.

I.4.3.4. Eclairage

La lumière a une influence sur la reproduction du lapin. Par conséquent, le rôle de la lumière est important en maternité afin de réduire les variations saisonnières et d'étaler la production tout au long de l'année. La photopériode adaptée aux lapines semble être de 14 à 16 heures d'éclairage par 24 heures, alors que celle correspondant aux mâles est seulement de 8 heures. Mais pour des raisons économiques et pour facilité du travail il est courant de loger les reproducteurs dans la même cellule d'élevage, avec une photopériode de 16 heures par 24 heures, les mâles s'adaptant bien. (MICHAUT ,2006).

I.4.4. Evaluation des performances de croissance

les paramètres de croissance des lapins selon (BESKRI et KLETIN, 2019) :

- ❖ **La croissance pondérale** : le poids moyen des lapereaux obtenus a l'essui de chaque semaine de suivi de leurs croissances
- ❖ **La vitesse de croissance** : les valeurs des gains moyens quotidiens (GMQ) moyenne calculé dans les dix semaines
- ❖ **L'indice de consommation (IC)** : l'indice de consommation (IC) traduit l'efficacité alimentaire

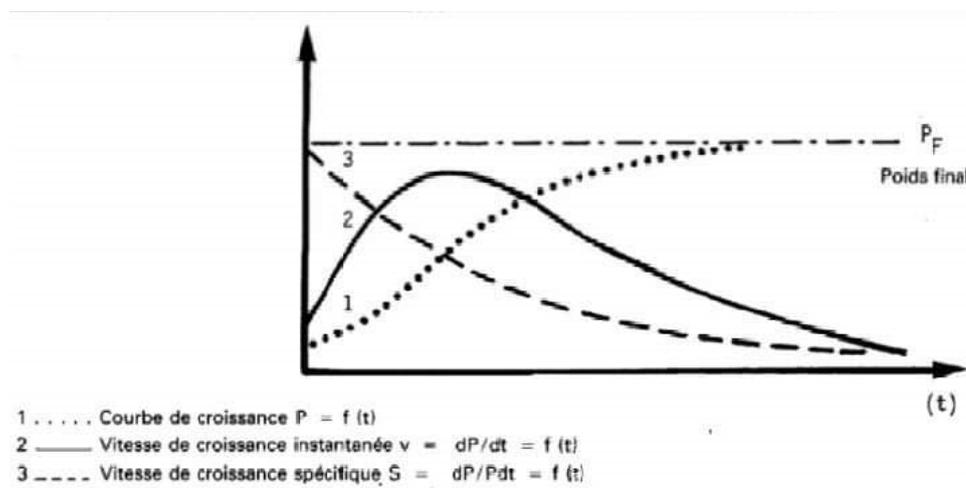


Figure 10 : Courbe de croissance de lapin (OUHAYOUN, 1983).

La courbe de croissance pondérale du lapin (**Figure 10**) est une courbe sigmoïde avec un point d'inflexion qui situe entre 5^{ème} et 7^{ème} semaines de vie post natale. (**PRUD'HON et al., 1975**).

OUHAYON en 1983 déclare que la vitesse de croissance connaît une accélération très forte entre la naissance et le sevrage .Par contre entre 4 et 11 semaines d'âge la courbe pondérale considéré comme linéaire.

Les mâles et les femelles suivent une courbe de croissance semblable jusqu'à l'âge de 10 ,15 ou 20 semaines (rapide, moyen ou lente) au-delà les femelles deviennent plus lourdes (**OUHAYOUN, 1983**).

Chapitre II : Généralités et étude descriptif de l'Azolla.

II.1. Distribution de L'Azolla dans le monde

L'Azolla est présente dans les étangs, les fossés et les rizières des régions tempérées chaudes et tropicales du monde entier. Chaque espèce a une aire de répartition spécifique (**Figure 11**). *Azolla caroliniana* qui se trouve à l'Est de l'Amérique du Nord et Caraïbes ; *Azolla filiculoides* en sud de l'Amérique, de Sud à l'ouest de l'Amérique du Nord, y compris l'Alaska ; *Azolla microphylla* dominante en Amérique tropicale et subtropicale ; *Azolla mexicana* occupe le Nord de l'Amérique du Sud à l'ouest de l'Amérique du Nord ; *Azolla nilotica* présente au cours supérieur du Nil au Soudan ; *Azolla pinnata* observée dans la plupart de l'Asie et la côte de l'Afrique tropicale. Ces espèces ont été dispersées par l'homme et peuvent être trouvées en dehors de leurs régions d'origine (**LUMPKIN *et al.*, 1980**).

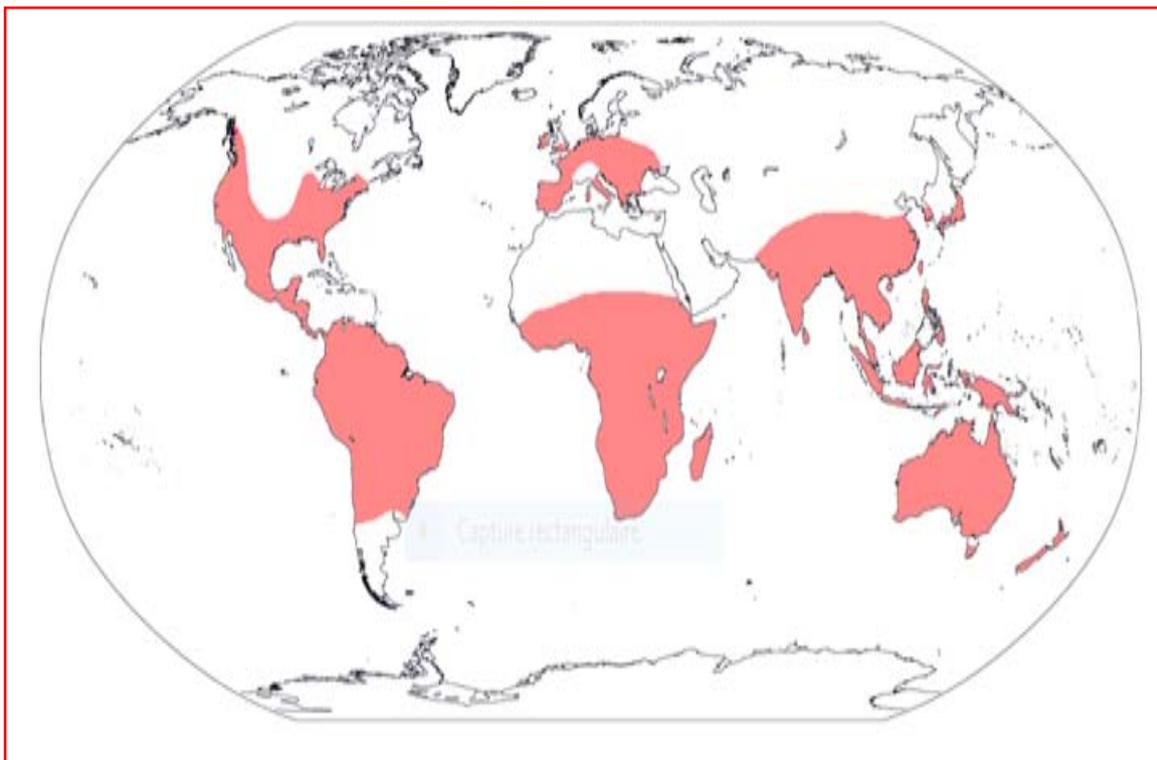


Figure 11 : Distribution approximative de L'Azolla (**SMAL et DARBYSHIRE, 2011**)

II.2. Présentation de L'Azolla

Selon **HEDJI *et al* (2014)**, l'Azolla est une fougère aquatique qui flotte librement sur les surfaces des écosystèmes d'eau douce dans les étangs et les canaux d'irrigation. L'Azolla est caractérisé par la fixation d'azote atmosphérique grâce à des microorganismes qui vivent en symbiose avec elle (**RAOELINE, 1995**)

L'Azolla (**Figure 12**) est souvent appelée fronde. Chaque fronde est constituée d'une tige principale dont la longueur maximale excède rarement 3 à 4 cm qui porte des ramifications secondaires flottant sur l'eau et couverte de petites feuilles alternes étroitement imbriquées composées de deux lobes : un lobe ventrale et un autre dorsale (**VAN HOVE, 1989**). **HEDJI et al** en 2014 signale que la forme de l'Azolla est plus au moins circulaire ou triangulaire selon les espèces.



Figure 12: Fougère d'Azolla (originale).

II.2.1. Classification

L'Azolla est classée en deux sous-genres selon **RAJA et al** en 2012 :

a- Euazolla : qui regroupe 5 espèces

- *Azolla Caroliniana*
- *Azolla Mexicana*
- *Azolla Microphylla*
- *Azolla Filiculoide*
- *Azolla Rubra*

b-Rhzosperma : à seulement 2 espèces

- *Azolla Nilotica*
- *Azolla Pinata*

L'azolla appartient à la classification suivante selon **SHRIKANT et al** en 2017 :

Règne : plantae

Classe : equisetopseda

Sous –classa : polypodiidae

Ordre : salviniales

Famille : Salviniaceae

Genre : azolla

II.2.2. Cycle de développement d'Azolla

L'Azolla a deux modes de reproduction : la reproduction sexuée ou générative et la reproduction asexuée ou multiplication végétative.

II.2.2.1. Reproduction sexuée

Dans ce mode elle se multiplie par la production de sporocarpes (**Figure 13**), (**Figure 15**) qui apparaissent à la fin de l'été (Septembre-Octobre) et les zygotes issus de la fécondation correspondent à un pied feuillé. On estime la production de sporocarpes pour une population représentant 8 kg/m² de biomasse à 380 000 microsporocarpes et 85 000 mégasporocarpes. (**JANES, 1998b**).

Ceux-ci peuvent survivre à des températures de 5°C pendant 3 mois, de -10 °C pendant 18 jours. Leur germination est possible après plusieurs années passées dans l'eau ou enfouies dans des terrains boueux (**JANES, 1998b**).



Figure 13 : Reproduction sexuée chez l'Azolla (Sporulation) (originale)

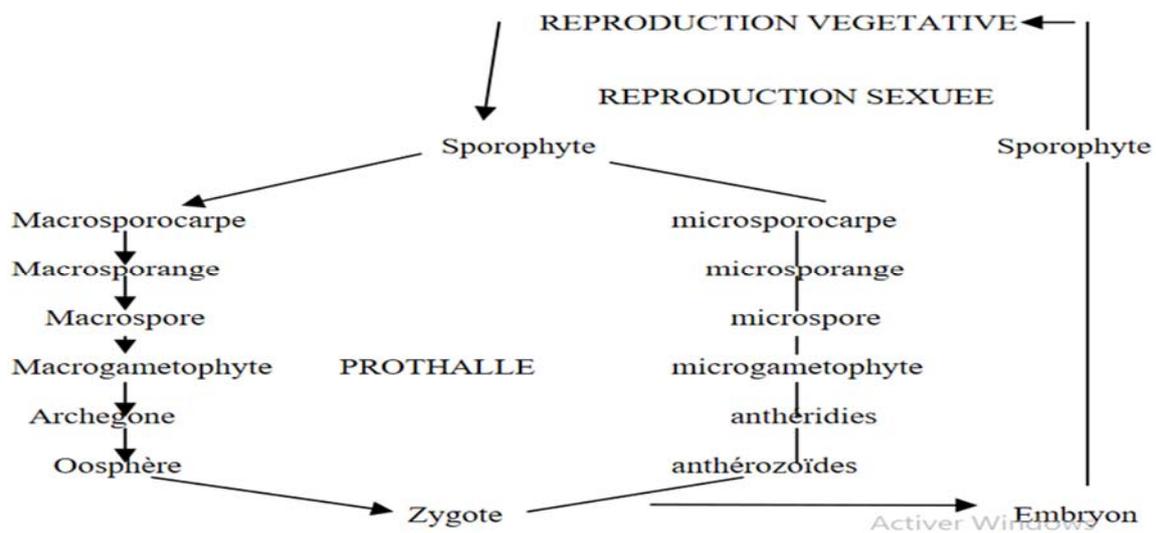
II.2.2.b. Reproduction végétative

Il s'agit d'une multiplication par fragmentation des tiges (**Figure 15**) occasionnée par des perturbations physiques. Les oiseaux, les petits mammifères, les amphibiens (**Figure 14**), ou encore le bétail s'abreuvant dans les cours d'eau participent à la propagation de ces fragments, la plante ayant la faculté de s'accrocher facilement à ces animaux (**FCBN, 2012**).



Figure 14: Le rôle de différentes espèces dans la multiplication végétative (originale)

Pour se développer, le fragment doit simplement être placé dans de l'eau à température ambiante (15 à 18°C) contenant un peu de matière organique en suspension (OOREKA, 2016).



- ✓ Absence du symbiose Anabaena-Azolla dans le cycle
- ✓ Présence du symbiose

Figure 15: Schéma de la reproduction sexuée et végétative d'Azolla (BECKING, 1979).

II.2.3. Relation de symbiose avec une cyanobactérie

Azolla est une symbiose entre une fougère aquatique de petite taille (1-10 cm) et une cyanobactérie fixatrice de N₂, elle se développe dans des mares d'eau peu profondes, des rizières et des cours d'eau calmes. L'identification de la nature symbiotique d'Azolla et du symbiote fixateur de N₂ remonte au 19^{ème} siècle. Par contre, les progrès concernant l'amélioration des souches pour une utilisation agricole, et en particulier l'hybridation sexuelle et la recombinaison, sont très récents. La symbiose implique d'une part une espèce de

cyanobactérie (*Anabaenaazollae*) et d'autre part l'une des sept espèces connues d'*Azolla*. La cyanobactérie endophyte se développe dans une cavité située à la base du lobe dorsal de chaque feuille d'*Azolla* (ROGER, 2006).

D'après ROGER (2006), On trouve aussi des cellules de la cyanobactérie dans le mégasporocarpe de la plante (gamétophyte) (Figure 16). Ce sont ces cellules qui recontaminent la jeune plante au moment où elle sort du sporocarpe pour reformer un sporophyte. Les filaments d'*Anabaenaazollae* ont un pourcentage d'hétérocystes (20 - 30%) nettement plus élevé que celui observé chez les cyanobactéries (Figure 17) hétérocystées libres. Ceci traduit une activité fixatrice d'azote élevée. La nutrition azotée de la fougère est assurée par l'excrétion de l'azote fixé par la cyanobactérie. Cette excrétion est favorisée par la répression de la glutamine-synthétase de la cyanobactérie. Les poils absorbants situés à l'intérieur de la cavité foliaire favorisent l'absorption des substrats azotés excrétés par la cyanobactérie symbiote. En raison de son potentiel élevé comme fixateur d'azote, *Azolla* a été utilisé traditionnellement comme engrais vert en riziculture en Chine et au Vietnam.

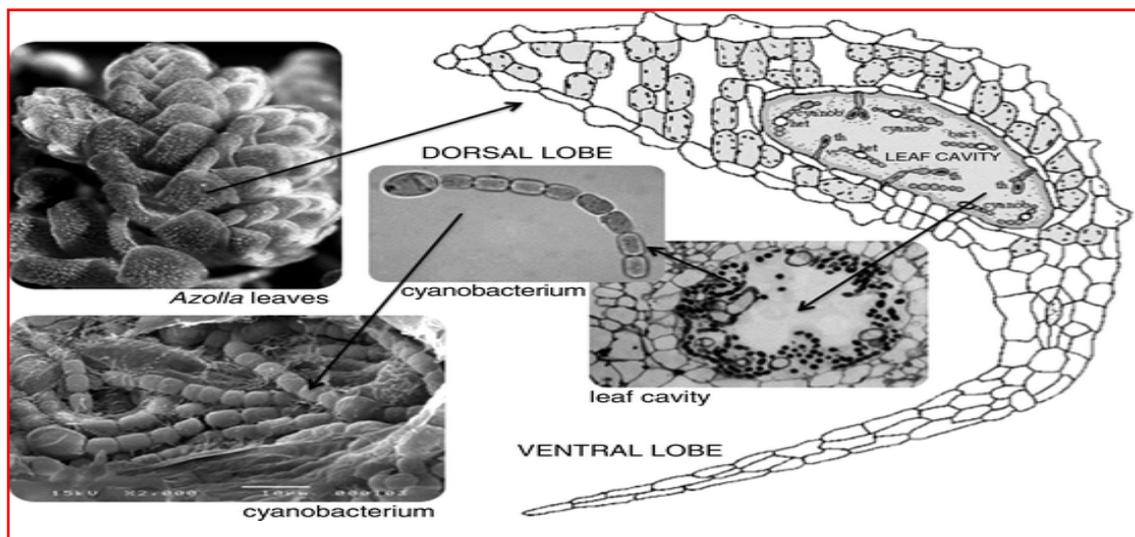


Figure 16: Localisation de la cavité foliaire chez *Azolla* (FRANCISCO, 2014)

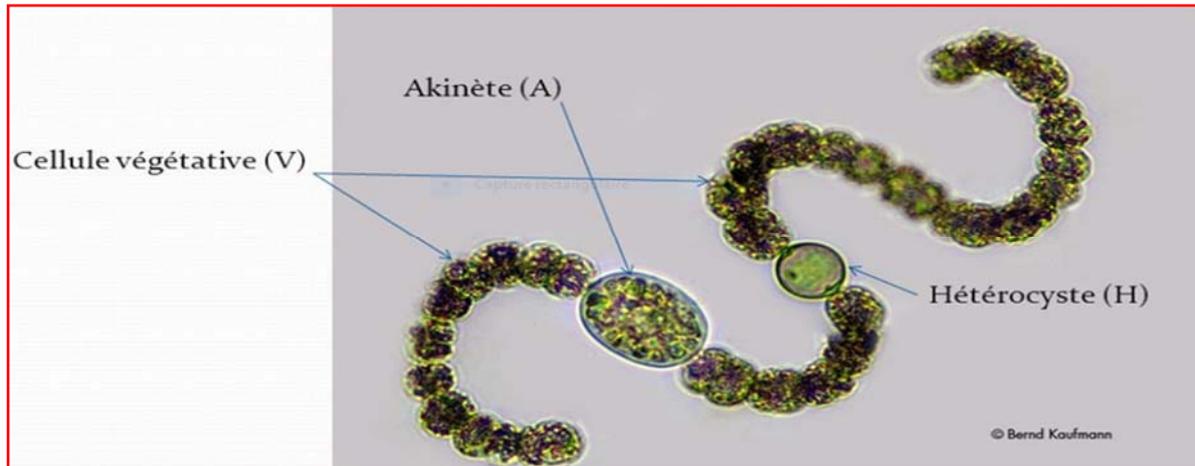


Figure 17 : Morphologie des cyanobactéries. (FRANCISCO, 2014)

II.2.4. Exigence de la culture de l'Azolla

II.2.4.1. Besoin en eau

Azolla est connue par sa sensibilité à la sécheresse et meurt en quelques heures si le sol est sec (BECKING, 1979).

Selon VAN HOVE *et al.* (1983), la croissance d'Azolla est favorisée par une couche d'eau n'excédant pas quelques centimètres : 5 à 10 cm. Cela favorise la nutrition minérale puisque les racines sont proches du sol.

II.2.4.2. Ph

Selon VAN HOVE *et al.*, (1983), le pH d'eau favorable est de 4,5 à 8.

II.2.4.3. Élément nutritifs essentiels

a. Azote

L'Azolla croît en absence complète de composés azotés, tous les besoins en azote de la symbiose étant satisfaits par le métabolisme diazotrophe de l'anabaena. Par ailleurs que l'azote minéral (NH, NO), toujours présent en concentration plus ou moins élevée dans le milieu, inhibe la nitrogénase. Il faut noter donc que le pouvoir compétitif de l'Azolla vis-à-vis des algues et d'autres plantes aquatiques est d'autant plus faible que la teneur en azote du milieu est élevée. (BOUTHELJA, 2020)

b. Phosphore

Selon VAN HOVEC. (1989), parmi tous les éléments indispensables, le phosphore à le rôle limitant le plus souvent à la croissance de l'*Azolla*. Une déficience en phosphore (<0,2 % de la matière sèche) s'accompagne d'une diminution d'activité de la nitrogénase et de la teneur en azote de l'*Azolla*. Par ailleurs, lorsque l'alimentation en phosphore est suffisante, l'*Azolla* s'accumule jusqu'à des teneurs de 1 à 2 % de la matière sèche ; ainsi enrichie, lorsqu'elle est transférée sur un milieu pauvre en phosphore, l'*Azolla* peut continuer à s'y multiplier considérablement, en vivant sur ses réserves.

D'après RABESON *et al* (1987), pour le milieu déficient en phosphore, l'*Azolla* (de couleur initiale verte à vert foncé) devient brun rougeâtre. Ce changement de couleur intervient d'abord au niveau de la partie centrale de la fronde pour atteindre la totalité du corps. La fronde devient plus petite et fragile. Les racines s'allongent et se détachent facilement. Le phosphore n'est pas seulement nécessaire pour la croissance de l'*Azolla*, mais il a aussi le rôle dans la fixation d'azote (RAMILAMINA, 1995).

c. Potassium

D'après RABESON *et al* (1987), la carence en potassium peut causer des taches brun-jaunâtres dans certaines parties de l'*azolla*, bien qu'en général aucun changement de couleur ne soit observé, mais il y a une légère diminution de productivité.

d. Fer - Calcium– Magnésium

A part le phosphore, le calcium et le fer aussi, semblent être parmi les éléments majeurs indispensables à la croissance de l'*Azolla*. La déficience en fer provoque un arrêt de la croissance et une décoloration en gris-jaunâtre de l'*Azolla*. Par contre, l'excès de fer peut être toxique pour l'*Azolla*. (RABESON *et al.*, 1987).

Selon RABESON *et al* (1987), la déficience en calcium serait constatée par un rougissement intense et plus accentué du lobe dorsal que celui de l'effet de déficience en phosphore ; les frondes se fragmentent et l'on y observe la plus petite fronde d'*Azolla*. Tandis que la déficience en magnésium se manifeste par la présence de taches grisâtres et de signes de "nécrose" (cas de *Azolla pinnata*, de *Azolla caroliana*, et de *Azolla microphylla*). Il existe par ailleurs une réduction de la biomasse et du poids frais. Le besoin en minéraux de l'*Azolla* comprend les macroéléments P, K, Ca, Mg et Mn et les microéléments Fe, Mo, Co.

II.2.4.4. Humidité

Comme c'est une plante purement aquatique, *Azolla* ne peut pas résister à un taux d'humidité inférieur à 60% (BECKING 1979)

Et d'après le même auteur, *Azolla* est une plante forte sensible à la sécheresse qui meurt en quelques heures si le sol s'assèche.

II.2.4.5. Température

La distribution géographique du genre *Azolla* indique que celui-ci s'adapte à des conditions climatiques extrêmement variées. Pour la température l'optimum se situe entre 20° C et 30° C dans une couche d'eau de 5 cm à 10 cm d'épaisseur (SINGH, 1979)

Comme elle peut survivre entre 15° C et 40° C (température ambiante de l'air) (BECKING, 1979).

Concernant l'intensité lumineuse, en conditions thermiques optimales, la saturation est atteinte à environ 50 % de l'intensité maximale. La croissance reste toutefois bonne, même aux intensités lumineuses maximales (VAN HOVE *et al.*, 1983).

II.3. La composition chimique de l'*Azolla*

D'après RAMILAMINA, (1995) et VAN HOVE, (1989), la composition chimique (Tableau 02) varie selon les espèces et les écotypes, mais aussi en fonction des conditions écologiques et de la phase de croissance. La valeur alimentaire est optimale pendant la phase linéaire de croissance. La teneur en fibres (lignine et cellulose) a tendance à augmenter durant la phase de plateau, alors que le taux de protéines assimilables a tendance à diminuer fortement.

Tableau 02 : Composition chimique d'*Azolla* (JUNE, 2014).

Constituants	Matière sèche %
Protéine brut	24-30
Matière grâce brut	3,3-3,6
Azote	4-5
Phosphore	0,5-0,9
Calcium	0,4-1,0
Potassium	2-4,5
Magnésium	0,5-0,65
Manganèse	0,11-0,16
Fer	0,06-0,26
Sucre solubles	3,5

Feu brut	9,1
Amidon	6,54

✚ Pourcentage de matières sèche

Selon **KUMARI *et al.*, (2018)**, la teneur en matière sèche d'*Azolla* est de 4,7%. **VAN HOVE (1989)** et **RAMILAMINA (1995)**, insistent sur le fait qu'un lavage insuffisant des échantillons avant séchage fausse les estimations du pourcentage de matières sèches, car les impuretés fixées aux systèmes racinaires peuvent représenter jusqu'à 50% des matières sèches. Dans ce cas, l'estimation du pourcentage de matières sèches de l'*Azolla* exige une standardisation de l'égouttage de l'eau de surface et un lavage préalable des plantes pour les débarrasser des matières minérales ou organiques fixées au système racinaire. De ceci, il résulte que des valeurs de l'ordre de 5 à 7% semblent réalistes.

✚ La teneur en cendres :

En général, la teneur totale en cendres et en cendres insolubles est respectivement de 19,33 et 3,64%, tandis que le NDF, l'ADF et l'hémicellulose en *Azolla* (*Azolla pinnata*) sont respectivement de 41,84%, 28,56% et 13,28% (**KUMARI *et al.*, 2018**).

✚ Pourcentage de matières protéiques

La teneur en matière organique totale est de 82,66%. Parmi ceux-ci, 21,67% de protéines brutes, 3,27% d'extraits à l'éther, 12,38% de fibres brutes et 43,35% d'extraits sans azote. La valeur pour la protéine brute (PB) est légèrement supérieure à 21,4% celle des fibres brutes est légèrement inférieure à 12,7% (**ALALADE et IYAYI, 2006**).

La variabilité du contenu en PB serait dû à la réponse des souches d'*Azolla* aux conditions environnementales comme la température, l'intensité lumineuse, la disponibilité de l'eau et les nutriments du sol qui affectent la composition chimique (**LACOUL et FREEDMAN, 2006 et KUMARI *et al.*, 2018**).

Selon **ALALADE et IYAYI, (2006)**, l'analyse des acides aminés (**Tableau 03**) indique que la lysine, l'arginine, l'isoleucine, la leucine, la phénylalanine, la glycine et la valine sont prédominantes.

Tableau 03 : Les compositions des acides aminés de l'Azolla (ALALADE et IYAYI ,2006).

Acides aminés	% MS	g/100g de protéine	Indice chimique%
Lysine	0.98	4.58	130.9
Méthionine	0.34	1.59	45.4
Cystine	0.18	0.84	24
Thréonine	0.87	4.07	116.3
Tryptophane	0.39	1.82	52
Arginine	1.15	5.37	153.4
Isoleucine	0.93	4.35	124.3
Leucine	1.65	7.71	220.3
Phénylalanine	1.01	4.72	134.9
Tyrosine	0.68	3.18	90.9
Glycine	1.00	4.60	131.4
Serine	0.90	4.21	120.3
Valine	1.18	5.51	157.4

Teneur en glucides et en lipides

Les glucides solubles représentent environ 3,5 %, l'amidon 4 à 10 % et les lipides 3 à 6 % de la matière sèche (VAN HOVE, 1989).

Teneur en composés pariétaux

Par rapport à d'autres plantes fourragères, la teneur en cellulose de l'Azolla est relativement faible. Elle se situe entre 10 à 20 % de la matière sèche, et la teneur en hémicellulose est du même ordre. La teneur en lignine varie considérablement en fonction de l'espèce et de la densité de la population ; les jeunes en contiennent aux environs de 5 % de la matière sèche, tandis qu'en phase de plateau, elle peut atteindre plus de 30 %, ce qui diminue la digestibilité de l'Azolla (VAN HOVE, 1989 ; RAMILAMINA, 1995)

Le profil minéral

Il est indiqué que l'Azolla contient de 1,64% de calcium et 0,34% de phosphore et d'autres minéraux en traces (KUMARI *et al.*, 2018). Tous ces facteurs sont attribués à la production rapide de biomasse en raison du taux de croissance relatif élevé, de l'augmentation des teneurs en protéines, en carotène et en β carotène (LAKSHMANAN *et al.*, 2017).

✚ Teneur en toxines

On ne signale pas la présence de toxine chez *L'Azolla* (VAN HOVE, 1989). Toutefois LUMPKIN et DONALD (1982), ont conclu que la capacité de *L'Azolla* à fixer des métaux lourds pourrait constituer un problème.

II.4. Intérêt de *L'Azolla*

II.4. L'aliment pour le bétail

L'Azolla en fait l'un des aliments pour animaux les plus économiques et les plus efficaces. L'un des substituts alimentaires les plus économiques et efficaces substituts d'aliments pour le bétail. De plus, *L'Azolla* peut être facilement digérée par le bétail, en raison de sa teneur élevée en protéines et faible teneur en lignine. Les essais ont été réalisés par le Natural Développement des ressources (NARDEP), Vivekananda Kendra, avec *L'Azolla* comme substitut d'alimentation dans le Tamil Nadu et au Kerala. (PILLAI *et al.*, 2002)

- ❖ Les essais sur les animaux laitiers ont montré une augmentation globale du rendement laitier de 15-20% lorsque 1,5-2 Kg d'*Azolla* étaient combinés à la nourriture habituelle. 15- 20 % des aliments commerciaux, en particulier les d'huile, peuvent être remplacés par la même quantité d'*Azolla* sur la base du poids sec, sans affecter la production laitière. Le site également constaté que l'alimentation à l'*azolla* améliore la qualité du lait ainsi que la santé et la longévité du bétail. (PILLAI *et al.*, 2002)
- ❖ L'alimentation des volailles avec l'*azolla* (Figure 18) améliore le poids des poulets de chair et augmente la production d'œufs des pondeuses. (PILLAI *et al.*, 2002)



Figure 18 : *Azolla* aliment pour volailles (originale)

- ❖ *L'Azolla* peut également être utilisée comme substitut alimentaire pour les moutons, les chèvres, les porcs et les lapins comme substitut alimentaire. (PILLAI *et al.*, 2002)
- ❖ En Chine, la culture de *L'Azolla* en même temps que le paddy riz et du poisson aurait permis d'augmenter la production de 20 % et la production de poisson de 30%. Les essais

menés sur l'Azolla comme substitut d'aliments pour poissons sont également encourageants. (PILLAI *et al.*, 2002)

- ❖ L'Azolla peut être considérée comme ressource non conventionnelle, peut être utilisée comme supplément alimentaire (HEDJI *et al.*, 2014).

II.4.2. Lutte contre les mauvaises herbes

Il a été observé empiriquement, et bien apprécié par les riziculteurs, que l'Azolla supprime la croissance de certaines mauvaises herbes aquatiques en formant un tapis épais qui prive les plantules de mauvaises herbes de la lumière du soleil tout en les empêchant mécaniquement d'émerger (LUMPKIN *et al.*, 1985; VAN HOVE *et al.*, 1996).

II.5. Autres utilisations

II.4.3. Lutte contre les moustiques

D'après EJBPS, (2016), l'Azolla peut également être utilisée dans la lutte contre les moustiques, car un épais tapis d'azolla à la surface de l'eau peut empêcher la reproduction et l'émergence des adultes. Dans une enquête sur les piscines, les étangs, les puits, les rizières et les drains, on a constaté que la reproduction par *Anopheles* spp. était presque complètement supprimée dans les plans d'eau qui étaient complètement couverts d'Azolla.

II.4.4. Biofertilisant

La principale raison de la popularité durable de l'Azolla parmi les agriculteurs est sa capacité à fixer l'azote, précieux dans les rizières dans des conditions inondées où les légumineuses fixatrices d'azote ne peuvent pas pousser. C'est aussi une source d'engrais vert pour la culture du riz pluvial sur les sols les plus fertiles que les agriculteurs hésitent à utiliser pour les cultures de légumineuses. En 25 à 35 jours, l'Azolla peut facilement fixer suffisamment d'azote pour une culture de riz de 4 à 6 tonnes/ha pendant la saison des pluies, ou une culture de 5 à 8 tonnes/ha sous irrigation pendant la saison sèche. L'Azolla contribue également au maintien de la fertilité des sols, en fournissant un humus riche en nutriments par sa décomposition (LUMPKIN *et al.*, 1985).

II.5.a. Alimentation de l'homme

Quelques chercheurs ont expérimenté la préparation de l'Azolla dans des soupes ou des "boulettes de viande d'Azolla comme nourriture pour l'homme" (EJBPS, 2016). En Tanzanie, il a été rapporté que l'Azolla est utilisée efficacement comme médicament

traditionnel contre la toux. L'Azolla est également utilisée comme salade dans les pays occidentaux en raison de sa grande quantité de protéines. (EJBPS, 2016).

II.5.b. Plante médicinale

D'après des enquêtes et des interviews effectuées en milieu urbain et rural, beaucoup de gens utilisent l'Azolla pour traiter les troubles cardiaques. Il est utilisé comme infusion soit une poignée de feuilles d'Azolla séchée dans 1 litre d'eau bouillie prise comme boisson. (RAOELINA, 1995).

Chapitre III : Matériels et méthodes

Notre travail s'est inscrit dans le cadre de projet doctoral domicilié à la faculté SNVST, préparé par M^{elle} BARECHE Lamia (doctorante au département d'Agronomie) dont notre essai fait partie de l'une de ses thématiques portant sur les essais de production de l'Azolla, comme source alternative aux matières premières importées, en alimentation animale.

III.1. Objectif

L'objectif de notre travail est la valorisation des ressources alimentaires, disponible localement, dans l'alimentation animale et du lapin en particulier. Le choix s'est porté sur une plante aquatique riche en protéine, pourrait constituer une bonne alternative aux tourteaux de soja. A travers cet essai, nous voulons montrer la possibilité de :

1. Produire facilement un aliment bio et à la portée de tous les éleveurs.
2. S'en passer des engrais chimiques en utilisant des solutions bios.
3. Le produire durant toute l'année donc c'est un aliment durable.

Notons notre étude expérimental comportait au départ deux parties : essai de culture d'Azolla et un essai sur l'animal (alimentation du lapin), faute de temps nous avons réalisé que la partie culture, l'autre partie ne figure pas dans ce mémoire.

III.2. Présentation de site expérimentale

Notre expérience est réalisée au niveau de la faculté SNVST de l'université AMO de Bouira, sur la parcelle pédagogique de département Agronomique. Cela pour une durée qu'est de :

- 30/04/ à 10/06/2021 pour la réalisation des bassines et préparation du clapier ;
- 13/06 à 28/06/2021 pour la culture de l'Azolla.

III.3. Matérielles utilisé

III.3. 1. Les outiles

Pour les besoins de notre essai (partie culture de l'Azolla) nous avons utilisé le matériel suivant (voir photos) :

- Une bâche (15m mètre)
- Une pelle, pioche, râteau, houe forgée, marteau, tenaille,
- Tuyaux d'arrosage, cageots en plastique, seaux, tamis à sable,
- Balance à crochet, mètre ruban, hygromètre, pH mètre .
- Barres de fer,
- Traitement contre les algues



Figure 19 : La bâche (originale)



Figure 20: Pioche (originale)



Figure 21: Pelle (originale)



Figure 22: Cageots en plastique (originale)



Figure 23: Râteaux (originale)



Figure 24: Mètre à mesure (originale)



Figure 25 : Balance (originale)



Figure 26 : Dabas , binette (originale)



Figure 27: Des seaux (originale)

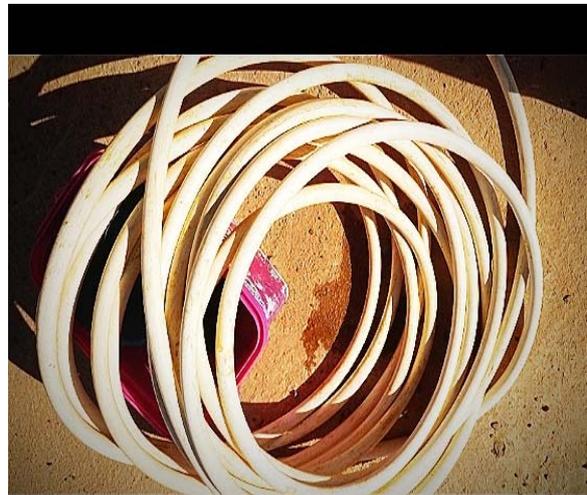


Figure 28: Tuyau arrosage (originale)



Figure 29: Tamis (originale)



Figure 30: Marteau (originale)



Figure 31: Fer (originale)



Figure 32: Tenaille (originale)



Figure 33: Ph mètre (originale)



Figure 34: Hygromètre (originale)



Figure 35: Sulfate de cuivre (originale)



Figure 36: Azolla fraîche (originale)

III.3.2. les solutions nutritives

Dans notre expérience on va tester l'utilisation de différentes solutions nutritives Bios qui dérivent des lisiers des volailles, bovins, caprins, lapins et NPK (lisiers doit être d'un an au minimum), chacun des bassins avec un seul type de solution.

Lisier de vache : selon **CHRISTOPHE (2004)**, la bouse est le produit de la digestion des végétaux ingérés par les bovidés. Ces dernières sont donc riches en différents éléments organiques. C'est pour cette raison que la bouse représente un engrais de qualité notamment pour sa forte teneur en azote, élément primordial pour le développement des végétaux (**FAO, 2015**).

Les crottes des lapins : les crottes rondes, dures et sèches, constituant, en revanche, des déchets (**LEBAS, 1983**). Les crottes contiennent N P K et des oligo-éléments tels que le cuivre, le fer, le manganèse et le zinc. **DJAGO et KPODEKON (2007)**

Les fientes de volailles : sont des excréments purs de couleur brune, produits par les poules élevées sans litière, constituent un excellent fertilisant organique pour les cultures. Elles sont à utiliser comme engrais riche en azote, en phosphore, en potassium et calcium avec un effet d'amendement basique sur le sol (**GAZEAU et al., 2012**).

Les composés NPK et les mélanges NPK : sont des engrais multi-nutriments contenant un certain pourcentage des trois principaux éléments nutritifs, l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Ces produits sont destinés à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs de façon à améliorer leur croissance et augmenter le rendement et la qualité des cultures. (**FAO, 2003**).

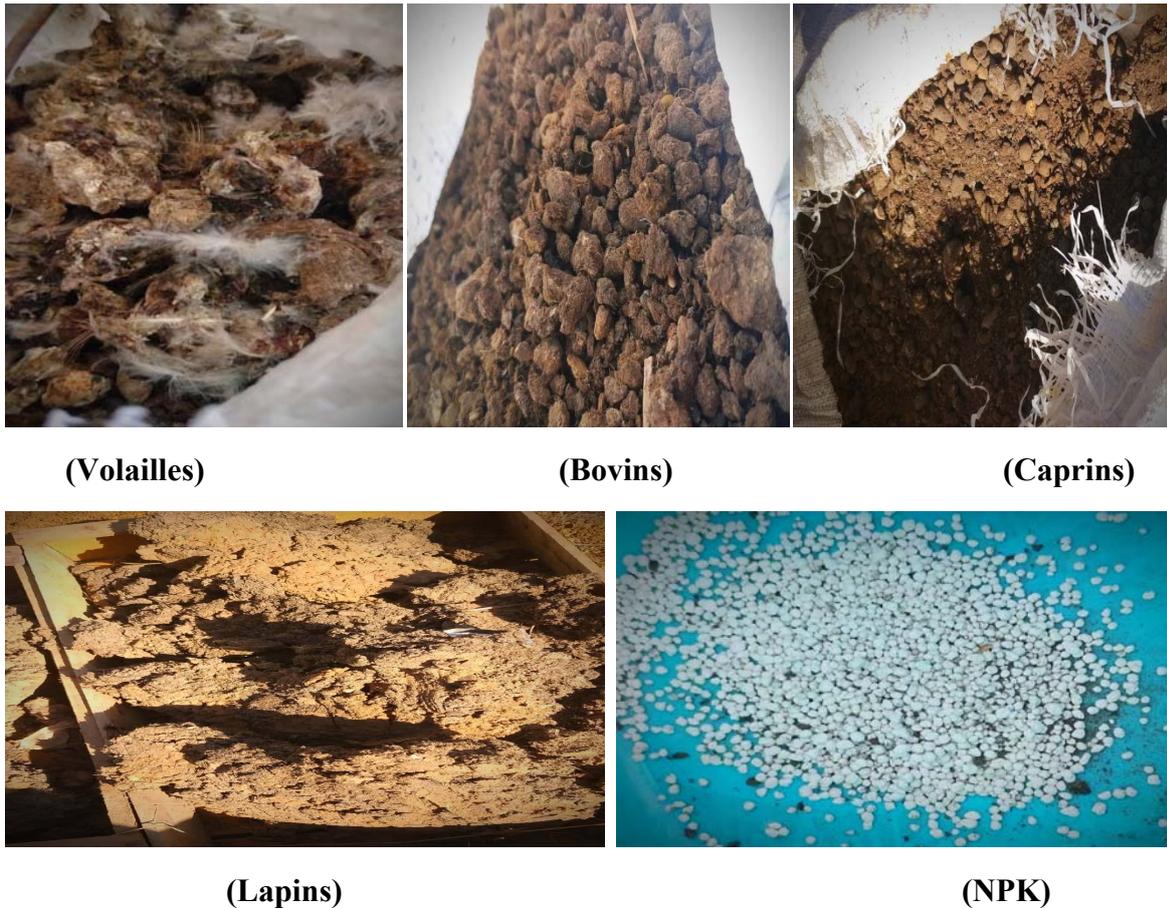


Figure 37 : Les différents types de lisiers utilisés dans la préparation des solutions (originale).

III.3.3. Matériel végétale

Nous avons utilisés de l'Azolla frais pour la culture dans lequel était collecté au niveau d'une ferme agricole de Akbou wilaya de Bejaia où nous avons fait une visite pour découvrir les étapes de sa culture et de ramener un échantillon pour le cultiver dans notre essai.

III.4. Méthode de la culture

- ✚ Pour commencer, on a créé 05 bassins peu profond (30 cm environ) de même dimension (2/1,5/0,30) pour l'expérience de différentes solutions nutritive (photo 37), on creusant la terre à l'aide du matériels citer, le sol doit être nivelé (Le choix de taille du bassin au fonction de la quantité d'Azolla à produire).

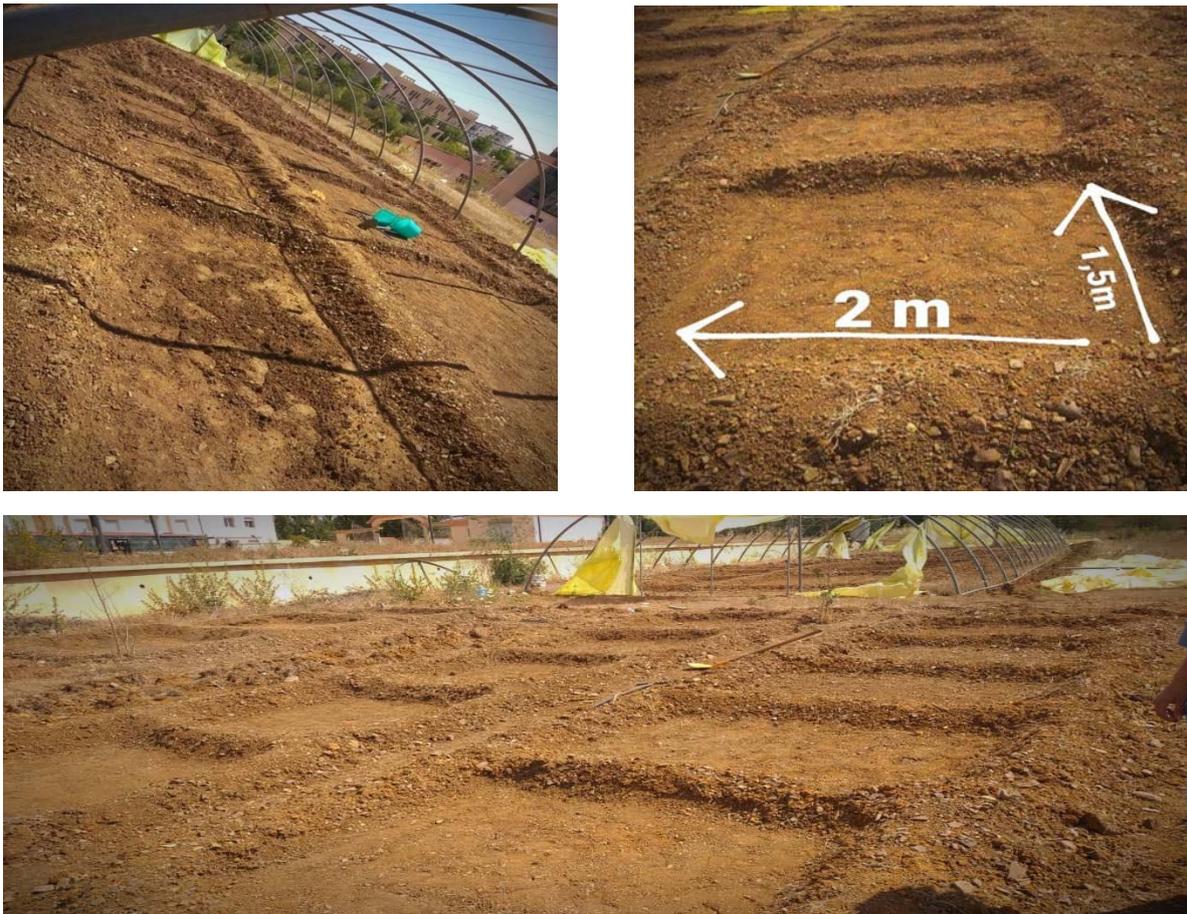


Figure 38 : Création des bassins sous serre et en plein air (originale).

- ✚ Une fois le bassin est créée et comme notre sol n'est pas sableux on a recyclé une vieille feuille de plastique (bâche) afin d'éviter de troué la deuxième couche de bâche a cause des cailloux (photo 38).



Figure 39 : Etalement de la première couche de bâche (originale).

- ✚ On rajoute la 2ème couche de bâche toute neuve pour que l'eau ne vas pas s'écouler (photos 39)



Figure 40: Etalement de la 2^{ème} couche de bache (originale).

✚ Tamisage de terre a laide d'un tamis a sable (photo 40).



Figure 41: Tamiser la terre à étaller (originale).

✚ Étaler une couche de 2 cm de terre (photo 41).



Figure 42: Étalement d'une couche de terre sur le bâche (originale).

- ✚ Ajouter de l'eau dans les bassins à raison de $\frac{3}{4}$ de son hauteur (dans notre cas c'est de l'eau de robinet), pour éviter l'enfouissement des racines de l'Azolla dans la terre et l'augmentation de pH (photo 42).



Figure 43: Remplissage des bassins avec de l'eau de robinet (originale).

- ✚ Ajouter 320g/1m² d'Azolla frais dans le bassin, froter lui délicatement entre les mains pour le briser en petits morceaux et accélérer sa multiplication.



Figure 44: Injection de l'inoculum d'Azolla (originale).

- ✚ Le choix d'une zone partiellement ombragée, car l'Azolla à besoin de 30 % de lumière du soleil, trop de lumière détruira la plante. Les zones sous arbres est préférable.



Figure 45: Création de d'ombrage (originale).

III.5. Préparation de la solution nutritive

- ✚ Nous avons pris 05 kg de chaque excrément dans 20L d'eau et après 24h on va l'arroser par cette solution à raison de 1L/m² une fois par semaine et pour le NPK est de 3g/m² toujours une fois/semaine.



Figure 46 : Les excréments d'animaux utilisés pour les préparations des solutions (originale).

- ✚ On ajoute de l'eau puis le mélanger et on laisse tous pour une durée de 24h, sauf pour le NPK qui va se préparer le jour même de leur utilisation.



Figure 47: Mélange uniforme avec l'eau (originale).

- ✚ Filtration de mélange pour séparer les débris de liquide à utiliser.



Figure 48: Filtration de la solution nutritive (originale).

- ✚ Enfin on verse les solutions dans les bassins d'une façon séculaire et on mélange un peu l'eau du bassin.
- ✚ L'application périodique de solutions nutritives a raison de 1L/m² /semaine est obligatoirement pour une multiplication rapide et une nutrition efficace pour l'azolla, sachant que le manque du phosphore provoque un changement de couleur de l'azolla vers violet ou jaunâtre.

- Après une phase d'adaptation de 5 jours puis multiplication, les 2 semaines sont achevées et le bassin est bien rempli donc l'Azolla est prête pour la récolte après une semaine.



Figure 49: Bassin près à la récolte (originale)



Figure 50: Azolla récoltée (originale)

- Après la récolte, il est indispensable de laisser toujours 1/3 d'Azolla dans le bassin afin qu'il se multiplie de nouveau, l'égouttage d'environ de 30 minutes (pour débarrasser de l'eau surplus) et un peser est effectuer pour l'Azolla récolté.



Figure 51: Pesage de l'Azolla (originale).

Après la récolte, les bassins doivent être surveillé régulièrement, car la plante d'Azolla se multiplie rapidement, elles risquent de s'écraser les unes sur les autres et mourir.

En cas d'utilisation dans l'alimentation animale, les quantités récoltées doivent être rincées à l'eau courante pour éliminer l'odeur de la solution nutritive utilisée.

III .6. Méthode de calcul du rendement

La superficie de bassine de 2/1.5m est : $S= L \times l = 2 \times 1.5 = 3m^2$

S : superficie, L : longueur, l : largeur

Calcul de rendement : nous divisons la quantité d'Azolla récolter/ la superficie de bassin.

Dans notre cas, c'était programmé de réaliser un essai sur les lapins en croissance en distribuant de l'Azolla fraiche aux lapins en croissance. Cette partie n'a pas pu être réalisée en raison du manque du temps.

III.7. Les conditions de culture de l'Azolla

Température : (25,9° ; 39,2°)

Humidité : (10 ; 68)

PH : (6 ; 8)

Lumière de jour avec l'ombre : 50 % de l'intensité maximale (**BECKING, 1979**).

III.8. Mesure et observation

Notre expérience qui a duré 15 jours, nous avons effectués des mesures suivantes :

- ✓ Mesure de température
- ✓ Mesure de ph
- ✓ Meure de l'humidité

Des observations à l' œil nue chaque jour pour vérifier l'état de l'Azolla (ex les algues, couleur et niveau d'eau).

III.9. Analyse statistique

Après avoir terminé notre expérimentation et après avoir classé toutes les données collectées dans un tableur d'Excel 2013 une analyse descriptive est appliquée. Les paramètres étudiés étaient : température, humidité, ph, quantité collecté pour différent bassins utilisé.

Chapitre IV : Résultats et discussions

Les 5 bassins de l'Azolla ont été construits en plein air où la température, l'humidité et le pH ont été prélevées chaque jour à une heure fixe. Ainsi le niveau d'eau des bassins a été contrôlé régulièrement, l'arrosage d'Azolla se fait à une fréquence d'un jour sur deux pour maintenir un niveau de remplissage qui est de $\frac{3}{4}$ la hauteur des bassins.

II.1. Résultats des paramètres de température et de l'humidité

II.1.1. La température

Les bassins ont été construits dans une seule parcelle chacun à côté de l'autre. Donc ils sont soumis aux mêmes conditions de T°. Les températures mesurées sont similaires pour les 5 bassins. Les résultats obtenus durant toute la période d'étude sont illustrés par la figure ci-dessous.

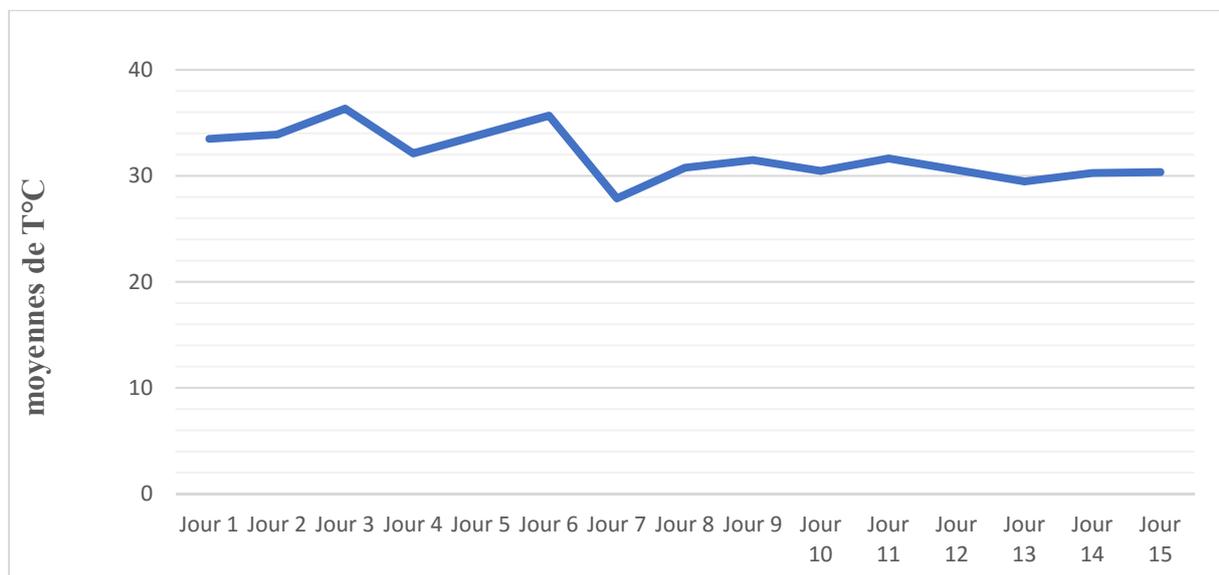


Figure 52 : Evolution des températures journalières des bassins pendant l'essai.

Tableau 04: Récapitulatif des T° moyennes enregistrés par semaine pendant la période expérimentale.

T°	Moy (°C)
Semaine 1	33,56
Semaine 2	29,95
Moy ±ET (15j)	31,87±2,55

Nous avons remarqué que les T° varient tout au long de l'essai plus particulièrement pendant la première semaine dont la moyenne était de 33,56°C (**tableau 04**) soit, deux pics

au 3^{ème} et le 6^{ème} jours (36°C) et une valeur minimale de 27,87°C. Par contre pendant la 2^{ème} semaine les températures varient peu.

Nos résultats sont proches de la fourchette idéale pour la croissance de l'Azolla. En effet, **SINGH (1979)** rapporte que l'Azolla pourras croître dans des plages de T° de 20 à 30°C. Par contre **BECKING (1979)** a montré que l'Azolla peut survivre et se multiplier dans des conditions de T° de 15 à 40°C.

Par ailleurs, **DIEHL et al, (1975)** avait rapporté qu'il existe pour chaque plante aquatique et pour chaque phase de végétation des températures : minimale, optimale et maximale, quand la température s'élève, la vitesse de croissance augmente. Ce qui a été confirmé plus tard par **GATE et GIBAN (2003)**.

II.1.2. Humidité

Les différents taux d'humidité enregistrés pendant notre essai mentionnés illustrés dans la **figure 53** et **tableau 05**

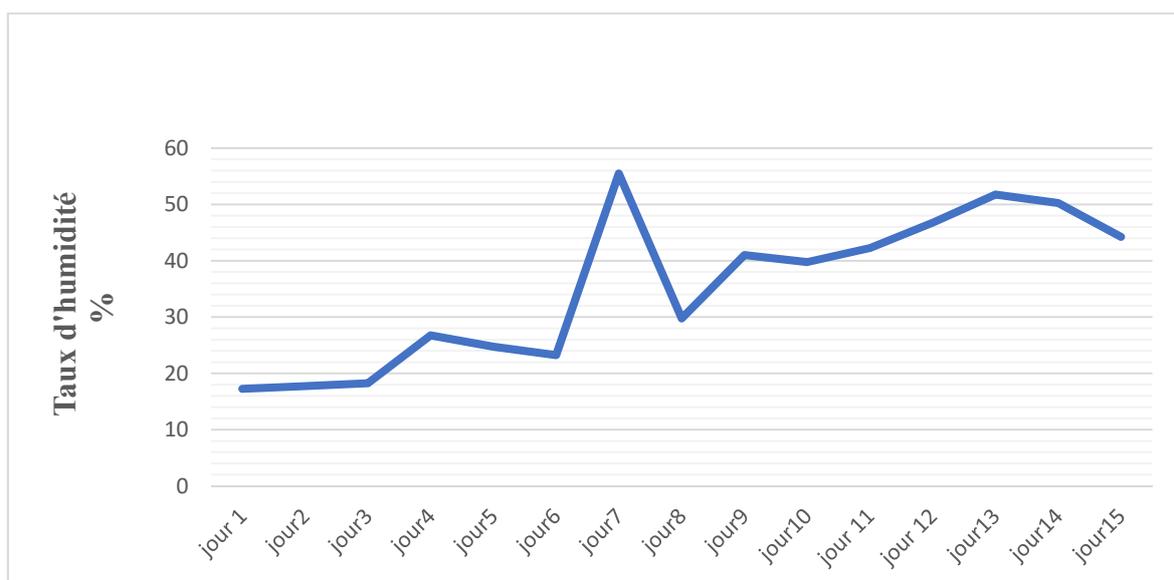


Figure 53: Evolution des taux d'humidité enregistrés quotidiennement pendant l'essai

Tableau 05: Taux d'humidité moyens par semaine enregistrés pendant la période expérimentale

Semaines	Moy (%)
Semaine 1	26,75
Semaine 2	45,14
Moy ±ET (15j)	35,28±11,89

Le taux moyen d'humidité enregistrée durant notre essai est de $35,28 \pm 11,89$; les valeurs prélevées varient de 17,25 à 55,5 % (pic enregistré au 7^{ème} jour). C'est pendant la 2^{ème} semaine que nous avons enregistré des taux élevés d'humidité soit une moyenne de 45,14%. Nos résultats sont en contradiction avec **BECKING (1979)** ou il avait signalé que la fougère *Azolla* ne peut pas résister à des taux d'humidité inférieure à 60%. Quoique, dans notre essai, nous avons enregistré des valeurs moyennes inférieures à 20% et des valeurs minimales de 10%. Ces taux d'humidité bas n'ont pas affecté la croissance de notre fougère qui a poursuivi sa multiplication sans être freiné ces taux d'humidité. Ce qui nous laisse supposé que l'*Azolla* peut s'adapter facilement aux milieux secs.

II.1.3. Variation du pH selon la solution nutritive

a- Bassins 01 : Solution nutritive a base des fientes volailles.

L'évolution des pH dans le bassin 01 est rapportée par la **figure 54**. Nous avons constaté que la moyenne du pH enregistrée est de $7,83 \pm 0,23$, avec un minimum au 6^{ème} jour (7,27) et un maximum de 8,40 au 7^{ème} jour.

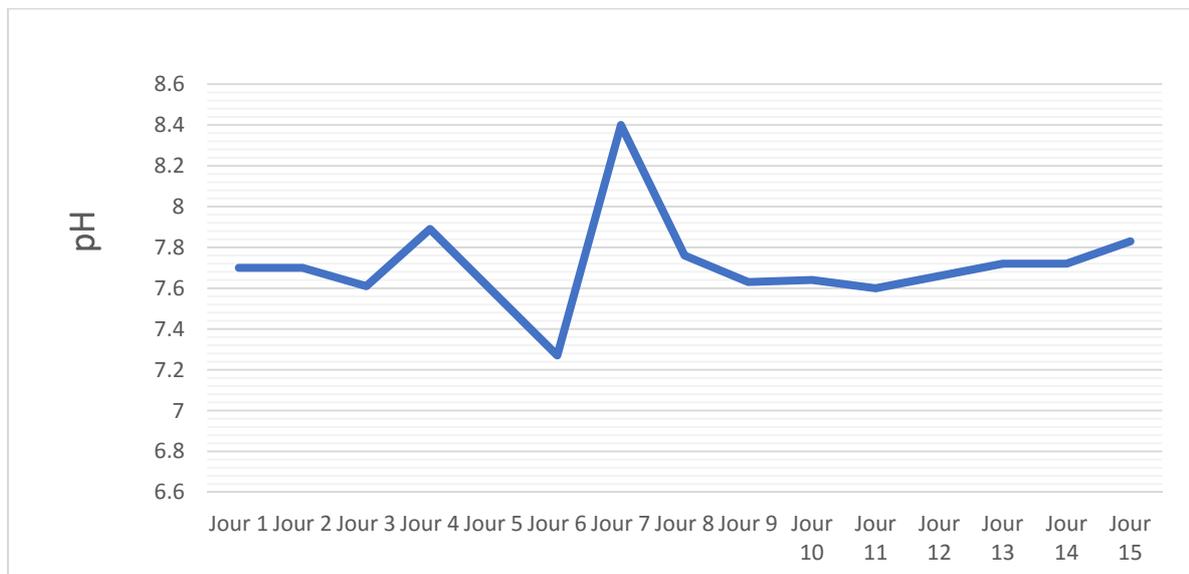


Figure 54: Evolution du pH enregistré dans bassin 01 pendant l'expérience.

Les variations journalières des valeurs du pH dépendent du niveau d'eau, de la concentration de la solution nutritive et de l'activité physiologique de l'*Azolla*.

Nos valeurs sont proches de l'intervalle de pH recommandé par **VAN HOVEC *et al.* (1983)** qui est de 5 à 8 pour assurer une bonne croissance de l'*Azolla*.

b- Bassins 02 : Solution nutritive à base de bouses de vaches

Le pH du bassin 2 qui a reçu la solution nutritive à base de bouse de vaches est de $7,60 \pm 0,46$. L'évolution des pH prélevés tout au long de notre essai est illustré dans la figure ci dessous.

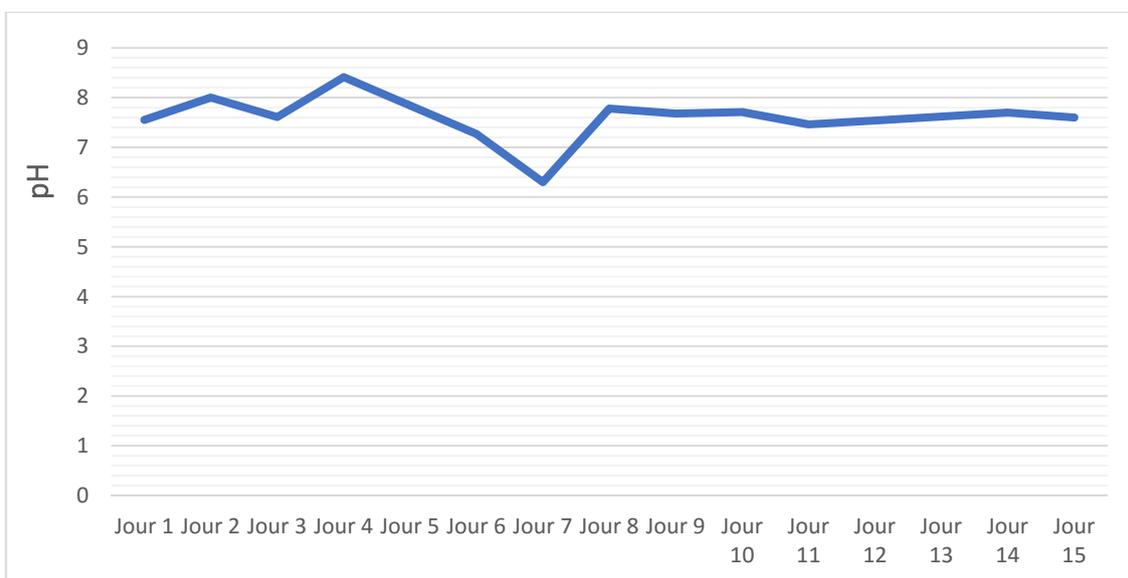


Figure 55 : Evolution des pH enregistrés dans le bassin 02 pendant l'essai.

D'après les valeurs du pH enregistrées, nous avons remarqué que les pH varient entre 6,5 (7^{ème} jour) et 8,41 prélevé au 5^{ème} jour. Les pH de la 2^{ème} semaine semble plus stable puisque valeurs varient peu entre elles (**Figure 55**). Ces différences seraient dues à la dissolution des bouses dans l'eau du bassin qui subit un remplissage régulier pour ramener le niveau d'eau à $\frac{3}{4}$ du bassin (concentration de la solution nutritive), à l'activité physiologique de l'*Azolla*.

Sur l'ensemble de la période d'étude nos résultats corroborent les recommandations de **VAN HOVEC *et al.* (1983)**.

c- Bassins 03 : Solution nutritive à base des déjections des caprins.

Les valeurs du pH obtenues pendant l'essai sont rapportées par la **figure 56**. Le pH moyen enregistré toute la période d'étude est de $7,68 \pm 0,17$.

De la figure, il ressort que les valeurs du pH varient plus particulièrement pendant la 1^{ère} semaine où nous avons enregistré deux valeurs extrêmes, soit un pic de pH=8 pendant le 4^{ème} puis il baisse brutalement au 6^{ème} jour pour atteindre un pH de 7,27, et reprendre l'allure

ascendante à la fin de la 1^{ère} semaine. Par contre pendant la 2^{ème} semaine les chiffres semblent plus stables.

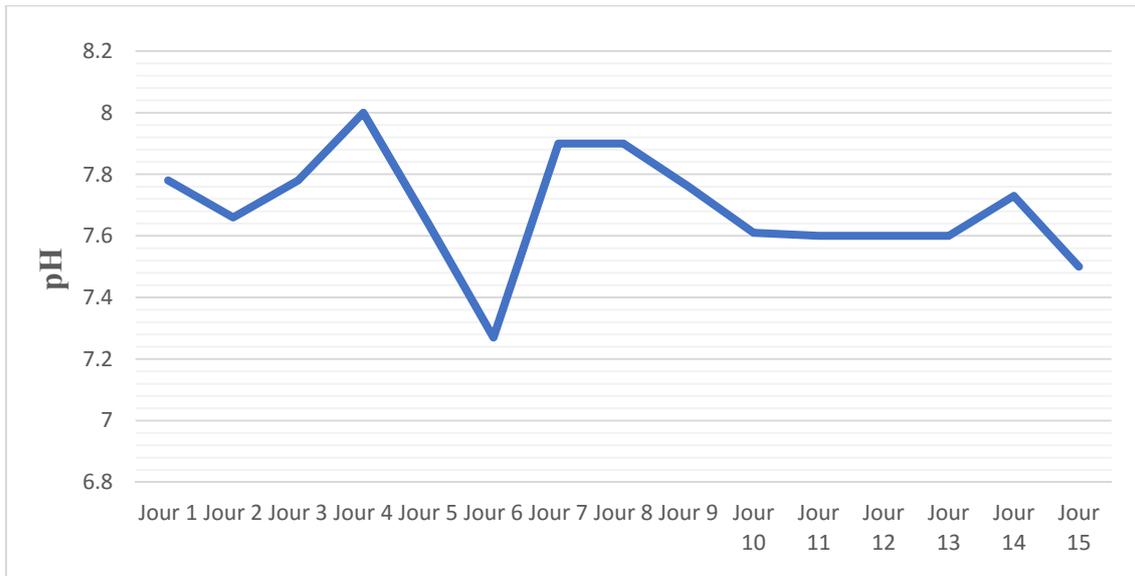


Figure 56: Evolution du pH du bassin 03 pendant l'essai.

Les valeurs du pH enregistré dans le bassin comportant la solution à base des fèces de caprins n'a pas affecté la croissance et la multiplication de l'azolla. Ces chiffres restent dans la gamme des recommandations de VAN HOVEC *et al.* (1983).

d- Bassins 04 : Solution nutritive à base des crottes du lapin

La courbe ci-dessous, nous illustre les valeurs du pH enregistrées durant notre expérience. Le PH moyen obtenu pendant l'essai est de $7,73 \pm 0,19$, le pH le plus bas est prélevé au 6^{ème} jour (7,29) et le pH le plus élevé et noté au 4^{ème} jour (8,2).

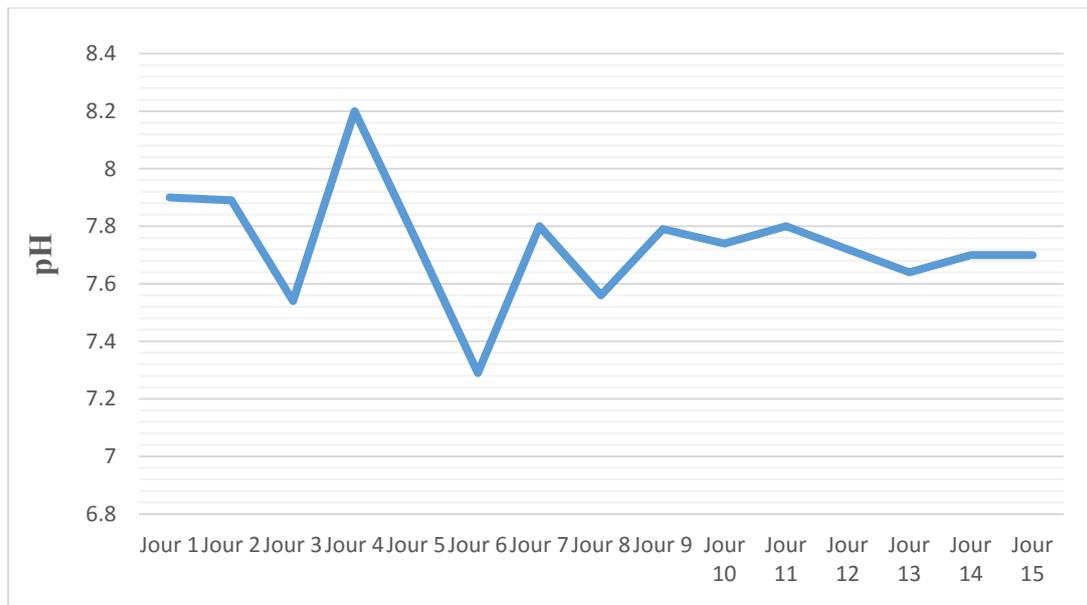


Figure 57 : Evolution du pH du bassin 4 enregistré pendant l’essai.

D’après la figure, les valeurs semblent plus stables pendant la 2^{ème} semaine. Le pH de cette solution n’affecte pas la croissance de l’azolla. Puisqu’il demeure dans les valeurs normatives proposées par **VAN HOVEC *et al.* (1983)**.

e- Bassins 05 : Solution nutritive à base de NPK.

Les données du pH enregistrées pendant notre essai sont rapportées par la **figure 58**. Sur l’ensemble de la période d’étude le pH moyen est de $7,52 \pm 0,41$, les valeurs varient peu, le pH le plus élevé est enregistré au 4^{ème} jour et le plus bas au 6^{ème} jour avec respectivement 8,4 et 6,34.

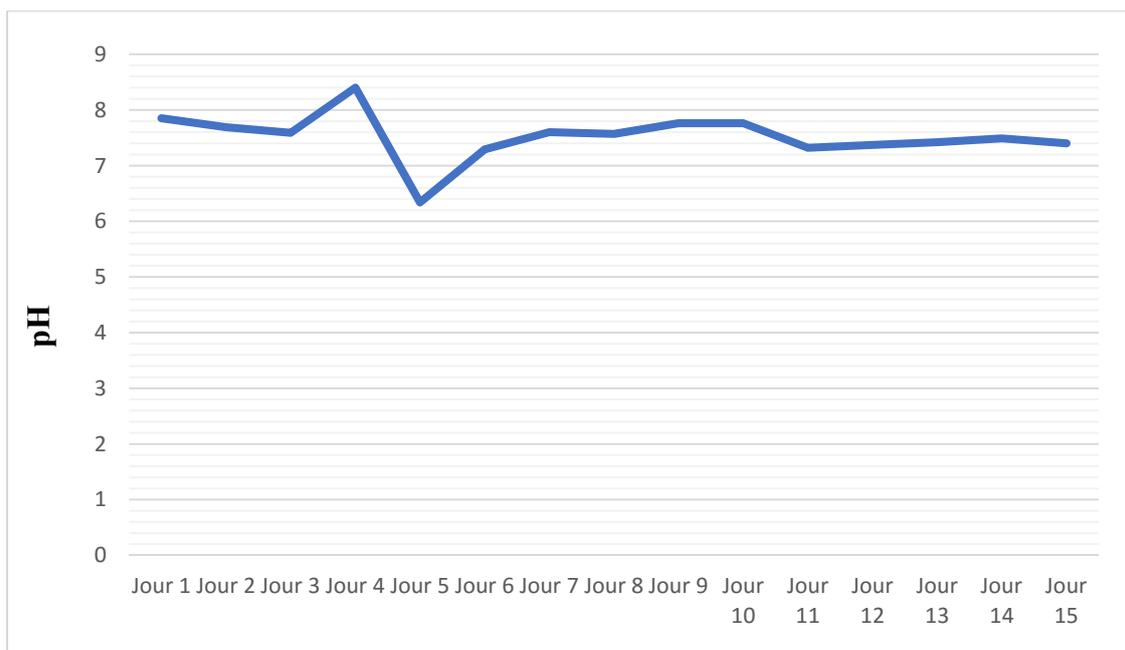


Figure 58: Evolution du pH du bassin 5 enregistré pendant l’essai.

Les valeurs du pH obtenues sont proches de la fourchette idéale pour la croissance de l'azolla selon (VAN HOVEC *et al.*, 1983).

II.2. Taux d'arrosage

L'ajout de l'eau dans les bassins a été fait selon le niveau de remplissage de ces derniers. Le niveau d'eau recommandé est de $\frac{3}{4}$ du bassin selon la bibliographie. Selon VAN HOVE *et al.* en 1983, il est primordiale de maintenir le niveau de l'eau à $\frac{3}{4}$ du bassin pour éviter la l'augmentation du pH, fixation des racines de l'Azolla dans la terre et pour maintenir un milieu propice pour le développement de l'Azolla.

II.3. Les rendements

Au bout des 15 jours d'expérience ; 3 récoltes ont été effectuées. Les quantités collectées varient selon les bassins donc selon les solutions nutritives. Il a été remarqué également des différences dans les récoltes au sein du même bassin. L'ensemble des résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau 06: La quantité de l'Azolla récolté des 5 bassins pendant l'essai.

Récolte	Récolte 1 (kg)	Récolte 2(kg)	Récolte 3(kg)	Total
Date	21-06-2021	28-06-2021.	5-7-2021	
Bassin 01 (fiente de volaille)	3,69	4,20	5,10	12,99
Bassin 02 (bouse de vaches)	3,25	3,05	2,46	8,76
Bassin 03 (fecès de caprin)	3,83	2,90	2 ,60	6,73
Bassin 04 (crottes du lapin)	3,55	2,60	2,33	8,48
Bassin 05 (NPK)	4,10	3,55	3,68	11,33

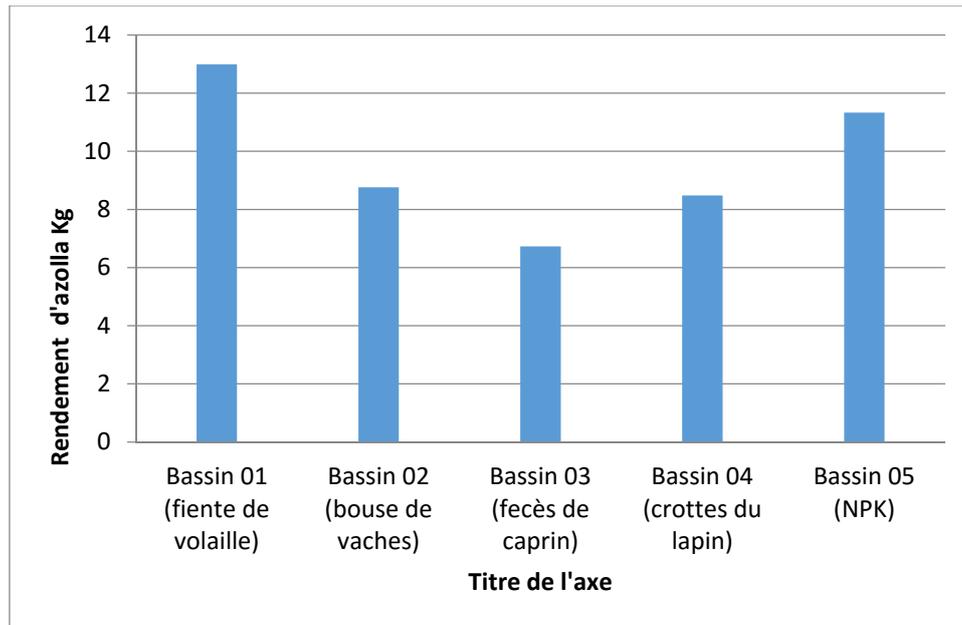


Figure 59: les rendements totaux en kg de l'Azolla produite par chaque bassin.

Il ressort des résultats susmentionnés que

➤ **Dans le bassin 01 contenant la solution nutritive à base des fientes de volailles.**

Les rendements en Azolla marquent une évolution remarquable, le total obtenu est de 12kg. La première récolte a permis une collecte de 3,69kg pour atteindre la valeur maximale qui est de 5,10 kg dans la dernière récolte.

➤ **Dans le bassin 2 contenant la solution nutritive à base de bouses de vaches.**

La quantité totale récoltée par ce bassin est de 8,76kg, les quantités d'Azolla diminuent d'une récolte à l'autre où nous avons enregistré dans la première récolte une valeur maximale de 3,25 kg, pour baisser à la fin de l'essai où nous n'avons récolté que de 2,45 kg.

➤ **Dans le bassin 3 contenant la solution nutritive à base des déjections des caprins.**

Les quantités récoltées d'Azolla de ce bassin décroissent d'une récolte à l'autre soit de 3,83 à 2,60 soit une baisse de 1,23kg. Le rendement total n'est que de 6,73kg

➤ **Dans le bassin 04 contenant la solution nutritive à base de crottes des lapins**

La quantité totale récoltée de ce bassin était de 8,48kg, soit 3,55 pendant la première récolte et de 2,34kg pendant la dernière récolte.

➤ Dans le bassin 05 contenant la solution nutritive à base de NPK.

La quantité totale d'azolla récoltée de ce bassin est de 11,33kg, elle est variable d'une récolte à l'autre, la première récolte la quantité maximale était de 4,10kg et dans la deuxième récolte la quantité était de 3,55kg.

II.4. Etude comparative entre les résultats de récolte des différents bassins

La **figure 60** présente un histogramme qui résume l'ensemble des résultats de rendement obtenue des 5 bassins tout au long de la période expérimentale.

De tous ces résultats nous avons pu déterminer l'effet de la solution nutritive sur la quantité d'Azolla récoltée. En effet la comparaison entre les rendements des bassins contenant les différentes solutions nutritives nous ont permis de constater que les fientes de volaille ont permis un rendement meilleur, avec un rythme croissant, autrement dit les quantité récoltées augmentaient au fil des semaines. Suivi par le cinquième bassin à base de NPK avec 11,33 puis vient en 3^{ème} place le bassin 3 (bouses de vaches) avec 8,76kg. Le rendement le plus faible a été obtenu par le bassin 4 contenant les fèces de caprin (6,73kg).

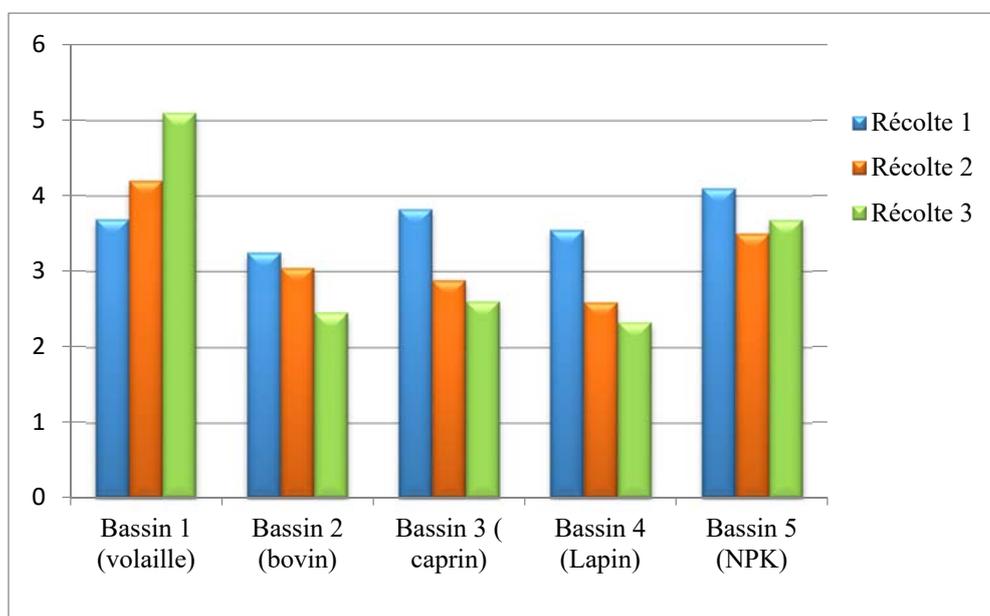


Figure 60 : Quantité d'Azolla produite par les différents bassins en kg.

Les rendements en Azolla diffèrent entre les bassins selon la solution nutritive. De là nous pourrions supposer que la solution nutritive affecte le rendement puisque la température et l'humidité et le pH enregistrés étaient dans les normes des recommandations des auteurs.

L'analyse chimique des solutions pour déterminer leurs compositions en différents éléments nutritifs a été envisagée mais en raison du manque de temps nous n'avons pas pu avoir les résultats.

Rappelons qu'au départ, notre protocole expérimentale contient un essai sur les lapins, cependant, vu le retard dans la construction des bassins et faute de temps nous n'avons pas pu réaliser notre essai.

Conclusion

La culture de l'Azolla avec les différentes solutions nutritives apparaît intéressante en termes de production en biomasse et en qualité sanitaire, où l'Azolla après une phase d'adaptation a connu une croissance remarquable et qui n'est pas similaire entre les bassins, cela pour la diversité du lisier utiliser où nous avons enregistré un rendement de : 1,7kg/m², 0,78kg/m² ; 0,82kg/m² ; 0,87kg/m² et 1,23 kg/m² successivement pour : volaille, lapin, bovin, caprin et NPK.

L'utilisation des fientes de la volaille apparaît plus intéressante par rapport aux autres excréments d'animaux, car le rendement est supérieur à celui de NPK, d'où la possibilité de remplacer l'engrais par une solution nutritive bio qui est à base des fientes de la volaille.

De plus, la production de l'Azolla se fait par une succession des cycles de production sans interruption, donc une production durable comme elle peut se faire sous forme de système étagère en hauteur, ce qui multiplie le rendement.

Ainsi, il est intéressant de citer la richesse d'utiliser l'Azolla comme aliment alternatif ou supplément dans l'alimentation animale en précisant le lapin, grâce avec sa richesse en protéines et à la possibilité de l'utilisation de la fougère avec ces racines.

Comparant nos résultats à ceux de la bibliographie, les conditions climatiques qui conditionnent la croissance de l'Azolla sont similaires sauf pour le taux d'humidité, où nous sommes arrivés à conclure que l'Azolla peut se multiplier et croître en dessous des taux d'humidité de 60% contrairement à ce qui a été rapporté par la littérature scientifique.

Il serait pertinent de proposer quelques recommandations pour valoriser au mieux nos résultats :

- ✓ Faire une étude sur le milieu de culture de l'Azolla pour bien maîtriser ces besoins dans l'objectif de multiplier encore la biomasse.
- ✓ Réaliser des essais sur l'animale pour déterminer l'intérêt zootechnique de l'Azolla en alimentation animale.
- ✓ Faire des analyses de la composition chimique de l'Azolla afin d'établir des rations alimentaires équilibrées.

A la fin, il serait plus intéressant d'associer les différents organismes agricoles et les éleveurs à adhérer dans ce type d'investigations et d'organiser des journées de formation et de vulgarisation pour approcher l'université des acteurs de cette filière.

Références bibliographiques

- 1-ALALADE, O.A. et IYAYI, E.A. (2006).** Chemical Composition and the Feeding Value of Azolla (*azollapinnata*) Meal for Egg-Type chicks. International journal of poultry science.5(2);137141
- 2-ASHTONP, J. (1974).** The effect of some environmental factors on the growth of Azolla filiculoides Lam, The Orange River E.M.V. Zinderen-Bakker (ed.), Progress Report, Bloemfontein, South Africa, 123-13.
- 3-BECKING, J.H. (1979).** Environmental requirements of Azolla fr use in tropical rice production, Nitrogen and Rice.International rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines, 345-374.
- 4-BENMOUM. N,(2000)** . L'élevage du lapin. Institut technique des élevages ITELV Alger, p 23.
- 5-BESKRI, W. et KLETIN, N.E. (2019).** Evaluation des performances de croissance des lapereaux de population locale. Mémoire de projet de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme de master. Université de Djalali Bounama Khemis-Miliana,76p.
- 6-BOUTHELDJA, N. (2020).** Valorisation de l'Azolla dans l'alimentation du poulet d chair. Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention de diplôme d'ingénieur agronome. École Supérieur D'agronomie Mostaganem.45p
- 7-CARRAPICO, F., PEREIRAC, A.L. (2009).** AzollaAnabaena'sbehavior in urban wastewater and artificial media-Influence of combined nitrogen.Water Res.,43: 3743-3750
- 8-CHANDER, H. et KUMAR, G. (2017).** A Study on the Potential of Azolla pinnata as Livestock Feed Supplement for Climate Change Adaptation and Mitigatio. *Climate resilient agriculture in Himalayas* Characterization and comparisons of five N₂-fixing Azolla-Anabaena associations. I.
- 9-CHRISTOPHE, J. D. (2004).** *La bouse: historique, importance et écosystème* (Doctoral dissertation).
- 10-COMBES, S., FORTUN-LAMOTHE, L., CAUQUIL, L., GIDENNE, T. (2012).** Controlling the rabbit digestive ecosystem to improve digestive health and efficacy. *In proceeding Of the 10th WRC, September 3-6, 2012, Sharm El- Sheikh, Egypt.*
- 11-DAHOUA, M., TOLÉBA; S.S., SENOU, M., YOUSAO, AKI., HAMBUCKERS, A. et HORNICK, J.L. (2009).** Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables

pour la production aviaire en Afrique: valeurs nutritionnelles et contraintes. *Ann. Méd. Vét.*, 153: 5-21.

12-DJAGO, A.Y. et KPODEKON, M. (2007). Méthodes et Techniques d'Élevage du Lapin. Élevage en Milieu trop. le guide pratique de l'éleveur de lapins en Afrique de l'ouest. 2^{ème} édition.

13-DIEHL. HALILAT, M.T., DOGAR, M.A. (1975). Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le comportement du blé en zones Sahariennes. *Annales de l'Institut national agronomique-El Harrach (Alger)*, vol. 20, no 1, p 18-28

14-D'MELLO, J.P.F. (1992). Nutritional potentialities of fodder trees and fodder shrubs as protein sources in monogastric nutrition. In: Speedy A., Pugliese P.-L. (Eds.), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock.-Rome:FAO.-* 339 p.

15-EJBPS. (2016), *Volume 3, Issue 6, 210-213. Review Article* SJIF Impact Factor 3.881

16-FAO,(2003).“Les engrais et leur application : précis à l’usage des agents de vulgarisation agricole.” Rabat: FAO.

17-FAO. (2015). Engrais et fertilisant : système d’information sur les ressources alimentaires et d’engrais en aquaculture: //www.fao.org /fishery/affris /profil-des-especes /nile tilapia /engrais-et-fertilisant /fr/1/2,

18-FAOSTAT, (2012). (735 021 tonnes/an), suivi par l’Italie, l’Espagne, l’Egypte et la France (262 436; 67 775; 56 338et 52 955 tonnes/an, respectivement.

19-Fédération des Conservatoires Botaniques Nationaux (FCBN). (2012). Fiche Azolla filiculoides. FCBN [en ligne]. [Consulté le 5 décembre 2016]. Disponible à l’adresse : http://www.fcbn.fr/sites/fcfn.fr/files/ressource_telechargeable/fiche_azolla_ficuloides_v2.pdf

20-FOURNIER, A., (2005). L’élevage de lapin. Française de Cuniculture, 20 janvier 1994.

21-FRANCISCO, C. (2014). Azolla as a Superorganism. Its Implication in Symbiotic Studies ,August 2010. In book: [Symbioses and Stress \(pp.225-241\)](#)

22-GARCIA, J., GOMEZ-CONDE, M., PEREZ DE ROZAS A., BADIOLA, I., VILLAMIDE, M.J., DE BLAS, C., CARABAÑO, R. (2009). Role of type of fibre on intestinal microbiota and performance in rabbits. *Giornate di Coniglicoltura ASIC, Italy, 11-23.*

- 23-GARREAU, (2015).** Lionel, MOURICOU, Philippe, et GRIMAND, Amaury. Drawing on the map: An exploration of strategic sensemaking/giving practices using visual representations. *British Journal of Management*, 2015, vol. 26, no 4, p. 689-712.
- 24-GATE et GIBAN. (2003).** In Miralles-Bruneau M. 2015. Utilisation du fourrage vert hydroponique en production de viande bovine et ovine à la Réunion : une alternative pour pallier aux déficits fourragers futurs liés aux changements climatiques et au manque de foncier agricole, 84p.
- 25-GAZEAU, G., BOUVARDF., LECLERCB., (2012).** Fientes de volaille.(Matière Organique Fiche N°19)2P.Maison des Agriculteurs-22 rue Henri Pontier 13626 Aix-en-Provence Cedex.
- 26-GEOFFROY, F., NAVES, M., SAMINADIN, G., BOREL, H. et ALEXANDRE, G. (1991).** Utilisation des ressources alimentaires non conventionnelles par les petits ruminants. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop*, (n° spécial) : 105-112.
- 27-GIDENNE, T., (2015).**Le lapin de la biologie à l'élevage. Editions Quae, 78026 Versailles cedex, France.
- 28-GIDENNE, T. (2015b).** Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal*, 9:2, pp 227–242. [doi:10.1017/S1751731114002729](https://doi.org/10.1017/S1751731114002729).
- 29-GIDENNE, T., PEREZ, J. M., LAPANOUSE, A., et SEGURA, M. (1996).** Apports de cellulose dans l'alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. In *Annales de zootechnie* (Vol. 45, No. 4, pp. 289-298).
- 30-GIDENNE, T., GARCIA, J., LEBAS, F. et LICOIS, D. (2010).** Nutrition and feeding strategy: interactions with pathology. In: *Nutrition of the rabbit*.
- 31-HEDJI, J. APPL, BIOSCI, (2014).**Valorisation de *Azolla* spp, *Moringa oleifera* , son de riz et de coproduits de volaille et de poisson en alimentation animale.
- 32-JANES, R. (1998b).** Growth and survival of *Azolla filiculoides* in Britain. 2. Sexual reproduction. *New Phytologist* 138: 377-384
- 33-KUMARI, R., DHURIA, R. K., PATIL, N. V., SAWAL, R. K., et SINGH, S. (2018).**Chemical composition and pellet quality of *Azolla pinnata* grown in semi-arid zone of India. *IJCS*, 6(3), 2031-2033.

- 34-KPODEKON, T.T., MARC, DJAGO, A.Y., TIEMOKO, Y.O., et ADANGUIDI, J. (2018).** Manuel technique de l'éleveur de lapin au Bénin, Représentation de la FAO au Bénin organisation des nations unies.
- 35-LACOUL, P., ET FREEDMAN, B. (2006).** Environmental influences on aquatic plants in freshwatercosystems. *Environmental Reviews*.14 (2), 89-136
- 36-LAKSHMANAN, A., K. KUMAR ETLATHA, P., (2017).**Azolla - A Low Cost and Effective Feed Supplement to Poultry Birds. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 6(8): 3622-3627.
- 37-LEBAS, F. (1983).** Bases physiologiques des bésions protéiques du lapin. Analyses critiques des recommandations, cuni. *Sciences*; 1(1):16-19.
- 38-LEBAS, F. (2000)** .Besoins vitaminiques du Lapin . *Cuniculture* 27, 199-209 (Année 2000) INRA, Station de Recherches Cunicoles, BP 27 31326 Castanet-Tolosan Cedex France.
- 39-LEBAS, F. (2004).** Refl ections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. In: 8th World Rabbit Congress, 7-10 septembre, Puebla, Mexico, Colegio de Postgraduados for WRSA, 686-736. [http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/](http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2004/Puebla/Papers/Feeding-&-Nutrition/N0-Lebas.pdf) Congress-2004 Puebla/Papers/Feeding-&-Nutrition/N0-Lebas.pdf
- 40-LEBAS F, (2013).**Journée AFZ du 30 janvier 2013 à Paris – Feedipedia,un projet international INRA/CIRAD/AFZ et FAO sur les aliments.
- 41-LEBAS, F., MARIONNET, D., HENAFF, R., (1991).** La production du lapin. AFC et technique et documentation. Lavoisier éditeur (3ème édition), 206p.
- 42-LEBAS, F., BONNEAU, M., TOURAILLE, C., PARDON, P., FAUCONNEAU, B., et REMIGNON, H. (1996).** Amélioration de la qualité des carcasses et des viandes. *Productions animales*, 95-110
- 43-LUMPKIN, T. (1987).** Récupéré sur agris.fao.org: <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=PH8811535>.
- 44-LUMPKIN, T.A., et PLUCKNETT, D.L. (1980).** Azolla: botany, physiology, and use as a green manure. *Economic Botany*, 34(2), 111-153.
- 45-MAERTENS, L. et GIDENNE, T. (2016).** Feed efficiency in rabbit production: nutritional, technico-economical and environmental aspects. In: 11th World Rabbit Congress- June 15-18, Qingdao, China, pp.337-351.

46-MARIE CHRISTINE FAVE.THIERRY GIDENNE. MAUD LERAY. PASCAL ORAIN .MICHELE THEAU CLEMENT. SIMON THOMAS. SOLENE WEBER,2020. Guide éleveur.se.s Elever des lapins Bio. Les agriculturs BIO des pays du loir, p 44.

47-MICHAUT, S., (2006). Homéopathie préventive en élevage cynicole étude zootechnique et économique. Thèse doctorat. Université de Lyon.

48-OUHAYOUN, J., 1983. La croissance et le développement du lapin de chair. cuni science, (1) ,1-15.

49-OOREKA, (2016). Fiche plante : Azolla. Ooreka.fr [en ligne]. [Consulté le 5 décembre 2016]. Disponible à l'adresse : <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/628/azolla>.

https://cyanobacteries.pagesperso-orange.fr/images/Physiologie/azolla_s.gif

50-PARRIS, B.S. (2001). Circum-Antarctic continental distribution patterns in pteridophytespecies. *Brittonia*.53 (2), 270-283.

51-PILLAI, P.K., PREMALATHA, S., et RAJAMONY, S. (2002). Azolla-A sustainable feed substitute for livestock. *Leisa India*, 4(1), 15.

52-PRUD'HON, M., CHERUBIN, M., GOUSSOPOULOS, J., CARLES, Y. (1975). Evolution au cours de la croissance des caractéristique de la consommation d'aliment solide et liquide du lapin domestique nourri ad libitum.*Ann Zootech*, 24 (2) : 289-298.

53-RABESON, R., RAKOTOARISOA, J., RAZAFINJARA, A.L. (1987).L'Azolla, source d'Azote en riziculture malgache.

54-RAJA, W. RATHAUR, P. JOHN, S.A, RAMTEKE, P.W. (2012). Azolla: an aquatic pteridophyte with great potential. *International Journal of Research in Biological Sciences* 2012; 2(2): 68-72

55-RAJESH, S. (2020). Production of azolla as livestock feed supplement in India. *Pashudhan praharee. Indian Dairy & Poultry industry*.43p.

56-RAMILAMINA, O.N.G. (1995). Utilisation de l'Azolla comme source de protein poONG Ramilamina 1995. Utilisation de l'Azolla comme source de protein pour l'alimentation animal amadagascar, Antsirabe p18ur l'alimentation animal amadagascar, Antsirabe p1.

57-RAOELINA, B.A. (1995). Utilisation de l'Azolla dans l'alimentation du poulet de chair .Mémoire de fin d'études ; Université d'Antananarivo ,115p.

- 58-ROUMET, A., UZUREAU, A., FAVE, M.C., GIDENNE, T., LERAY, M., ORAIN, P. et WEBER, S.M. (2021).** *Elever des lapins Bio* (Doctoral dissertation, Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement (INRAE); Institut Technique de l’Agriculture Biologique (ITAB); Coordination Agrobiologique des Pays de la Loire (CAB)).
- 59-SADEGHI, R., ZARKAMI, R, SABETRAFTAR, K., VAN DAMME, P. (2013).**A review of some ecological factors affecting the growth of Azolla spp. *Caspian. J EnvSci* 11: 65-76.
- 60-SAURAV, G. (2002)** AZOLLA – A sustainable feed substitute for livestock.
- 61-SCHIERE, J.B., CORSTIAENSEN, C.J. (2008).**L’élevage familial de lapins dans les zones tropicales. *Agrodok 20-L’élevage familial de lapin dans les zones tropicales*, P81.
- 62-SHRIKANT, B., KATOLE, L., SHWETA, R., LENDE, et PATIL, S.S, (2017).**A Review on Potential Livestock Feed :Azolla. *Livestock Research International / january – march ,2017 /volume 05 /Issue 01 /pages 01-09 -2017 jacraya .*
- 63-SINGH, P.K. (1979).** Use of Azolla in rice production in India. In : *Nitrogen and Rice* International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines, 407-418.
- 64-SMALL, E., et DARBYSHIRE, S.J. (2011).** 35. Mosquito Ferns (Azolla species)–tiny ‘super plants’. *Biodiversity*, 12(2), 119-128.
- 65-TRAN, G. (2015).** *Azolla*. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/565> Last updated on October 19, 2015, 14:31
- 66-TRYON, R.M, TRYON, A.F. (1982).**Ferns and allied plants, with special reference to tropical America. Springer, New York.
- 67-TUAN, D.T. et THUYET, T.Q. (1979).** Use of Azolla in rice production in Vietnam. In : *Nitrogen and Rice*. international Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, 395-405.
- 68-VAN HOVE, C. (1989).** Azolla and its multiple uses with emphasis on Africa. FAO, Rome 53pp.
- 69-VAN HOVE, C., DIARA, H.F. et GODARD, P. (1983).** Azolla en Afrique de l ‘Ouest (ADRAO).
- 70-** <http://dspace.univ-msila.dz/handle/chap1>

Résumé

L'alimentation animale est devenue un frein pour le développement de l'élevage dans les pays en développement notamment en Algérie à cause de l'importation des matières premières qui composent la majorité des aliments; ce qui engendre l'instabilité dans les prix sur le marché local). L'Azolla est l'une de ces ressources alimentaires non conventionnelles qui pourrait constituer une bonne alternative aux MP importées. C'est une fougère aquatique flottante sur la surface de l'eau avec une croissance rapide. Sa richesse en protéines, vitamine et minéraux lui confère d'être un aliment pour alimentation animale notamment lapin. Notre essai a pour objectif de produire de l'Azolla en utilisant différentes solutions nutritives bios à base des excréments de : volaille, lapin, bovin, caprin comparées à une solution NPK comme engrais. Les rendements obtenus dans une superficie de 3m² étaient de 1,7; 0,78 ; 0,82 ; 0,87 et 1,23 kg/m² respectivement par les bassins contenant des solutions nutritives à base d'excrément de volailles, de lapin, de vache, de caprin et NPK,

Il ressort que les fientes de volailles peuvent remplacer avec succès le NPK, ainsi nous avons démontré que l'azolla pourrait supporter des taux d'humidité inférieurs à 60%. Il serait intéressant de continuer les essais pour confirmer nos résultats.

Mot clé : Azolla, solutions nutritives, cultures, excrément d'animaux

Summary

Animal feed has become an obstacle to the development of livestock in developing countries, particularly in Algeria, because of the import of raw materials that make up the majority of feeds; this causes instability in prices on the local market.) Azolla is one of these non-conventional food resources that could be a good alternative to imported MP. It is an aquatic fern floating on the surface of the water and growing rapidly. Its richness in proteins, vitamins and minerals makes it suitable for animal feed, especially rabbit feed. The objective of our trial is to produce Azolla using different organic nutrient solutions based on the excrements of: poultry, rabbit, cattle, goat compared to a NPK solution as fertilizer. The yields obtained in an area of 3m² were 1.7; 0.78; 0.82; 0.87 and 1.23 kg/m² respectively by the basins containing nutrient solutions based on poultry, rabbit, cow, goat and NPK excrement,

It was found that poultry droppings can successfully replace NPK, thus we demonstrated that Azolla could withstand moisture levels below 60%. It would be interesting to continue the trials to confirm our results.

Key word : Azolla, nutritive solutions, crops, animal droppings

الملخص

أصبح علف الحيوانات عائقاً أمام تنمية تربية الحيوانات في البلدان النامية ، ولا سيما في الجزائر ، بسبب استيراد المواد الخام التي تشكل غالبية الغذاء ؛ مما يؤدي إلى عدم استقرار الأسعار في السوق المحلي). الأزولا هو أحد الموارد الغذائية غير التقليدية التي يمكن أن تكون بديلاً جيداً للجسيمات المستوردة. إنه سرخس مائي يطفو على سطح الماء بنمو سريع. غناها بالبروتينات والفيتامينات والمعادن يجعلها مناسبة لتغذية الحيوانات وخاصة الأرانب. تهدف تجربتنا إلى إنتاج الأزولا باستخدام محاليل مغذية عضوية مختلفة تعتمد على براز الدواجن والأرانب والأبقار والماعز مقارنة بمحلول الأزوت البوتاسيوم و الفسفور كسماد. كانت الغلة التي تم الحصول عليها في مساحة 3 م² 1.7 ؛ 0.78 ؛ 0.82 ؛ 0.87 و 1.23 كجم / م² على التوالي بواسطة خزانات تحتوي على محاليل مغذية تعتمد على فضلات الدواجن والأرانب والأبقار والماعز ، الأزوت البوتاسيوم و الفسفور .

يبدو أن فضلات الدواجن يمكن أن تحل محل الأزوت البوتاسيوم و الفسفور بنجاح ، لذلك أظهرنا أن الأزولا يمكنها تحمل مستويات الرطوبة التي تقل عن 60٪. سيكون من المثير للاهتمام مواصلة الاختبارات لتأكيد نتائجنا.

الكلمة الرئيسية: أزولا ، محاليل المغذيات ، الزراعة ، روث الحيوانات