

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/FSNVST/DSA/2022

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Production et Nutrition Animale

Présenté par :

CHILALI Ilham & HADDAD Drifa

*Thème*

**EFFET DE LA SOLUTION NUTRITIVE SUR LES RENDEMENTS  
DE L'AZOLLA CULTIVEE POUR SON INTERET EN  
ALIMENTATION ANIMALE**

Soutenu le: 06 / 07 /2022

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
Dr KHELIL S.R.	MCB	Univ. Bouira	Président
Dr. CHERIFI Z.	MCB	Univ. Bouira	Promotrice
MELLE BRECHE L.	Doctorante	Univ. Bouira	Co-Promotrice
Dr. ABDELLI A.	MCA	Univ. Bouira	Examinatrice

Année Universitaire : 2021/2022



## Remerciements

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

Nous tenons à exprimer notre profondes gratitudes à notre promotrice Mme CHERITI Zakia et Co promotrice RARECHE Lamia, pour avoir accepté de diriger ce travail Nous leurs i témoigne toute notre reconnaissance pour leurs conseils, leurs orientations et leurs patience.

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

Nous adressons nos sincères remerciements a tous ceux qui ont participé de pris 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 succès.





*Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Toute ma famille sans exception, et particulièrement Les deux anges  
de ma vie, mes très chers parents ; Ahmed et Fahima, mes frères.*

*Ma sœur Feriel.*

*Ma jumelle ouafia.*

*Ma petite sœur djomana*

*Mes chers enseignants.*

*À mon binôme HADDAD*

*Pour tous À mes amis chaque un par son nom*

*A tous les étudiants de la Promotion PNA 2021/2022*

*A tout ceux qui de près ou de loin mon soutenu et encourager.*

*Spécialement mon Promotrice Madame Cherifi Zakia*

*À Lamia brèche notre Co promotrice*



ILHAM



## *Dédicace*

*Premièrement, je remercie mon dieu Je dédié ce modeste travail.*

*À l'être le plus chère de ma vie mon père À celui qui ma fait une  
femme combattante qui me aide beaucoup dans ce travail.*

*Ma mère Que dieu vous protégeait vous réserve une longue vie*

*À mes chères frères et sœurs.*

*Pour tous À mes amis chaqu' un par son nom.*

*À mon binôme chilali Ilham pour son aide et ses encouragements.*

*À madame cherifie zakia notre promotrice pour ses encouragements  
et sa patience.*

*À Lamia brèche notre Co promotrice pour son soutien et son aide.*

*À tous les gens qui m'aide dans ce travail.*

*drifa*



---

## *Sommaire*

---

### Sommaire

Liste des abréviations.....	8
Liste des figures .....	10
Liste des tableaux .....	11
Introduction générale .....	1
I.1. Sources de protéines .....	2
I.1.1. Les protéagineux .....	2
I.1.2. Les tourteaux d'oléagineux.....	2
I.1.2.1. Le tourteau de colza .....	2
I.1.2.2. Le tourteau de tournesol .....	3
I.1.2.3. Le tourteau de soja.....	4
I.2. Sources de fibres .....	5
I.2.1. Les fourrages .....	5
I.2.1.1. La luzerne.....	5
I.2.1.2. Le maïs fourrages verts.....	5
I.2.1.3. Sulla <i>Hedysarum coronarium</i> .....	6
I.2.1.4. La paille.....	6
I.3. Sources d'énergie .....	7
I.3.1. Les céréales .....	7
I.3.1.1. L'orge ( <i>Hordeum vulgare</i> ).....	7
I.3.1.2. Le Maïs ( <i>Zeamays</i> ).....	7
I.3.1.3. Le sorgho ( <i>Sorghumbicolor</i> ).....	8
I.3.1.4. Le blé ( <i>Triticum</i> ) .....	9
I.4. Les sous-produits des industries agro-alimentaires.....	9
I.4.1. Les grignons d'olive .....	10
I.4.2. la drêche de brasserie.....	10
I.4.3. La mélasse.....	11
I.4.4. Les déchets de tomate.....	11
I.4.5. Les sous-produits des agrumes .....	11
I.4.6. Son de blé.....	11
I.5. Les plantes aquatiques .....	12
I.5.1. Les lentilles d'eau ( <i>Lemnaspp.</i> ).....	12
I.5.2. <i>Spirulina platensis</i> .....	12
I.6. Les insectes .....	13

## *Sommaire*

---

II.1.	Définition .....	14
II.1.1.	Morphologie.....	14
II.1.2.	Taxonomie.....	15
II.2.	Le cycle de reproduction .....	15
II.3.	Symbiose avec une cyanobactérie .....	17
II.4.	Les conditions de culture de l'azolla .....	17
II.4.1.	L'eau .....	17
II.4.2.	vent.....	18
II.4.3.	Température .....	18
II.4.4.	La lumière .....	18
II.4.5.	Le pH.....	18
II.4.6.	La salinité .....	19
II.4.7.	La nutrition minérale .....	19
II.5.	Composition chimique d'Azolla .....	21
II.5.1.	La farine d'Azollapinnata .....	21
II.5.2.	Azollapinnata sèche.....	21
II.6.	Utilisation de l'azolla .....	22
II.6.1.	Utilisation en alimentation animale .....	22
II.6.2.	Utilisation en alimentation de poulets .....	22
II.6.3.	Utilisation en alimentation du lapin .....	22
II.6.4.	Utilisation pour vaches laitière .....	22
II.6.5.	Alimentation des poissons .....	23
II.6.6.	Aliments pour volailles et lapins .....	23
II.6.7.	Autres usages .....	24
II.6.7.1.	Alimentation humaine .....	24
II.6.7.2.	Plante médicinale.....	24
II.6.7.3.	Insecticide.....	24
II.7.	Forme de présentation de l'azolla pour l'alimentation animale.....	24
II.7.1.	Azolla fraîche.....	24
II.7.2.	Azolla Sèche .....	25
II.7.3.	Azolla ensilée.....	25
I.1.	Objectif .....	26
I.2.	Présentation de site expérimentale .....	26
I.3.	Matériel utilisé.....	26

## *Sommaire*

---

I.3.1.	Méthodes de culture .....	29
I.3.1.1.	Le bassin mère .....	29
I.3.2.	Préparation de la solution nutritive .....	31
I.3.3.	Méthode de calcul de rendement .....	32
I.4.	Calcul de rendement : .....	32
I.5.	Mesure et observation .....	33
I.6.	Analyse statistique .....	33
II.1.	Résultats des paramètres de température et de l'humidité .....	34
II.1.1.	La température.....	34
II.1.2.	Humidité .....	35
II.2.	Taux d'arrosage.....	37
II.3.	Les rendements.....	38
II.4.	Etude comparative entre les résultats de récolte des différents bassins .....	39
	Conclusion générale.....	42
	Références bibliographiques.....	1

Résumé

## *Liste des abréviations*

---

### **Liste des abréviations**

**AF** : acide formique (doses données par tonne de vert)

**AGV** : acides gras volatils

**CB** : cellulose brute

**DMO** : digestibilité de la matière organique

**ED**: Energies Digestible

**EM** : Energies métabolisable

**ET** :Ecartype

**FAO** : Organisation des nations unis pour l'Agriculture et l'Alimentation ED : Energies digestible

**Fe** : Fer

**Gr** : gramme

**GMQ** : gaine moyen quotidien

**Kcal**: kilocalorie

**MAT** : Matière azotée totale

**MM** : matières minérales

**MO** : Matière Organique

**MOD** : matière organique digestible MS : Matière Sèche

**Moy** : Moyenne

**MSI** : matière sèche ingérée MG : Matière Grasse

**NPK** : Azote PhosphorePotaciom

**PB** :Protéine brute

**Pf** :Poids final

**PDI** : Protéines digestibles dans l'intestin

**PDIA** : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire

**PDIE** : protéines vraies réellement digestibles dans l'intestin permises par l'énergie

**PDIN** : protéines vraies réellement digestibles dans l'intestin permises par l'azote

**PH**: potentiel hydrogène

**QI** : quantités ingérées

**TB** : taux butyreux

**TP** : taux protéique



## *Liste des abréviations*

---

**UFL** : Unité Fourragère Lait

**UFV** : Unité Fourragère Viande

## *Liste des Figures*

---

### Liste des figures

Figure 1 : Composition moyenne du tourteau de colza (Feedbase, 2022).....	3
Figure 2: Composition moyenne du tourteau de tournesol (non décortiqué) (Feedbase, 2022).	3
Figure 3 Composition moyenne du tourteau de soja (Feedbase, 2022) .....	4
Figure 4: Fougère d'azolla (Chilali et Haddad ,2022).....	14
Figure 5 : Schéma de la reproduction sexuée et végétative d'Azolla (Raelina Bruno Alain, 1995).....	16
Figure 6: Evolution des températures hebdomadair des bassins pendant l'essai (°C).....	34
Figure 7: Evolution des taux d'humidité hebdomadaires des bassins pendant l'essai (%).....	36
Figure 8: les quantités totales en kg de l'Azolla fraiche produite par chaque bassin pendant 8 semaines d'expérimentation.....	38
Figure 9: Effet de la solution nutritive sur le rendement en azolla fraiche en fonction des semaines de culture.....	39
Figure 10: Evolution des rendements en azolla séchée en fonction de la solution nutritive après Une semaine de récolte.....	40

**Liste des tableaux**

Tableau 1 : Composition chimique et caractéristiques nutritionnelles du pois, de la féverole et du lupin blanc ( Froidmontet <i>al.</i> , 2006).....	2
Tableau 2 : valeur nutritive de la luzerne en fonction du mode de récolte au Kg de MS au 1 <sup>er</sup> cycle (Bulletin Alliance pastorale N°907 ,2020) .....	5
Tableau 3 : Evolution du rendement, de la composition chimique et de la valeur énergétique du maïs fourrage plante entière, en fonction du stade de végétation (% MS) (Essai ARVALIS ,2011-2014).....	6
Tableau 4 : Principales valeurs nutritives des pailles de blé et d'orge (/kg de MS) (INRA, 2007).....	7
Tableau 5: Constituants biochimiques de l'orge en % de matière sèche (Alliosio-Ouarnier, 1999).....	8
Tableau 6 : Composition du maïs (Rouanet 1984).....	8
Tableau 7 : Composition chimique du Sorgho (FAO, 1995).....	9
Tableau 8 : Recommandations pour l'alimentation du bétail (Foreman, 1989). ....	9
Tableau 9 : La valeur énergétique des drêches de brasserie (INRA., 1988,).....	10
Tableau 10 : Composition nutritive de son de blé (Jacquemin, 2012) .....	12
Tableau 11 : La composition chimique de la farine d'Azolla pinnata (Alalade <i>et al.</i> , 2006).....	21
Tableau 12 : La composition chimique d'Azollapinnata séché (Shamna, 2013).....	21
Tableau 13: Récapitulatif des T° moyennes enregistrées par les semaines pendant la période expérimentale. ....	35
Tableau 14: Récapitulatif des H% moyennes enregistrés par les semaines pendant la période expérimentale .....	36
Tableau 15: La quantité de l'Azolla fraîche récolté des 4 bassins pendant l'essai. Récolte ....	38

# Introduction générale

### **Introduction générale**

L'alimentation est considérée comme un poste clé en élevage par le coût économique qu'elle engendre et l'expression des performances qu'elle permet de réaliser ainsi que sa corrélation à l'état sanitaire des animaux (**Gidenne,2015**).

Actuellement, les recherches sur l'alimentation animale sont de plus en plus orientées vers la valorisation de nombreuses sources alimentaires alternatives disponibles dans les pays où la majorité des ingrédients sont importés (**Cherifi, 2018**).

Ces investigations ont comme objectif de limiter l'utilisation des sources classiques (céréales, tourteau de soja et farine de luzerne), en optimisant l'usage de sources végétales et de coproduits des industries agroalimentaires en vue d'atteindre une autonomie alimentaire. (**Cherifi,2018**)

De nombreux travaux ont été réalisés et publiés sur la valorisation des sources alimentaires alternatives, disponibles localement, sources de protéines, de fibres ou d'énergie, en remplacement des matières premières importées dans les formules alimentaires, dans le but de réduire le coût de l'aliment (Guermah, 2016).L'azolla est l'une des sources alimentaires qui pourrait constituer un bon ingrédient pour l'alimentation animale.

L'Azolla est une petite fougère aquatique, rencontré souvent flottant à la surface des eaux calmes dans les cressonnières, les étangs et dans les canaux d'irrigation (**Raolina, 1995**). Il est plus riche en protéines, en vitamines et en minéraux que les grains et la plupart des fourrages verts. Grâce à ses propriétés et au fait qu'il pousse rapidement et facilement dans un petit espace, l'Azollapourrait être considérée comme un bon complément alimentaire pour les animaux d'élevage (Caryetal.,1992).

C'est dans ce sens que s'inscrit notre travail, qui consiste à étudier la possibilité de cultiver cette fougère dans nos conditions, en utilisant des sources nutritives différentes, en vue d'augmenter sa production et la rendre disponible pour l'alimentation animale.

Notre travail comporte deux parties, la première est consacrée à la synthèse des connaissances bibliographiques comprenant deux chapitres: le premier traite les différentes sources alimentaire utiliser en alimentation animale 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.

# ***Partie I : Bibliographique***



***Chapitre I : Les sources  
alimentaire utilisées en  
alimentation animale***



### **I.1. Sources de protéines**

#### **I.1.1. Les protéagineux**

Les protéagineux (pois, féverole et lupin) présentent, outre leur faible disponibilité sur le marché national, une teneur en protéines plutôt moyenne (20 à 34 % selon les espèces (**Larbier et Leqlerq, 1990**)). La concentration en acides aminés sulfurés plus particulièrement en méthionine est très faible, surtout pour le lupin, eu égard à sa richesse en protéines, malgré une teneur en lysine abondante. La concentration en méthionine est à peine supérieure à celle observée dans le blé, qui renferme pourtant deux fois moins de protéines, Il en est de même des teneurs en tryptophane, relativement limitées.

La concentration énergétique (mesurée par sa teneur en énergie métabolisable) des trois protéagineux (**tableau 1**) est moyenne et inférieure aux concentrations énergétiques d'un aliment destiné aux volailles, malgré leur teneur en amidon. Le lupin, dépourvu d'amidon, mais contenant environ 8 % d'huile, est plus proche du tourteau de soja que d'une céréale en termes de concentration énergétique et protéique (**Froidmontet al., 2006**). Les protéagineux présentent ainsi des valeurs nutritionnelles intermédiaires entre celles d'une céréale et du tourteau de soja (**Huisman, 1989**).

**Tableau 1 : Composition chimique et caractéristiques nutritionnelles du pois, de la féverole et du lupin blanc ( Froidmontet al., 2006)**

	Pois	Féverole	Lupin blanc
MS (%)	86,3	85,2	89,5
MAT (g/kg MS)	239	297	343
Equilibre en AA			
Méthionine	Déficit	Déficit	Déficit
Lysine	OK	OK	Limitant
Amidon (% MS)	51	44	1-2
MG (% MS)	1,4	1,5	10

#### **I.1.2. Les tourteaux d'oléagineux**

##### **I.1.2.1. Le tourteau de colza**

D'après **Boyeldieu (1991)**, le tourteau de colza est moins énergétique, moins riche en protéines et plus riche en cellulose que le tourteau de soja, il représente une bonne alternative au tourteau d'importation, à faibles teneurs en glucosinolates et en acide érucique. Le tourteau



de colza est particulièrement utilisé pour l'alimentation des bovins, en remplacement du tourteau de soja d'importation et en complément de l'herbe et des fourrages (Corinne, 2018). La composition nutritive des taureaux de colza est illustrée dans la figure ci-dessous.

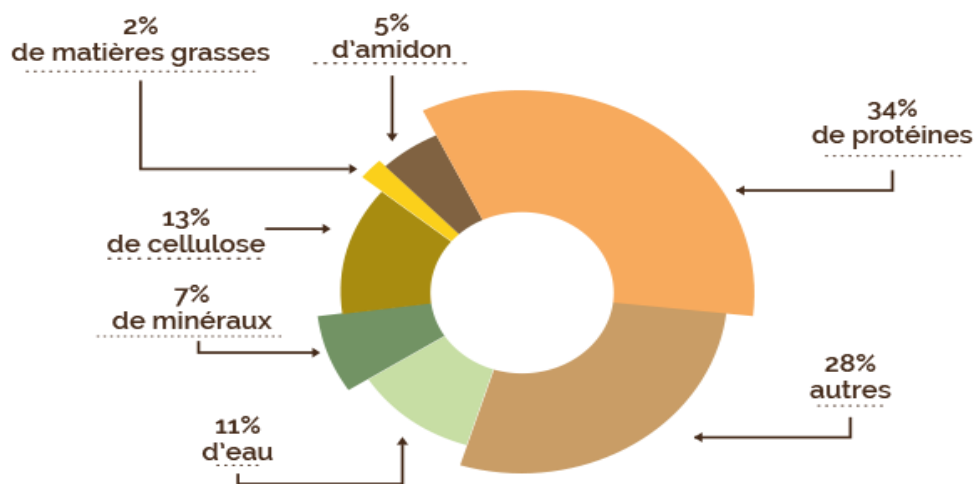


Figure 1 : Composition moyenne du tourteau de colza (Feedbase, 2022)

### I.1.2.2. Le tourteau de tournesol

Il existe différents types de tourteaux de tournesol en fonction du prétraitement appliqué ou non aux graines avant extraction de l'huile (Boyeldieu, 1991).

Un tourteau de tournesol conventionnel contient ainsi en moyenne 28% de protéines contre 36% pour un tourteau de tournesol décortiqué (tourteaux High Pro ou HP). Il existe également un tourteau semi-décortiqué dont la composition est intermédiaire (environ 33% de protéines (Corinne, 2018)

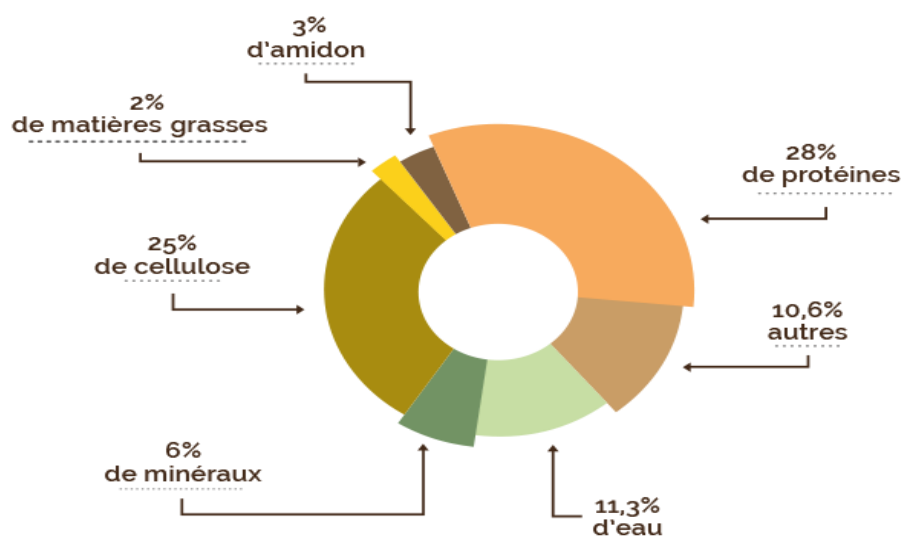
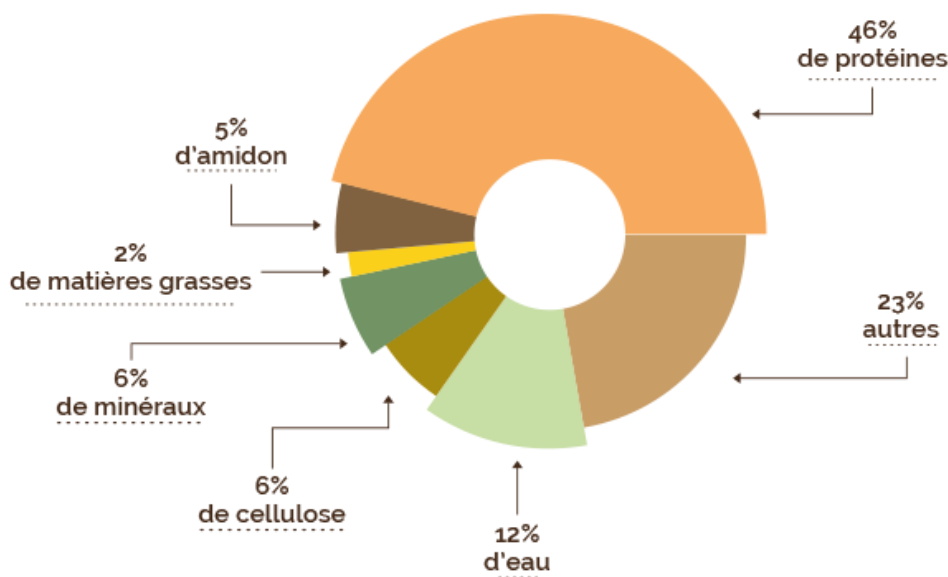


Figure 2: Composition moyenne du tourteau de tournesol (non décortiqué) (Feedbase, 2022)

### I.1.2.3. Le tourteau de soja

Le tourteau de soja constitue la principale source de protéines pour les animaux d'élevage à travers le monde, représentant même les 2/3 de la production mondiale de matières premières riches en protéines (46%)



**Figure 3** Composition moyenne du tourteau de soja (Feedbase, 2022)

Il existe également plusieurs types de tourteaux de soja en fonction de leur teneur en protéines et en matières grasses résiduelles. Parmi les tourteaux de soja conventionnels, on distingue trois catégories appelées tourteaux 46, 48 et 50 (faisant référence aux teneurs en protéines et matières grasses additionnées) et se différenciant principalement par leur teneur croissante en protéines. Les tourteaux dits gras ou « expeller » obtenus par simple pression des graines, sont plus riches en matières grasses et contiennent moins de protéines. Leur incorporation dans les aliments est principalement limitée par la quantité de matières grasses qu'ils apportent (Jacques, 2010).

### I.2. Sources de fibres

#### I.2.1. Les fourrages

##### I.2.1.1. La luzerne

La luzerne est une excellente culture fourragère qui contient naturellement tous les éléments dont un animal a besoin pour grandir et se nourrir, dans des proportions idéales pour augmenter la productivité et respecter les biorythmes naturels de l'animal (**Lebas 1987**). Sa teneur en protéines indispensables et la de ces fibres en font de la luzerne un élément essentiel dans la ration alimentaire des animaux d'élevages (**Gidenne, 2015**). La luzerne contient également des glucides, principalement sous la forme que les bactéries du rumen et de l'intestin utilisent pour produire des acides gras volatils. L'ajout de luzerne à l'alimentation est essentiel pour que les animaux grandissent de manière saine et durable et garantit la production de lait, de viande et d'œufs de haute qualité. (**Lebas et al., 2005**).

Sa valeur alimentaire varie selon le stade végétatif et le stade de la coupe (tableau 2)

**Tableau 2 : valeur nutritive de la luzerne en fonction du mode de récolte au Kg de MS au 1<sup>er</sup> cycle (Bulletin Alliance pastorale N°907 ,2020)**

	% MS	UFL	PDIN	PDIE
<b>Fourrage vert</b>	16,2	0,83	132	90
<b>Ensilage coupe fine et conservateur</b>	18,7	0,82	115	70
<b>Ensilage coupe fine préfané</b>	33,5	0,78	127	72
<b>Enrubannage</b>	55,0	0,76	120	83
<b>Foin fané au sol par beau temps</b>	85,0	0,67	114	91
<b>Luzerne déshydratée (18 % MAT)</b>	91,0	0,69	120	104

La valeur énergétique de la luzerne peut être plus faible au 2e cycle : -0,05 à -0,10 UFL/kg MS.

MAT : Matières Azotées Totales ; UFL : Unité fourragère lait ;

PDIN : Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'azote ;

PDIE : Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'énergie

##### I.2.1.2. Le maïs fourrages verts

Le maïs existe sous plusieurs formes, soit sous forme de plante entière, d'épi broyé, ou de grain humide. Le maïs fourrager est riche en énergie et pauvre dans tous les autres nutriments (**Brewbaker, 2003**).

L'ensilage de maïs plante entière est un aliment grossier humide dont l'utilisation est relativement courante dans les rations pour vaches laitières (**Demarquilly, 1994**).

Selon le même auteur, l'ensilage de maïs épi broyé présente une densité énergétique plus élevée que l'ensilage plante entière (tableau), puisque sa proportion d'amidon est plus importante. Il apporte par contre moins de structure dans la ration. Chez la vache laitière, on recommande des quantités allant de 2 à 12 kg

**Tableau 3 : Evolution du rendement, de la composition chimique et de la valeur énergétique du maïs fourrage plante entière, en fonction du stade de végétation (% MS) (Essai ARVALIS ,2011-2014)**

% MS plante entière du maïs fourrage →	25%	30%	35%	40%
Rendement MS plante entière (t MS/ha)	13.7	14.4	15.4	15.7
Teneur en amidon (% de la MS)	18-22	27-32	30-36	35-40
Teneur en Glucides solubles (% de la MS)	12	10	8	5
UFL "potentielles (par kg MS)	0.91	0.93	0.94	0.96
Digestibilité du NDF (%)	55	52	49	47
Dégradabilité ruminale de l'amidon (%)	89	86	82	78
UFL "valorisables" (par kg MS)	0.91	0.93	0.93	0.93

### I.2.1.3. Sulla *Hedysarum coronarium*

La valeur nutritive des plantes fourragères joue un rôle important dans l'alimentation animale, la composition chimique d'un fourrage est plus influencée par le stade végétatif à la récolte que par son espèce botanique (**Kadi et al., 2012**). Selon **Ben Emna (1991)**, le Sulla a une composition chimique voisine de celle du trèfle violet (*Trifolium pratense*.L) à l'exception de sa teneur en protéine brute qui est inférieure au stade floraison ; 13.3% contre 16,2%. D'après **BenJeddi (2005)**, le vieillissement du Sulla entraîne une diminution des teneurs de : protéines brutes, de matières grasses, et de substances minérales

### I.2.1.4. La paille

La paille de céréales est un fourrage dont les valeurs nutritives sont nettement inférieures à celles de l'herbe ou des foin ou ensilages qu'elle est amenée à remplacer dans un contexte de pénurie (voir tableau 1). Afin d'assurer une bonne ingestibilité de ce fourrage par les animaux auxquels elle est distribuée, quelques recommandations doivent être respectées. (**Devun, 2011**)

**Tableau 4 : Principales valeurs nutritives des pailles de blé et d'orge (/kg de MS) (INRA, 2007)**

	UFL	UFV	PDIA	PDIN	UEL	UEB
Paille de blé	0,42	0,31	11	22	4,6	1,8
Paille de d'orge	0,44	0,33	1,2	24	1,6	1,8

### **I.3. Sources d'énergie**

#### **I.3.1. Les céréales**

##### **I.3.1.1. L'orge (*Hordeum vulgare*)**

L'orge occupe le quatrième rang dans la production céréalière mondiale avec 136 millions de tonnes en 2007 (**Taner et al, 2007**).

Sa valeur énergétique moyenne est de 2700 à 2800 Kcal/Kg MS (tableau 5) avec un profil en acides aminés mieux adaptés aux besoins des animaux que celui du maïs ou du blé, en effet, ses niveaux en lysine et en méthionine + cystine représentant respectivement 3,6% et 3,9% des protéines (**Ben Abdeljelil, 1999**)

Selon une étude sur le poulet de chair, l'utilisation de l'orge dans la formule a permis une économie de 14% et 16% de maïs pour les phases de croissance et finition par rapport au témoin, et la réduction du cout de production d'un kg de viande blanche en faveur du lot alimenté avec l'orge (**ITELV, 2012**)

Selon Ben Yousef *et al.* (2001), cette céréale joue également un rôle de soudure dans les calendriers fourragers entre le mois d'Octobre et Février, ce qui lui permet de couvrir une période où la majorité des espèces fourragères pluviales ne sont pas encore productives.

##### **I.3.1.2. Le Maïs (*Zeamays*)**

Le grain de maïs est essentiellement destiné à l'alimentation humaine, animale et comme matière première dans de nombreuses industries agroalimentaires.

La composition chimique du maïs peut varier en fonction de la variété, du sol et des conditions climatiques (**Cromwell et al., 1999**), ce qui influence les caractéristiques nutritionnelles des grains (**O'quinnet et al., 2000**). Sur le plan nutritionnel, il a une teneur faible en protéines (en moyenne de 9 à 10%). il en résulte que la qualité nutritionnelle du grain de maïs est relativement plus faible que celles de l'avoine (13%) et du blé (12%). Toutefois, la création des hybrides a permis d'améliorer la teneur en protéines de maïs (**Bruns et Abbas, 2005**).

**Tableau 5: Constituants biochimiques de l'orge en % de matière sèche (Alliosio-Ouarnier, 1999).**

Constituants chimiques	Teneur en % du poids sec
Glucides :	
✓ Amidon	78-85
✓ Saccharose	63-65
✓ Sucres réducteurs	1-2
✓ Polysaccharides solubles dans l'eau (gommes)	0.1-0.2
✓ Polysaccharides solubles dans les solvants organiques (hémicelluloses)	1-1.5
✓ Cellulose	8-10
✓ Autres	4-5
Lipides	1
Acides nucléiques	2-3
Sels minéraux	0.2-0.3
Autres	0.2
	5-6

**Tableau 6 : Composition du maïs (Rouanet 1984)**

Constituants	Composition
Hydrate de carbone	80%
Protéines	10%
Lipides	4,8%
Fibres	3,5%
Minéraux	2,0%

Le maïs possède une valeur énergétique qui est la plus élevée parmi toute les céréales cela revient à sa richesse en amidon. Cependant, ses protéines présentent un profil en acides aminés très déséquilibré, plus particulièrement, pour la lysine et en tryptophane avec un excès en leucine (Beccart et al. 2000).

### **I.3.1.3. Le sorgho (*Sorghumbicolor*)**

Plante d'origine tropicale, le sorgho a conquis les régions subtropicales et tempérées au point de devenir la 5<sup>ème</sup> céréale mondiale. Si en zone tempérée il est d'abord cultivé pour l'alimentation animale, dans les régions tropicales il est essentiellement cultivé pour son grain Destiné à l'alimentation humaine (SANON, 2009)

En Algérie l'introduction du sorgho dans les rations fourragère peut être d'une grande utilité en élevage lait, le sorgho s'avère un bon complément des rations les plus acidogènes à base de maïs très riche en amidon (> 36-37 % d'amidon). En effet, le sorgho contient peu d'amidon, surtout les variétés n'ayant pas de grains (mâle stérile) (sensibles à la photopériode) il présente une composition chimique (tableau 7) similaire à celle du maïs, mais avec un taux de protéines et une valeur énergétique légèrement supérieurs (**Belaid, 2014**).

**Tableau 7 : Composition chimique du Sorgho (FAO, 1995).**

Céréale	Protéines (%)	Matière grasse (%)	Cendre (%)	Fibre brute (%)	Amylose (%)	Sucres Solubles (%)	Amidon (%)
Sorgho	4,4-21,1 (11,4)	2,1-7,6 (3,3)	1,3-3,3 (1,9)	1,0-3,4 (1,9)	21,2-30,2 (26,9)	0,7-4,2 (26,9)	55,6-75,2 (69,5)

### **I.3.1.4. Le blé (Triticum)**

Le blé est une céréale appétent, hautement digestible, faible en fibre et surtout riche en amidon rapidement fermentescible. Sur une base de matière sèche, la valeur énergétique de cette céréale (exprimée en énergie métabolisable, [EM]) est généralement similaire à celle du maïs et supérieure à l'énergie retrouvée dans les autres céréales, telles que l'avoine et l'orge. Le blé contient également plus de protéines que la plupart des céréales utilisées couramment en production animale et présente le meilleur équilibre en acides aminés essentiels.

Bien que le blé présente des caractéristiques nutritives très intéressantes, son incorporation dans les rations demande plus de précautions que les autres céréales disponibles sur le marché. En effet, la faible quantité de fibres présentes dans le grain de blé et la haute vitesse de dégradation de son amidon en limitent l'utilisation dans les rations animales. (**Johanne, 2007**)

**Tableau 8 : Recommandations pour l'alimentation du bétail (Foreman, 1989).**

Espèces	Niveau d'alimentation ou de substitution du blé
Bovins	Jusqu' a 25 % de l'apport de MS
Ovins	Jusqu' 'a 35 à 40 % de la ration des céréales

### **I.4. Les sous-produits des industries agro-alimentaires**

Les sous-produits étudiés dans notre recherche sont les sous-produits disponibles en Algérie et qui peuvent être utilisés par les éleveurs. On peut citer les suivants :



### **I.4.1. Les grignons d'olive**

Les grignons d'olive sont les résidus de l'extraction d'huile d'olives obtenu soit par pression soit par centrifugation. La production des grignons d'olive variées d'une année à l'autre en fonction de la production d'olives, elle est estimée par Ramos et al ; 1982 (Zaïdi, 1983) à 36 000 Tonnes/an. Les grignons d'olive sont formés de 30% d'eau et 62% d'élément solides (coque 41% et pulpe 21%) (Kayouliet *al.*, 1990)

Les grignons d'olive peuvent être incorporés dans l'alimentation des ruminants seuls dans la ration de base ou associés à d'autres sous-produits (fientes, mélasse). Ils peuvent être utilisés à l'état frais, déshydraté ou ensilé. Les quantités distribuées ne doivent en aucun cas dépasser 30% de la ration totale (ANONYME., 2001).

- ✓ Vache laitière : 4 à 5 Kg
- ✓ Jeunes bovins : 2 à 3 Kg
- ✓ Ovins et caprins : 0,5 à 01Kg

### **I.4.2. la drêche de brasserie**

Les drêches de brasserie sont des sous-produits de grande qualité issus de la fabrication de la bière. Elles peuvent être intégrées en tant qu'aliment protéique végétal dans les rations des animaux, utilisées fraîches ou ensilées ou bien séchées (Cherifi, 2018).

Les drêches de brasseries ont une bonne valeur énergétique (0,93 UFL et 0,85 UFV/Kg de MS) grâce en particulier à leur teneur en matières grasses (08 à 09% de MS) (Boessinger, et al., 2005 ). Leur fraction protidique possède la particularité d'être peu dégradable dans le rumen (45%), ce qui explique leur teneur appréciable en PDIA (15,5% de la MS).

Elles peuvent être consommées jusqu'à près de 2,5 % du poids vif. L'utilisation des drêches des brasseries augmente la production laitière et réduit le coût de la production (Douadi, 2002, Cherifi, 2018),

**Tableau 9 : La valeur énergétique des drêches de brasserie (INRA., 1988,)**

	<b>Ruminants UFL</b>	<b>Ruminants UFV</b>	<b>EM volailles Kcal/Kg</b>
Orge	1,14	1,13	3190
Drêches de brasseries	0,92	0,84	2570



### **I.4.3. La mélasse**

Selon Cheref (1995), la mélasse est un aliment de très haute valeur énergétique, du faite de sa richesse en glucides fermentescibles (60 à 65% de glucides solubles dont la majorité est représentée par le saccharose), elle est pauvre en Ca, et P et en Vit B, mais elle est riche en Na, K. Selon **Laliaoui (1993)**, la mélasse est un produit très digestible, ses sucres ont un coefficient de digestibilité apparente proche de 100%

### **I.4.4. Les déchets de tomate**

La pulpe de tomate est le résidu de tomate pressée pour l'extraction de jus (résidu de la fabrication du concentré et de jus de tomate) .Elle est composée de peaux (46%), pépins et pédoncules (54%) et parfois mélangée à des feuilles de tomate. Les pulpes des tomates sont riches en parois cellulaires peu digestibles mais leur valeur énergétique bénéficie de leur forte teneur en matière grasse (11 % de matière sèche). Elles sont essentiellement utilisées sous forme d'ensilage (70% de MS).

### **I.4.5. Les sous-produits des agrumes**

Les sous-produits des agrumes sont obtenus après extraction du jus, les sous produits obtenus sont constitués de trois (03) fractions : l'épiderme du fruit, la pulpe proprement dite et les pépins. Les pulpes d'agrumes possèdent une faible valeur protéique mais a une valeur énergétique élevée étant riche en sucres en pectines et en parois peu lignifiées (**Rabemanant, Auguste Alain .,1988** )

### **I.4.6. Son de blé**

Ce produit est obtenu au cours des opérations de transformation du blé en farine blanche destinée à l'alimentation humaine. Le son est particulièrement constitué du tégument externe du grain qui renferme des glucides pariétaux peu digestible pour la volaille. (**Leslie Jacquemin, 2012**)

Le son de blé est une bonne source d'acide linoléique, Il présente un contenu appréciable en protéines, composantes principales de l'albumen. Par conséquent, son contenu en lysine est le double de celui de la graine du blé elle-même (tableau 10). Le son de blé présente une valeur énergétique égale à 1750 kcal/kg et un coefficient de digestibilité des protéines de 76%. (**Jacquemin, 2012**)

**Tableau 10 : Composition nutritive de son de blé (Jacquemin, 2012)**

Matières sèche (%)	Protéines brute(%)	Cellulose brute (gr /Kg)	Calcium (gr/Kg)	hosphore (gr/Kg)	Energie métabolisable (Kcal/Kg)
91.44	16.65	10.32	0.16	1.49	1700

## **I.5. Les plantes aquatiques**

### **I.5.1. Les lentilles d'eau (*Lemnaspp.* )**

*Lemna minuta* est originaire de régions tempérées et subtropicales de l'Amérique du Nord et du Sud. *Lemna minuta* a été introduite de manière accidentelle avec des plantes aquatiques d'ornement, des poissons et d'autres espèces utilisées en aquariophilie. (Gtibma, 2016)

Les lentilles d'eau poussent à des températures d'eau comprises entre 6 et 33 °C (Lenget *al.*, 1995). Elles sont riches en eau (92 – 94 % de la MS) et contiennent peu de fibres. Elles sont très digestibles même pour les animaux monogastriques. Elle sont composés de 15 et 25 % de protéines et entre 15 et 30 % de cellulose brutes. Les variétés sélectionnées ont entre 35 et 43 % de MAT et entre 5 et 15 % de cellulose brute (Lenget *al.*, 1995).

### **I.5.2. *Spirulina platensis***

*Spirulina* est une cyanobactérie, filamenteuse, multicellulaire, qui représente le micro-organisme photosynthétique le plus abondant et commun des lacs Saumâtres de l'Afrique centrale et du Mexique. Ce microorganisme a la particularité de posséder une teneur élevée en protéines, qui peut dépasser 60% du poids sec de l'algue. De plus, plusieurs propriétés utiles caractérisent cette cyanobactérie, à savoir la présence de vitamine B1, de  $\beta$  carotène, d'acides gras insaturés (acide linoléique) et d'une protéine bleue fluorescente alimentaire: la phycocyanine, qui constitue une source prédominante de stockage d'azote (OuldBellahcenet *al.*, 2013).

La spiruline, pourrait être un complément alimentaire de qualité (Benahmedet *al.*, 2011) et pourrait être incorporé dans les formules alimentaire de poules pondeuses, poulets, vaches chevaux de course, poissons, crustacés, larves de crevettes, etc. Elle améliore leur santé, leur apparence, leur qualité ou leurs performances (Banks, 2007)

### **I.6. Les insectes**

Les insectes constituent l'alimentation naturelle de nombreux poissons et de nombreuses volailles. Leur utilisation doit d'être reconsidérée dans l'alimentation de certaines espèces de poissons et de volailles (**Arnold, 2014**).

Parmi les espèces les plus prometteuses pour la production d'aliments pour les animaux, il faut citer les mouches soldat noires, les asticots de la mouche domestique, les vers à soie et les vers de farine. Les sauterelles et les termites sont aussi prometteurs, mais dans une moindre mesure. Jusqu'à présent, ces espèces ont été les plus étudiées et sont les plus citées dans la littérature. (**Arnold, 2014**).

***Chapitre II :généralité et  
l'intérêt de l'azolla en  
nutrition animale***



## **II.1. Définition**

L'Azolla est une fougère aquatique qui flotte à la surface des eaux calmes, tempérées ou tropicales. Il abrite les cyanobactéries du genre *Anabaena*, qui ont des propriétés fixatrices d'azote, c'est-à-dire qu'elles convertissent l'azote moléculaire de l'atmosphère en azote fixe que les plantes peuvent absorber. La présence d'Azolla dans les rizières peut fournir des composés organiques et azotés et aider à la fertilisation des sols. (Reynaud-Adrien *et al.*, 1985)



**Figure 4:** Fougère d'azolla (Chilali et Haddad ,2022)

### **II.1.1. Morphologie**

*Azolla pinnata* mesure de 1 à 3 cm. Ils consistent en un rhizome primaire avec des branches secondaires qui portent elles-mêmes des rhizomes près des extrémités dégénérées. L'aspect général est triangulaire et en forme d'oreille. Racines adventives de 1 à 3 cm de long, couvertes de poils absorbants, disposées en grappes, à long chapeau,

situées sous les branches secondaires .Les feuilles de Azolla sont constituées de deux feuilles : la feuille dorsale de chlorophylle, qui contient des micro-organismes fixateurs d'azote dans la cavité. et la feuille ventrale, qui assure le flottement des feuilles (Reynaud-Adrien *et al.*, 1985).

### **II.1.2. Taxonomie**

Le genre Azolla est l'unique représentant de la famille des Azollacées (ONG RAMILAMINA, 1995).. Il appartient à

- ✓ L'embranchement :Ptériolophytes.
- ✓ Classe :Filicinées.
- ✓ Ordre :Savliniales

Il existe sept (7) espèces, qui, en fonction de critères morphologiques (morphologie des formes végétatives -frondes -et des organes reproducteurs), sont divisées en deux sections: les Azolla et les Rhizosperma (Schramm et Rakotonaivog, 1987)

La section Azolla regroupe 5 espèces

- ✓ Azollacaroliniana
- ✓ Azollamexicana
- ✓ Azollamicrophylla
- ✓ Azollafiliculoide
- ✓ Azollarubra

La section Rhizosperma regroupe 2 espèces :

- ✓ Azollanilotica
- ✓ Azollapinnata

L'Azollapinnata comprend deux (2) variétés :

- ✓ pinnata var. pinnata
- ✓ pinnata var. imbricata

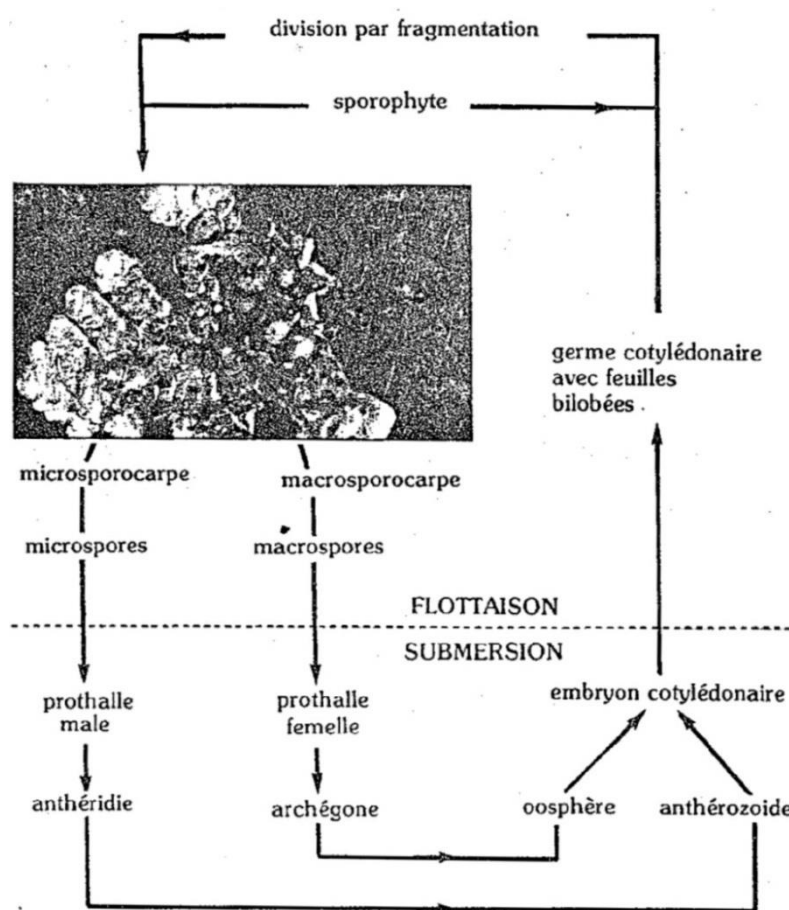
### **II.2.Le cycle de reproduction**

Comme pour toutes les fougères, on distingue pour Azolla une reproduction végétative et une reproduction sexuée. Dans les conditions de reproduction végétative, lors- que la fougère atteint environ 1 à 2 cm de diamètre, les ramifications les plus âgées se détachent et donnent naissance à des frondes isolées plus petites. Durant cette phase, l'Anabaena se

reproduit de façon synchrone avec l'hôte. Dans les conditions optimales de croissance végétative, le temps de doublement est de 2,5 jours pour *A. pinnata* var-*africana*. (Reynaud *et al.*, 1985)

Lorsque les conditions environnementaux deviennent défavorables, le cycle de reproduction sexuée est initié. Il se forme sous la fougère des spores mâles (mégaspores) et des spores femelles (microspores) qui constituent des formes de survie d'Azolla (Reynaud *et al.*, 1985) (Figure 06 ).

La fécondation du gamète femelle par le gamète mâle redonne naissance à une jeune plantule. Durant cette phase, la continuité de l'association entre la ptéridophyte et la cyanobadérie est assurée par la présence de spores &Anabaena (ou akinètes) dans les mégaspores d'Azolla (Reynaud *et al.*, 1985)



**Figure 5 : Schéma de la reproduction sexuée et végétative d'Azolla (Raolina Bruno Alain, 1995)**

### **II.3. Symbiose avec une cyanobactérie**

Selon **Reynaud et Franche, 1985**. L'*Anabaena* symbiotique de *L'Azolla* est localisée dans une cavité située dans le lobe dorsal de la fronde de *L'Azolla*. Cette cavité est formée par une dépression de la partie ventrale de la feuille en croissance : les filaments d'*Anabaena* y sont ensemencés à partir de la colonie d'*Anabaena* associée au méristème apical de *L'Azolla*. Lors de la maturation de la feuille, une double rangée de cellules épidermiques emprisonne le symbiote fixateur d'azote (**Schramm, 1987**).

Dans les cavités matures fermées, les cellules d'*Anabaena* se répartissent à la périphérie de la cavité. Celle-ci est limitée par une membrane et pénétrée de poils qui assurent l'échange des composés azotés et carbonés entre la plante hôte et le symbiote. L'intérêt principal de la symbiose *Azolla-anabaenaAzollae* réside de sa faculté de fixer l'azote atmosphérique par l'intermédiaire d'une cyanobactérie diazotrophe, capable d'utiliser le diazote (N<sub>2</sub>), vivant en symbiose avec la fougère (**Schramm, 1987**).

D'après **Van Hove (1989)**, cette symbiose est héréditaire. Contrairement à ce qui se passe dans d'autres symbioses diazotrophes, telles que celles entre les légumineuses et le rhizobium, l'association entre *L'Azolla* et *AnabaenaAzolla* est permanente, c'est-à-dire que *Anabaena* est présente dans *L'Azolla* à toutes les phases de sa vie et est transmise automatiquement d'une génération à l'autre, que la multiplication soit de type sexué ou végétatif. C'est la seule symbiose connue d'une espèce de cyanobactérie, *Anabaena*, avec une fougère aquatique. *AnabaenaAzollae* ne peut être retrouvée à l'état libre.

### **II.4. Les conditions de culture de l'azolla**

Les conditions de croissance de l'azolla demandent une bonne maîtrise de l'eau, de l'intensité lumineuse, des températures, des éléments nutritifs et une protection antiparasitaire. (**Raolina Bruno Alain, 1995**)

#### **II.4.1. L'eau**

*L'Azolla* est particulièrement sensible au manque d'eau, en raison, semble-t-il, de la structure particulière de ses stomates qui ne permet pas le contrôle de la transpiration. En l'absence d'eau, la plante meurt en l'espace de quelques heures. Une lame d'eau n'excédant pas quelques centimètres est favorable à la croissance, d'une part parce qu'elle assure une bonne nutrition minérale, les racines se trouvant à proximité du sol, d'autre part parce qu'elle réduit les effets du vent.



D'une manière générale, l'Azolla requiert un renouvellement régulier de l'eau, un plan d'eau calme avec un courant faible. (Raoelina Bruno Alain, 1995)

### **II.4.2. vent**

Le vent provoque l'accumulation des Azolla dans une zone du plan d'eau, créant un état de surpopulation prématurée et freinant donc la croissance (Raoelina Bruno Alain, 1995)

### **II.4.3. Température**

La température est l'un des facteurs majeurs de la croissance de l'Azolla. Vu en large distribution géographique, le genre Azolla possède des écotypes adaptés à une grande diversité de conditions thermiques.

En général, l'optimum se situe aux environs de 25°C pour toutes les espèces, la température minimale est de 15°C et la température maximale est de 35°C. Ces températures ne sont pas toujours vraies car il y a certaines souches qui peuvent résister à des températures de moins de 10°C ou de plus de 40°C, mais la tolérance aux températures extrêmes est rare. Le degré de tolérance aux températures extrêmes varie en fonction des variétés (Raoelina Bruno Alain, 1995)

### **II.4.4. La lumière**

Selon VAN HOVE C. 1989, la vitesse de croissance de l'Azolla augmente avec l'intensité lumineuse jusqu'à 1000 u Einstein<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, ce qui correspond à environ 50 kix ou encore 50 de l'intensité lumineuse naturelle maximale, au-delà, elle reste constante ou diminue progressivement en fonction d'interactions mal définies avec d'autres paramètres écologiques.

Pour limiter les effets de l'intensité lumineuse en azolliculture, il est souhaitable de planter des arbustes ou des arbres dans les périphéries du lieu de culture.

### **II.4.5. Le pH**

L'Azolla est une plante particulièrement peu sensible au pH. Il croit de manière satisfaisante dans une gamme de pH allant de quatre (4) à dix (10) (Raoelina Bruno Alain, 1995)

### **II.4.6. La salinité**

Les informations concernant la tolérance à la salinité de l'Azolla sont encore fragmentaires. D'après **Van Hove (1989)**, la salinité affecte plus rapidement l'anabaena que l'Azolla et peut donc donner lieu à la production d'Azolla dépourvu d'anabaena, ce qui est inefficace pour la fixation de l'azote.

### **II.4.7. La nutrition minérale**

La composition du milieu influe fortement sur la valeur alimentaire de l'Azolla et aussi sur sa croissance. (**Raelina Bruno Alain, 1995**)

### ❖ 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. On sait par ailleurs que l'azote minéral ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) toujours présent en concentration plus ou moins élevée dans le milieu, inhibe la nitrogénase. Il faut noter cependant 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. (**Raelina Bruno Alain, 1995**)

### ❖ Phosphore

D'après **Van Hove (1989)**, de tous les éléments essentiels, c'est le phosphore qui limite le plus souvent 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 assurée, 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.

Selon **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, il est aussi pour la fixation de l'azote (**Ramilamina, 1995**)

### ❖ Potassium

Il y a un effet positif de l'application de potassium sur la croissance de l'azolla. Selon **RABESON R., RAZAPINJARA A.L., RAKOTOARISOA J. (1987)** La carence en potassium provoque des taches brun-jaunâtre dans certaines parties du corps, bien qu'en général aucun changement de couleur ne soit observé, mais il y a une légère diminution de productivité.

### ❖ Fer - calcium- Magnésium

A part le phosphore, le calcium et le fer semblent être les principaux 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.

D'après Rabesonet *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 *Azollapinnata*, de *Azollacaroliana*, et de *Azollamicrophylala*). Il existe par ailleurs une réduction de la biomasse.

### II.5. Composition chimique d'Azolla

La teneur en protéines de l'Azolla est proche de celle du soja (Liu *et al.*, 2010). Comparativement aux autres plantes aquatiques (*Ipomea aquatica* et *Lemnaminor*), l'Azolla contient approximativement la même quantité de protéines (27,5 % en moyenne), mais elle est plus riche en parois végétales (47,3 % en moyenne). L'Azolla contient en moyenne 5 g lysine/100 g protéines et a un profil en acides aminés relativement bien équilibré (Leterme *et al.*, 2009).

#### II.5.1. La farine d'Azollapinnata

Il ya peu de travaux qui ont étudié la valeur nutritive de l'azolla en alimentation animale, néanmoins, selon l'espèce à considérer la composition chimique de l'azollapinnata a été rapporté dans le tableau 01.

**Tableau 11** : La composition chimique de la farine d'Azolla pinnata (Alalade *et al.*, 2006).

Composition chimique en %	Protéines brutes	fibres brutes	fibres brutes	cendres	glucides
La farine d'azollapinnata	21,4	12,7	2,7	16,2	47,0

#### II.5.2. Azollapinnata sèche

L'analyse chimique d'Azollapinnata séché au soleil pendant 3 jours est donnée dans le tableau 12.

**Tableau 12** : La composition chimique d'Azollapinnata séché (Shamna, 2013)

Composition chimique en %	MS	PB	d'extrait à l'éther	Fibres brutes	d'azote libre	Cendres totaux	Ca	P
Azollapinnata séché, %	88,08	25,46	2,66	14,08	41,58	15,5	2,25	0,40

### **II.6. Utilisation de l'azolla**

#### **II.6.1. Utilisation en alimentation animale**

Il est utilisé depuis de nombreuses années dans toute l'Asie et dans certaines régions d'Afrique pour nourrir les porcs, les canards, les poulets, les bovins, les poissons, les moutons et les chèvres et les lapins (**Rajesh, 2020**).

#### **II.6.2. Utilisation en alimentation de poulets**

Il est reconnu depuis longtemps, comme un aliment pour la volaille aux États-Unis, Chine et le Vietnam. En Inde, **Subudhi et Singh (1978)** a conclu que l'Azolla frais pourrait remplacer environ 20 % des aliments commerciaux dans l'alimentation des jeunes poulets. Ils ont estimé que pour remplacer l'aliment commercial, il faudrait environ 9 kg d'Azolla frais chaque jour pour 100 poulets et que cette quantité pourrait être produite dans un étang peu profond 60 m<sup>2</sup> (**Rajesh, 2020**).

En outre il a été montré que les poulets recevant une alimentation classique supplémentée avec 5 % de plus sous forme d'Azolla avaient une croissance plus rapide que ceux qui ont ingéré l'aliment commercial seul. Ainsi la conversion alimentaire des animaux et l'efficacité énergétique ont été considérablement améliorées (**Rajesh, 2020**).

#### **II.6.3. Utilisation en alimentation du lapin**

D'après **Van Hove (1989)**, les recherches portant sur l'introduction de l'Azolla dans l'alimentation du lapin sont très récentes et n'ont pas encore donné lieu à des applications en milieu paysan. Les résultats préliminaires sont cependant encourageants et permettent de penser que, moyennant un choix approprié d'espèces, base tant sur la valeur nutritive que sur les qualités organoleptiques, l'Azolla pourrait être introduite à raison de 20 à 30% dans la ration alimentaire.

#### **II.6.4. Utilisation pour vaches laitière**

Il peut être administré directement ou mélangé avec des concentrés aux bovins, volailles, moutons, chèvres, porcs et lapins. Dans les études menées auprès de plus de 100 producteurs laitiers dans divers villages d'Inde, la distribution d'Azolla à raison de 800 grammes (poids frais) en moyenne par jour, a amélioré la production mensuelle de lait d'au moins 10 litres par vache (**Rajesh, 2020**).

Enfin, l'azolla pourrait être considérée comme la plante aquatique la plus prometteuse pour l'alimentation du bétail en raison de sa facilité de culture, de productivité et de valeur

nutritive. L'utilisation d'Azolla comme aliment pour le poisson, le porc et la volaille a également été testée et a recommandé qu'un hectare d'Azolla puisse produire 540 à 720 kg de protéines par mois (**Rajesh, 2020**).

La composition d'Azolla en fait l'un des substituts alimentaires les plus économiques et les plus efficaces pour le bétail, il est mieux digéré par le bétail en raison de sa teneur élevée en protéines et en faible teneur en lignine (**Rajesh, 2020**).

### **II.6.5. Alimentation des poissons**

**Lumpkin et Donald (1982)** ont mentionné azolla est l'aliment préféré de nombreux poissons herbivore. Cependant, d'après **VAN HOVE (1989)**, l'Azolla est mangé par une variété de poissons qui la préfère souvent aux autres plantes aquatiques. C'est cas typique des espèces macrophages telles que tilapia rendalli ou tenopharyngodonidellus mais aussi au contraire, les poissons omnivores ou planctoniques tels que Oreochromis niloticus (= Tilapia nilotica) ou cypriuscarpio.

Dans le premier cas, L'azolla contribue directement à concernant le poids du poisson ; dans le second cas, le poisson a peu profité de l'apport de l'Azolla mais leurs excréments enrichissent l'environnement et permettent par conséquent, la prolifération de l'organisme sera inversée mangé par les poissons (**Lumpkin et Donald, 1982**)

### **II.6.6. Aliments pour volailles et lapins**

La volaille et les lapins sont parfaits pour manger du l'Azolla. Seul, le taux d'incorporation du l'Azolla dans les rations varie selon la race.

Pour les poules et les poussins, Selon **RAMILAMINA (1995)**, peut être remplacé jusqu'à 253 rations commerciales et une canette frais à raison de 100 à 300 g/jour âge de la poule .À propos des canards et des oies, l'Azolla peut également consommer dans les rizières et les étangs trouvé sur le chemin de l'animal.

Dans ce cas, il faut prendre certaines précautions car le taux de protéines ingérées est important et favorise le gain de poids au détriment de la capacité de ponte (**ONG RAMILAMINA, 1995**) et le taux d'incorporation du l'Azolladans l'alimentation peut être est 10, 20, 30 ou 40% (**VAN HOVE c.,1989**) est mentionné que les oies peuvent recevoir 500 grammes par jour ajouter 1000g de l'Azolla frais à leurs rations.

D'après **VAN HOVE C. (1989)**, les recherche à propos de l'introduction de l'Azolla dans l'alimentation des lapins sont tous récents, n'ont pas causé demande agricole. résultat préliminaire cependant, c'est encourageant et nous fait penser que, sous réserve d'un choix

approprié des essences, fondé à la fois sur la valeur nutritionnelle est supérieure à la qualité sensorielle. Azolla peut être utilisé à 20% à 30% rations. Autre auteur, (**ONG RAMILAMINA, 1995**) ont trouvé d'autres taux de fusion (20, 40 et 60%), mais il y avait un problème d'équilibre alimentaire.

### **II.6.7. Autres usages**

#### **II.6.7.1. Alimentation humaine**

Plusieurs auteurs, comme **Lumpkin et Donald (1982)** et **VAN HOVE C. (1989)**, cités dans leur ouvrage application de l'Azolla dans la nutrition humaine assurez-vous qu'il n'y a pas d'indigestion.

Selon **Van Hovb (1989)**, plusieurs recettes le fond d'Azolla est une soupe très savoureuse, des boules viande et l'Azollafrites ou cuites à l'eau, etc. Cependant, des précautions doivent être prises pour s'assurer que la culture dans des conditions d'hygiène satisfaisantes.

#### **II.6.7.2. Plante médicinale**

Selon **raoelina ,1995** Sur la base de nos sondages et entretiens en milieu urbain et rural, de nombreuses personnes utilisent l'Azolla pour traiter les maladies cardiaques. Nous leur avons même demandé. NOUS même leur a demandé de se préparer : essuyer une main l'Azolla lavé, laisse tomber, puis bouilli dans 1L d'eau, utilisez enfin cette solution comme boisson.

#### **II.6.7.3. Insecticide**

Le tapis d'Azolla n'empêche pas seulement le développement des mauvaises herbes, comme nous avons déjà vu auparavant, mais aussi celui des mouches en inhibant l'émergence des mouches adultes qui proviennent des larves, leur prolifération ou "L'ovipositeur", d'où la mortalité par l'immaturité des mouches peut atteindre 42-45% (**Kulasooriya, 1987 et Van Hove et al., 1983**)

### **II.7. Forme de présentation de l'azolla pour l'alimentation animale**

L'Azolla peut être utilisée sous 3 formes : fraîche, séchée et ensilée.

#### **II.7.1. Azolla fraîche**

Selon **Van Hove (1989)** ; ce mode de représentation ne nécessite aucune transformation et ne provoque aucune mutation des composants.

**II.7.2. Azolla Sèche**

Le séchage dans de bonnes conditions (au soleil) ne modifie que peu la valeur nutritionnelle plante. Le séchage doit être effectué dans un endroit bien aérer, non humide et bien étalé, Plein de fines couches. Le temps de séchage varie de 3 à 4 jours selon la température ambiante (**Van Hove ,1989**).

**II.7.3. Azolla ensilée**

**Ruben ,1987** ; montrant que l'ensilage de l'azolla peut être principalement utilisé pour traiter la biomasse excédentaire produite et l'utiliser comme nourriture animal.Fermenté moins d'un mois, le produit se conserve 2 ans.



## ***Partie II : Expérimentale***



# *Matériel et méthodes*



### **I.1. Objectif**

Notre travail s'est inscrit dans la cadre de projet doctoral domicilié à la faculté SNVST, préparé par M<sup>elle</sup> BARECHE Lamia (doctorante en Science Agronomique) dont notre essai fait partie de l'une de ses thématiques portant sur l'essais de production de l'azolla, comme source alternative aux matières premières importées, en alimentation animale. Le but de notre travail est d'étudier l'effet de la solution nutritive sur le développement et le rendement en m<sup>2</sup> de l'azolla, l'objectif est de trouver des solutions nutritives bio pour une meilleure durabilité de cette plante très recommandée en alimentation animale pourrait constituer une bonne alternative aux tourteaux de soja.

A travers cet essai, nous voulons montrer la possibilité de

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

Notons que notre étude expérimental comportait initialement un essai de croissance sur la caille, qui en raison des dattes limites de soutenance nous n'avons pas inclus les résultats (essais non encore achevé).

### **I.2. Présentation de site expérimentale**

Notre expérience a été réalisée au niveau de la faculté SNVST de l'université AkliMohanedOlhadj de Bouira, au niveau de la parcelle pédagogique de Département Agronomie. Notre travail a commencé depuis Février 2022 au 23 juin de la même année.

### **I.3. Matériel utilisé**

Afin de réaliser notre essai sur le terrain nous avons utilisé les outils et le matériel suivants

- ✓ Une bâche imperméable
- ✓ Pelle, pioche cageots en plastique, seaux, tamis à sable
- ✓ balance à crochet,
- ✓ mètre ruban,
- ✓ hygromètre, PH mètre et le thermomètre



**Râteaux**



**Pioche**



**Mètre ruban**



**Tamis à sable**



**Les bottes**



**Binette**



**Une bâche**



**Tuyau arrosage**



**Cageots en  
plastique**



**Seaux**



**Arrosoir**



**Balance**



**Filet d'ombrage**



**Sulfate de cuivre**



**Hygromètres**



Azolla fraîche pour démarrage



Azolla après multiplication pour les 4 bassins



Expriment (Bovin)



Expriment (caprin)



Expriment (pigeon)



NPK

**Matériel végétal :**

L'implant de l'azolla utilisée pour notre travail a été fourni par une ferme privée privée à Alger.



### **I.3.1. Méthodes de culture**

#### **I.3.1.1. Le bassin mère**

- ✓ Le bassin mère de démarrage a reçu 250g/m<sup>2</sup> d'Azolla fraîche, a été introduite en la frottant délicatement entre les mains pour la briser en petits morceaux ce qui accélère sa multiplication (**Bhatt et al., 2020**).
- ✓ Pour favoriser la multiplication de cette fougère, nous avons appliqué périodiquement une solution nutritive (NPK+l'eau) à raison de 1litre/m<sup>2</sup>/semaine. Pour prévenir l'apparition des algues nous avons appliqué un traitement avec le sulfate de cuivre



**Préparation de bassin mère**



**La multiplication de l'azolla avec le temps**

#### **I.5.2. Les 4 bassins**



**Réalisation des bassins**

- ✓ Les bassins réalisés sont au nombre de 4 creusés pour avoir une profondeur de 30cm chacun et Les dimensions des bassins est identique soit 2m de longueur, 1,5 de largeur.

Pour une meilleure étanchéité des bassins, ont été tapissés par une double bâche en plastique (figure) afin d'éviter l'écoulement des eaux des bassins.



### Étalement des bâches dans les bassins et la mise en place de la terre fine

- ✓ Les bassins couverts de plastic ont été par la suite tapissé par une couche fine de 2 cm de la terre tamisée.
- ✓ Nous avons ajouté de l'eau aux 3/4 de leur hauteur (dans notre cas de l'eau du robinet), pour éviter que les racines de l'azolla ne s'enfouissent dans le sol et augmentent l'acidité (Mohamed et al., 2018).



### Remplissage des bassins avec l'eau et injection de l'inoculum d'azolla

- ✓ Enfin nous avons procédé à l'introduction de l'inoculum soit 250 g/1 m<sup>2</sup> d'azolla fraîche, que nous avons bien réparti dans les bassins pour favoriser sa multiplication.
- ✓ pour protéger l'azolla des aléas climatiques, plus particulièrement la chaleur, les Bassins ont été couverts avec du filet d'ombrage car selon (Cary & Weerts, 1992) l'azolla a besoin de 30% du soleil, toutefois, trop de lumière détruira la plante , (de préférence les zones sous les arbres)





**Mise en place de l'azolla et de filet d'ombrage**

### **I.3.2. Préparation de la solution nutritive**

Pour comparer l'effet des de la solution nutritive sur les rendements en azolla, nous avons préparé, à cet effet 4 solutions à savoir :

- ✓ Solution NPK.
- ✓ Fientes de volaille
- ✓ Excréments de bovins
- ✓ Excréments de caprin

Les solution bio ont été préparées à raison de 05 kg de chaque excrément dans 2 litres d'eau, laisser agir 24 h , les bassins ont été arrosés de 1 l/m<sup>2</sup> une fois par semaine par ces solutions. Par contre le bassin témoin avec NPK a reçu 3 g/m<sup>2</sup> une fois par semaine(Mohamed et al., 2018).

L'application périodique de solution nutritives à raison à raison de 1L/m<sup>2</sup>/semaine est obligatoire pour une multiplication rapide et une nutrition efficace pour l'azolla,

Toute carence en phosphore fait changer la couleur de l'azolla vers le violet ou le jaunâtre.



**La récolte d'azolla**



- ✓ Après une phase d'adaptation de 5 jours, le processus de multiplication de 2 semaines est terminé et l'auge est bien remplie pour que l'azolla soit prête à être récoltée après 1 semaine.
- ✓ 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 ou déborder sur le bassin.
- ✓ 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 effectué pour l'azolla récoltée
- ✓ 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.
- ✓ Après avoir pesé l'azolla, nous la mettons dans un endroit à l'air libre pour la sécher.



**Le séchage d'azolla**

### **I.3.3. Méthode de calcul de rendement**

La superficie de bassine de 2/1,5 m est :  $S = L \times l = 2 \times 1.5 = 3\text{m}^2$

S : Superficie ; L : longueur ; l : largeur

### **I.4. Calcule de rendement :**

Nous divisons la quantité d'azolla récoltée / la superficie de bassin 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**)

### **I.5. Mesureur et observation**

Notre expérience qui a duré 8 semaines, nous avons effectués des mesures suivantes :

- ✓ Mesure de température
- ✓ Mesure de ph
- ✓ Mesure 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).

### **I.6. 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.

Remarque :

Les figures qui nous avons réalisé dans cette partie sont des figures personnelles.

## ***Résultats et discussions***

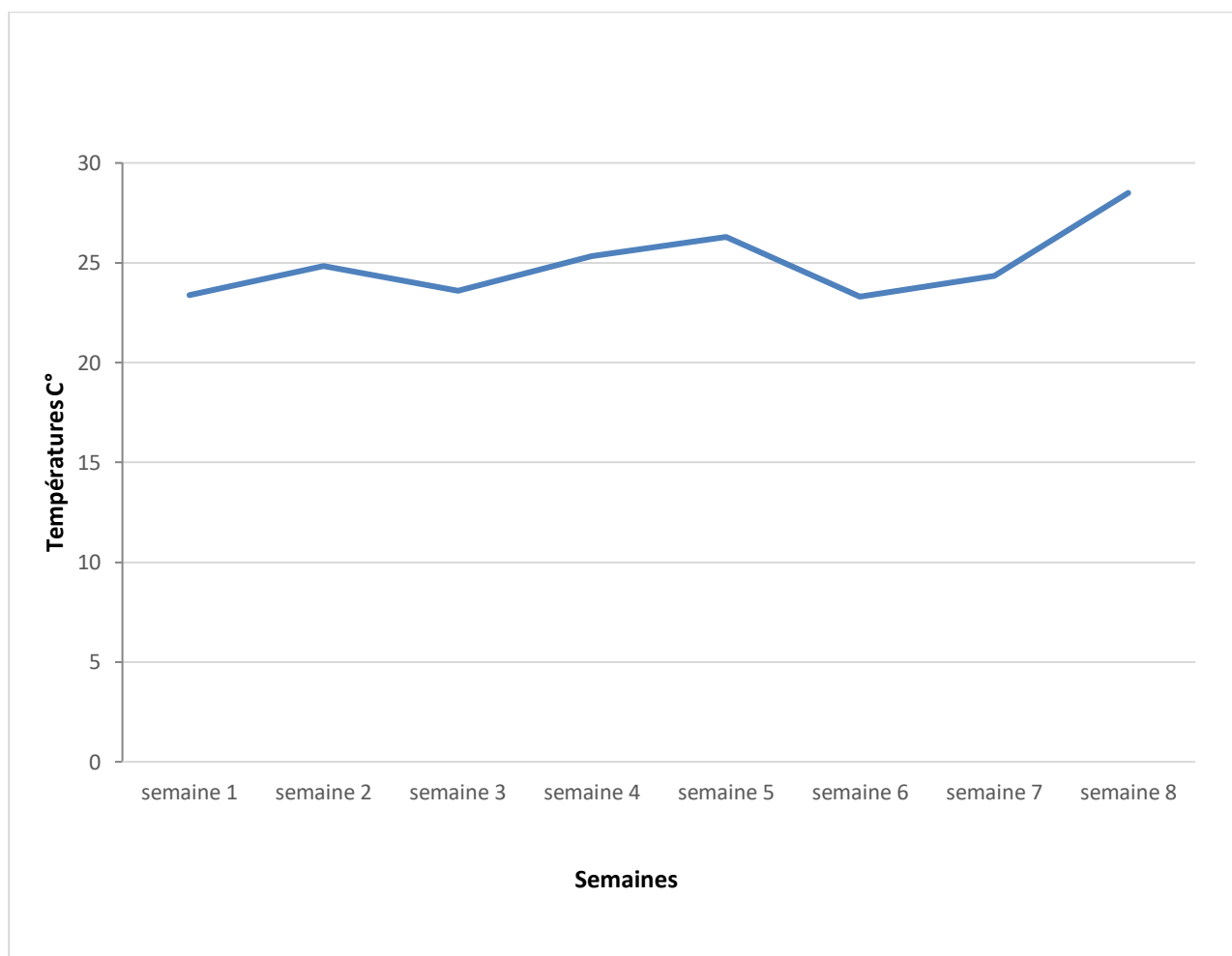


Les 4 bassins de l'Azolla ont été construits en plein air où la température et l'humidité ont été prélevées chaque jour à une heure fixe. Ainsi le niveau d'eau des bassins a été contrôlé régulièrement, l'arrosage d'Azolla se fait à une fréquence d'un jour sur deux pour maintenir un niveau de remplissage qui est de 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 4 bassins. Les résultats obtenus durant toute la période d'étude sont illustrés par la figure et tableau ci-dessous



**Figure 6:** Evolution des températures hebdomadaires des bassins pendant l'essai (°C).

**Tableau 13: Récapitulatif des T° moyennes enregistrées par les semaines pendant la période expérimentale.**

semaines	Moy (°C)
Semaine 1	23,37
Semaine 2	24,85
Semaine 3	23,58
Semaine 4	25,33
Semaine 5	26,3
Semaine 6	23,3
Semaine 7	24,35
Semaine 8	28,5
<b>Moy ±ET</b>	<b>24 ,94±1,77</b>

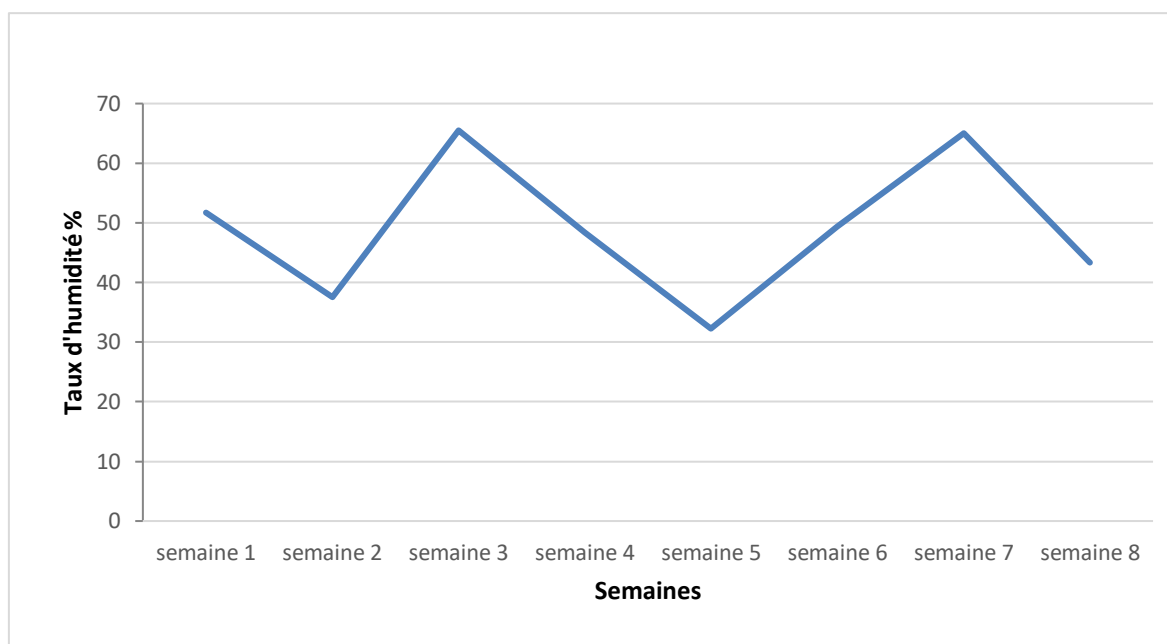
Il a été constaté que les températures varient peu tout au long de l'essai, elles oscillent entre 23,3° et 28,5°, soit une moyenne de **24 ,94±1,77**.

Nos résultats sont dans la gamme de températures idéales pour la croissance de l'azolla. En effet, **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 sont illustrés dans la figure 45 et tableau 13



**Figure 7:** Evolution des taux d'humidité hebdomadaires des bassins pendant l'essai (%)

**Tableau 14: Récapitulatif des H% moyennes enregistrés par les semaines pendant la période expérimentale**

<b>semaines</b>	<b>Moy (%)</b>
semaine 1	51,67
semaine 2	37,53
semaine 3	65,5
semaine 4	48,4
semaine 5	32,27
semaine 6	49,33
semaine 7	65,00
semaine 8	43,33
<b>Moy±ET (56J)</b>	<b>49,13±11,83</b>

Le taux moyen d'humidité enregistrée durant notre essai est de 49,13±11,83; les valeurs prélevées varient de 32,27 à 65,5% (pic enregistré à la 3ème semaine.)

Nos résultats sont en contradiction avec BECKING (1979), ce dernier 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% /jour 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 par ces variations des taux d'humidité. Ce qui nous laisse supposé que l'*Azolla* puisse s'adapter facilement aux milieux secs.

Nos résultats confirment ceux de Barecheet *al.* (2021) qui ont réalisé le premier essai préliminaire sur la culture d'*azolla* à l'air libre (travail non encore publié).

### **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 3/4 du bassin. Selon **VAN HOVE** *et al.* (1983) il est primordiale de maintenir le niveau de l'eau à 3/4 du bassin pour éviter l'augmentation du pH, la 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 8 semaines d'expérience; 7 récoltes ont été effectuées. Les quantités collectées varient selon les bassins donc selon les solutions nutritives qui ont été utilisées. L'ensemble des résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau 14 et la figure ci-dessous

**Tableau 15: La quantité de l'Azolla fraîche récolté des 4 bassins pendant l'essai. Récolte**

Date	18/04/2022	25/04/2022	02/05/2022	09/05/2022	16/05/2022	23/05/2022	30/05/2022	Totales
Récolte , kg	1	2	3	4	5	6	7	
solution <b>vl</b>	3,425	2,75	3,285	3,82	3,17	4,37	4,925	25,745
solution <b>Bv</b>	1,385	1,145	1,457	1,356	1,419	1,543	1,389	9,694
solution <b>cp</b>	1,035	1,288	1,26	1,265	1,194	1,2	1,219	8,461
solution <b>NPK</b>	2,365	2,456	2,555	2,68	2,617	2,71	2,986	18,369

**VI** : fientes de volaille ; **Bv** : fumier de vaches ; **cp** : fumier de caprin, **NPK** : engrais chimique

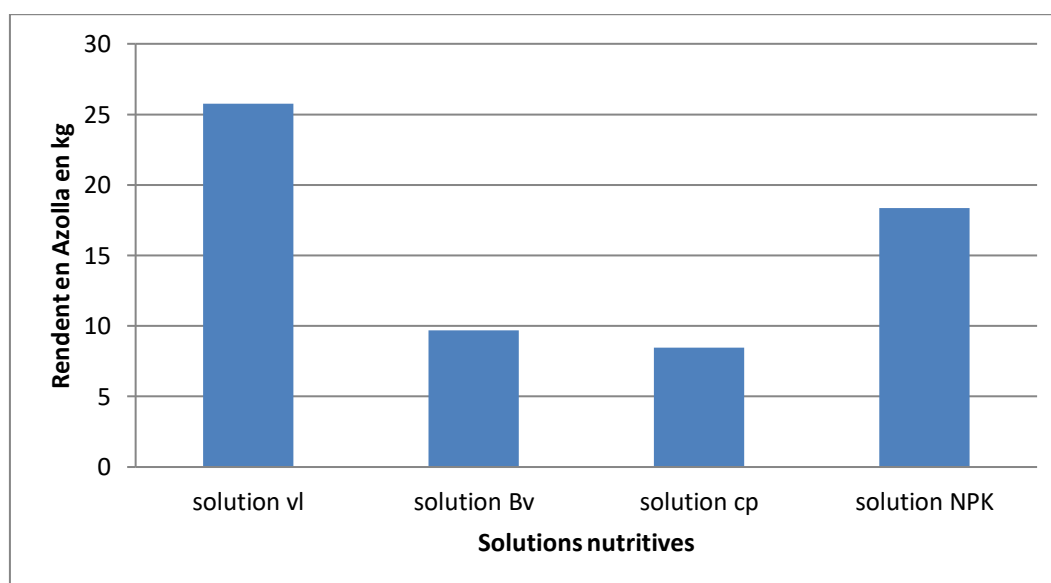


Figure 8: les quantités totales en kg de l'Azolla fraîche produite par chaque bassin pendant 8 semaines d'expérimentation

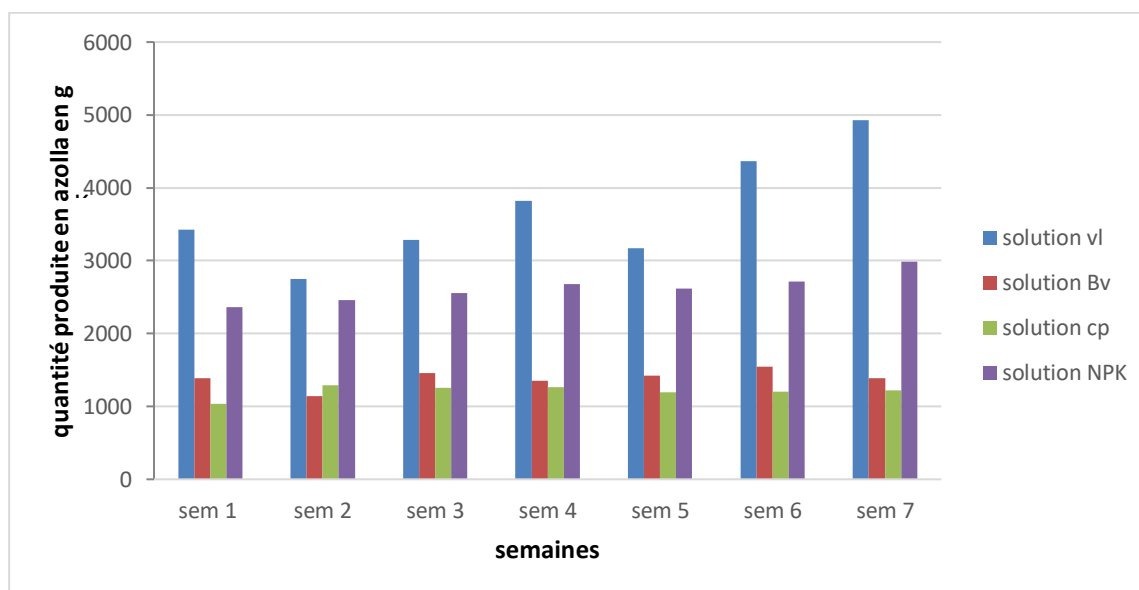
Il ressort des résultats susmentionnés que :



- ✓ Dans le bassin 01 contenant la solution nutritive à base de dissolutions de fientes de volailles. Les rendements en Azolla marquent une évolution remarquable, le total obtenu est de 25,745kg. La première récolte a permis une collecte de 3,425kg pour atteindre la valeur maximale de 4,925kg dans la dernière récolte.
- ✓ Dans le bassin 2 contenant la solution nutritive à base de dissolution de bouses de bovin. La quantité totale récoltée par ce bassin est de 9,694kg, Les quantités récoltées d'Azolla de ce bassin décroissent d'une récolte à l'autre soit de 1,145 kg et 1,543 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 1,035 à 1,288 kg. Le rendement total n'est que de 8,461 kg
- ✓ Dans le bassin 04 contenant la solution nutritive à base de solution NPK la quantité totale récoltée de ce bassin était de 18,369 kg, soit 2,365 kg pendant la première récolte et de 2,986 kg pendant la dernière récolte.

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

L'évolution des quantités produites par semaine de l'azolla par bassin (selon la solution nutritive) est illustrée dans la figure ci-dessous.



**Figure 9: Effet de la solution nutritive sur le rendement en azolla fraîche en fonction des semaines de culture.**

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 quantités récoltées augmentaient au fil des semaines, suivi par le quatrième bassin à base NPK avec 18,369 puis

vient en 3<sup>ème</sup> place le bassin 2 (bouses de bovin) avec 9,694 kg .Le rendement le plus faible a été obtenu par le bassin 3 contenant les fèces de caprin (8,461 kg)

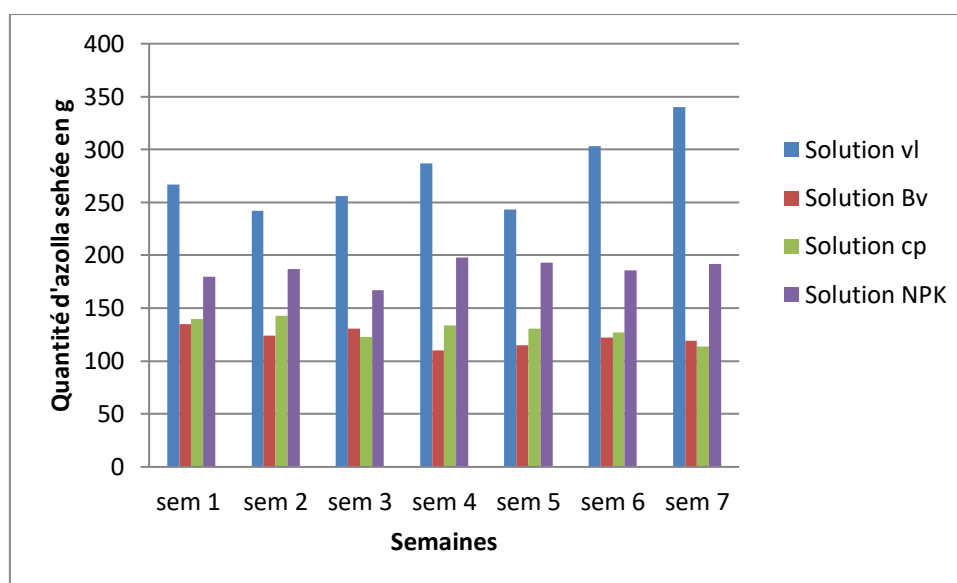
Les rendements en Azolla diffèrent entre les bassins selon la solution nutritive. Cela nous laisse supposer que la solution nutritive affecte le rendement puisque la température et l'humidité enregistrées étaient dans les normes des recommandations des auteurs.

A partir d'analyse statistique des résultats nous avons remarqué que la solution de fientes de volailles a un effet significatif ( $P < 0,05$ ) sur le rendement, ces dernières sont connus pour leurs apports en éléments nutritifs nécessaires de la croissance des cultures d'où la bonne productivité de notre azolla dans la solution VL.

### II.5. Effet de la solution nutritive sur le rendement de l'azolla séchée

La quantité hebdomadaire d'azolla fraîche récoltée par bassin a été étalée en fine couche dans un endroit ombré et sec pendant 4 jours, une fois séchée nous l'avons ramassé, pesé et mise dans des sacs pour leur utilisation ultérieur dans l'essai de croissance sur caille.

Les quantités hebdomadaires obtenues après séchage par les 4 bassins sont illustrées par la figure ci-dessou.



**Figure 10:** Evolution des rendements en azolla séchée en fonction de la solution nutritive après Une semaine de récolte

A partir de ces résultats les quantités séchées obtenues sont apportés par le bassin contenant la solution nutritive de volaille suivi de celle de NPK soit 1938g contre 13 03g (un écart de 627g. Le rendement après séchage de la fougère est de 7,52% ce qui signifie que l'azolla perds beaucoup d'eau après séchage ce qui réduit son poids de 92%.

## *Résultats et discussions*

---

Notons que l'azolla a été séchée pour l'incorporer dans l'aliment croissance chez la caille et le poulet de chair (essais non encore achevés non inclus dans notre mémoire).

Selon la bibliographie, l'avantage de sécher cette plante réside dans la possibilité de la stocker pour des utilisations ultérieures sans qu'elle perde sa valeur nutritive.

# *Conclusion générale*



### **Conclusion générale**

En guise de notre travail nous pouvons conclure que :

La culture d'azolla réalisée en plein air au niveau de notre région Bouira, a donné des résultats très intéressants. Les rendements obtenus en fonctions des différentes solutions nutritives utilisées sont comme suit 3,6 ; 1,3 ; 1,2 et 2,62 kg pour les bassins contenant les fientes de volaille, bouses de vaches, de caprin et NPK (engrais chimique) respectivement. Les fientes de volaille, ont permis un excellent résultat comparativement aux autres solutions nutritives.

La solution nutritive bio à base de fientes de volaille pourrait constituer une très bonne alternative aux engrais chimique ce qui rentre dans la sécurité alimentaire.

L'azolla pourrait être produite sans interruption par un cycle de production continu, sans système de rayonnage ni hauteur ce qui permet sa durabilité.

Cette fougère s'adapte bien à nos conditions

Il serait, pertinemment de proposer quelque recommandation, pour valoriser au mieux nos résultats.

Faire une étude très détaillée sur le milieu et les conditions de culture de l'azolla pour maîtriser ces besoins.

Réaliser des essais sur les animaux pour connaître l'intérêt zootechniques en alimentation animales.

Il serait plus intéressant de réunir diverses organisations agricoles et éleveurs pour participer à ce type d'investigation et d'organisation pendant la période de formation et de vulgarisation pour approcher les universités des acteurs de la filière.

*Références  
bibliographiques*



**Références bibliographiques**

- ✓ **ABERKANE, K., 1990** Valorisation alimentaire du grignon d'olive chez les ruminants. Mémoire d'Ingénieur Agro INA El Harrach
- ✓ **Alfosio-Ouarnier, N., 1999.** Caractérisation de la transformation de l'orge en malt par des méthodes de spectroscopie vibrationnelle, thèse de doctorat spécialité biotechnologies et industries alimentaires. INPL, Nancy.
- ✓ **Alalade OA, Iyayi EE., 2006.** Chemical composition and the feeding value of Azolla (Azollapinnata) Meal for egg-type chicks International Journal of Poultry Science, vol. 5, no. 2, pp.137-141.
- ✓ **Alfosio-Ouarnier, N., 1999.** Caractérisation de la transformation de l'orge en malt par des méthodes de spectroscopie vibrationnelle, thèse de doctorat spécialité biotechnologies et industries alimentaires. INPL, Nancy.
- ✓ **AmrouneNesrine., 2020 :** MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER, Thème Alimentation du lapin : valorisation de l'Azolla dans l'alimentation des lapins etude bibliographique ,15/10/2020
- ✓ **ANONYME., 2001** Utilisation des grignons d'olives dans l'alimentation Animale . ETELV .Algérie -**ANONYME.,2001** Utilisation des grignons d'olives dans l'alimentation Animale . ETELV .Algérie
- ✓ **Arora ET Singh., 2003.** Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of Azolla Spp. Biomass and Bioenergy 24:175-178
- ✓ **Arnold van Huis Joost Van .;** Itterbeeck Harmke Klunder Esther Mertens Afton Halloran Giulia Muir et Paul Vantomme ; Insectes comestibles: Perspectives pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE Rome, 2014 p101
- ✓ **Essai ARVALIS ,2011-2014 :** <https://www.arvalis-info.fr>
- ✓ **Becart C., Herbin A., Lefevre M.C., Molard P., Przybylski L., Rigaudiere P., Sagot N., Wavelet S., 2000.** La filière alimentation animale. DE SS Qualimapa.
- ✓ **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.

## Références bibliographiques

---

- ✓ **Belaid D. ; 2014** : Journée Technique Nationale sur le Sorgho Fourrager hybride. Exploitation de Zeralda (ex Domaine Khelouf)
- ✓ **Benabdeljelil K. ;1999**. Valorisation des orges en aviculture. Bulletin de liaison et d'information du PNTTA, transfert de technologie en agriculture, N° 55.
- ✓ **BenahmedDjilali, A., Benamara, S., Saidi N., Meksoud, A.; 2011**: Preliminary characterization of food tablets from date (*Phoenix dactylifera* L.) and spirulina (*Spirulina* sp.) powders. Journal. Powder. Technology. Vol 208, pp 725–730
- ✓ **Ben Emna, M., 1991**. Analyse du système fourrager de l'agro combinat El Alem et perspectives d'amélioration. Mémoire de fin d'études du cycle de spécialisation de l'I.N.A Tunisie. 136p.
- ✓ **Ben Jeddi, F., 2005** : *Hedysarum coronarium* L. : variation génétique, création variétale et utilisation dans les rotations tunisienne. Thèse du doctorat, Hammamet, Tunisie.
- ✓ **Ben Youssef S., M. Chakroun, M. El Felah, N. Omri . ; 2001**: Aptitude à la double exploitation de géotypes d'orge en région subhumide en Tunisie. Fourrages 168, p.509-521
- ✓ **BOESSINGER,M. ,HUG,H .,VERILA. , WYSS,U., 2005** Les drêches de brasserie ,un aliment protéique intéressant , Publication revue UFA, (Avril/2005) ; Diffusion Union Suisse des brasseurs.
- ✓ **BOUTALBI,O.,1983** : Contribution à l'étude de la valeur alimentaire des fourrages Algériens : relation entre la digestibilité in vitro, digestibilité in vivo et la composition chimique, Mémoire Magistère Agro INA El –Harrach
- ✓ **Brewbaker, JL. ; 2003** : Production de maïs sous les tropiques : l'expérience d'Hawaii. Univ. Hawaii, Coll. Tropicque. Agric. Hum.
- ✓ **Bruns H.A. et Abbas H.K., 2005: Responses** of short-season corn hybrids to a humid subtropical environment. *Agronomy Journal*97: 446-451.
- ✓ **Brunel S. ; 2012** :Géographieamoureuse du maïs, Lattès.
- ✓ **Bruns H.A. ET Abbas H.K., 2005**.Responses of short-season corn hybrids to a humid subtropical environment. *Agronomy Journal*97: 446-451.
- ✓ **Bulletin Alliance pastorale N°907 ,2020** : <http://www.alliance-elevage.com>
- ✓ **Cary, P. R., & Weerts, P. G. J. (1992)**. Growth and nutrient composition of *Azolla pinnata* R. Brown and *Azolla filiculoides* Lamarck as affected by water temperature, nitrogen and phosphorus supply, light intensity and pH. *Aquatic Botany*, 43(2), 163–180. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(92\)90041-G](https://doi.org/10.1016/0304-3770(92)90041-G)



## *Références bibliographiques*

---

- ✓ **Castillo LS.; 1983:** Feeding value of crop residues of food crops grown in rice-based farming systems, p 23. In Asian Cropping Network, Crop-Livestock Research Workshop, Los Banos, 25-28April1983,(off-print)
- ✓ **CHEREF, H.,1995** :la valeur nutritive de la paille de blé dur complétementé avec des blocs multi nutritionnels à base des sous-produits agro-industriels , et bilan azoté. Mémoire d'Ingénieur département d'Agronomie Blida
- ✓ **CHENOST, M ., 1987** : Influence de la complémentation sur la valeur alimentaire et l'utilisation des mauvais foins et des pailles par les ruminants. In les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation INRA PP 185-197.
- ✓ **CHEREF, H.,1995** la valeur nutritive de la paille de blé dur complétementé avec des blocs multinutritionnels à base des sous-produits agro-industriels , et bilan azoté. Mémoire d'Ingénieur département d'Agronomie Blida
- ✓ **Cherifi Z. 2018** . Utilisation des drêches de brasserie en alimentation du lapin. Thèse doctorat. UMMTO ; pp
- ✓ **Consoli L., 2000.** Analyse de la variabilité d'expression et de structure de gènes cibles du facteur de transcription opaque-2 chez le maïs (Zeamays L). Recherche d'association avec le polymorphisme au locus 02.Thèse de doctorat. Orsay (Paris): Université Paris XI; 101pç •
- ✓ **Cromwell G.L., Calvert C.C., Cline T.R., Crenshaw J.D., Crenshaw T.D., Easter R.A., Ewan R.C., Hamilton C.R., Hill G.M., Lewis A.J., Mahan D.C., Miller E.R., Nelssen J.L., Pettigrew J.E., Tribble L.F., Veum T.L. et Yen J.T., 1999** : Variability among sources and laboratories in nutrient analyses of corn and soybean meal. NCR-42 Committee on Swine Nutrition. North Central Regional-42. J. Anim. Sci., 77, 3262-3273.
- ✓ **Demarquilly C. 1994.** Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. INRA Productions Animales, Paris: INRA, 1994, 7 (3), pp.177-189. fahal-00896085f
- ✓ **Demarquilly., C 1994** : Factures de variation de la valeur nutritive de maïs ensilage .INRA PRO .Anim7(3),177-189.
- ✓ **Devun (Institut de l'Élevage).** ; Philippe Brunschwig (Institut de l'Élevage), JeanPierreFarrié (Institut de l'Élevage), Eric Pottier (Institut de l'Élevage - CIIRPO), Laurence Sagot (Institut de l'Élevage-CIIRPO)30 mai 2011 Jean
- ✓ **DOUADI, N., 2002** “Utilisation des drêches de brasserie ensilée dans l'alimentation des vaches laitières” ETELV Baba Ali. In les actes de l'atelier ; valorisation des sous-

## *Références bibliographiques*

---

- produits Agricole et Agro-industriels dans l'alimentation des ruminants. Réunion de comité technique Guelma, Algérie (Juin 2002).
- ✓ **DRISS, M.,1993** Amélioration de la valeur nutritive de la paille de blé dur par traitement à l'urée et des complémentations, Mémoire d'Ingénieur département d'Agronomie Blida
  - ✓ **Foreman R. ; 1989** : Recommandations pour l'alimentation du bétail. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales. Ontario, Canada.
  - ✓ **FROIDMONT E, CARTRYSSÉ C, DECRUYENAERE V. ; 2006** : Plus d'autonomie en protéines végétales. Les protéagineux : avantages et possibilités. Wallonie Elevages, 2006, n°5, 47-49.
  - ✓ **GATE ET GIBAN. (2003)** : GATE Philippe, GIBAN Martine ; Stade du blé. Ed. Paris, ITCF, 02 /2003.
  - ✓ **Miralles-Bruneau M. ; 2015** : Utilisation du fourrage 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.
  - ✓ **Gidienne. ; 2015** De la biologie à l'élevage, Éditions Quæ Collection Savoir Faire ,ISBN 978-2-7592-2416-6, référence 02512.
  - ✓ **GT IBMA. ; 2016** :Lemna minuta. Base d'information sur les invasions biologiques en milieux aquatiques. Groupe de travail national Invasions biologiques en milieux aquatiques. UICN France et Onema. En ligne [Accès le 7.10.2017] : <http://www.gt-ibma.eu/espece/lemnaminuta/#1460369323727-af42a43e-c75b>
  - ✓ **GUEZMIR,N.,1993** : Effet du traitement à l'ammoniac et des complémentations sur la valeur nutritive de la paille de blé dur. Mémoire d'Ingénieur département d'Agronomie Blida .
  - ✓ **Harry ARCHIMÈDe<sup>1</sup>, Denis BASTIANELLI<sup>2</sup>, Audrey FANCHONE<sup>1</sup>, Jean-Luc GOURDINE<sup>1</sup>,Louis FAHRASMANE<sup>11</sup> INRA, UR143. ; 2018** : Unité de Recherches Zootechniques, Guadeloupe, French West Indies<sup>2</sup>SeLMeT, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, 34000, Montpellier, France : Aliments protéiques dans les systèmes mixtes intégrés polyculture élevage en régions tropicales ,2018
  - ✓ **Huisman. ; 1989** : Cité par cunhaluisa F .,FreireJ.P.B., 1993.
  - ✓ **HOUICHITI,B.,1987** Possibilité d'utilisation de produits et sous-produits locaux en alimentation animale dans différentes régions d'Algérie Mémoire d'Ingénieur INA El Harrach.

## Références bibliographiques

---

- ✓ **HOUMANI, M., 1985** Utilisation d'une source d'Azote non conventionnelle (urée) dans l'alimentation des bovins ; aspect techniques et possibilités de vulgarisation, Mémoire de Magistère INA El-Harrach.
- ✓ **INRA., 1988**, Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ouvrage collectif dirigé par Jarrige, R Ed .INRA Parie France,476P.
- ✓ **Isabelle Bouvarel1. ; 2014** : Des sources de protéines locales pour l'alimentation des volailles quelles voies de progrès ? Isabelle Bouvarel1., Michel Lessire2, Agnès Nancy2, Elisabeth Duval2, Sandrine Grasteau2, Alain Quinsac3 , Corinne Peyronnet4 , Gilles Tran5 et Valérie Heuze5 ,Reçu le 30 janvier 2014 – Accepté le 17 mars 2014
- ✓ **ITELV.; 2012** : Bulletin Trimestriel N°1.
- ✓ **Jacques B., 2010** : le soja. [www.Sante-vivante.fr](http://www.Sante-vivante.fr)
- ✓ **Jacques B. ; 1991** : *Produire des grains oléagineux et protéagineux*
- ✓ **JOHANNE CAMERON. ; 2007** :agr. M.Sc. Responsable de la vulgarisation CEPOQ Ovin Québec, Janvier 2007, Le Courrier du lecteur ... la réponse à vos questions ” Le blé peut-il être une céréale intéressante à utiliser chez les ovins ?”
- ✓ **Kadi, S.A., Belaidi-Gater, N., Oudai, H., Bannelier, C., Berchiche, M., Gidenne, T., 2012**: Nutritive value of fresh sulla (*hedysarumflexuosum*) as a sole feed for growing rabbits. In: Daader, A., Xiccato, G. (Eds.), 10th World Rabbit Congress. Egyptian Rabbit Science Association (ERSA), Le Caire, Sharm El Sheik, Egypt, pp. 507-511
- ✓ **KAYOULI, C., MOUJAHED, U .,ABDERRABA, H ., ELBEJI, M., et MAJDOUB , A. ; 1990** : Potentiel nutritionnel des sous-produits agro-industriels et des déchets dans l'alimentation des ruminants en Tunisie, Revue de l'INAT .Vol .4n°1
- ✓ **KULASOORIYA (S.A.). ; 1987**, ”Use of Azolla in RiceCultivation“ Antananarivo: Académie Malgache, Colloque inter national sur L'amélioration de la riziculture parles méthodes biologique, 25p.(CIDST)
- ✓ **l'ONGRAMILAMINA. ; 1995** :Utilisation de l'azolla comme source de protéines pour l'alimentation animale à Madagascar, antiserbe, 18p. ('ONG RAMILAMINA)
- ✓ **LALIAOUI, K., 1993** : Complémentation de la paille de blé dur avec des sous-produits, sous forme des blocs multi nutritionnels dans l'alimentation des brebis à l'entretien. Mémoire d'Ingénieur département d'Agronomie Blida
- ✓ **Lebas, F. ; Goby, JP. ; 2005** : Valeur nutritive de la luzerne déshydratée à basse température chez le lapin en croissance. Première approche. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2005, Paris

## *Références bibliographiques*

---

- ✓ **Lebas F. ; 1987** :La Luzerne déshydratée et le lapin.cni\_science,vol 4 ,Fasc I .Italie .
- ✓ **Leng R.A., Stambolie J.H., Bell R., 1995.** Duckweed – a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livest. Res. Rural Dev.*, 7, 11p. <http://www.lrrd.org/lrrd7/1/3.htm>
- ✓ **Leslie Jacquemin., 2012** :Production d’hémicellulose de pailles et de son de blé à une échelle pilote, étude de performance technique et évaluation environnementale d’un agro-procédé.
- ✓ **Leterme P, Londono AM, Munoz JE, Suarez J, Bedoya CA., Souffrant WB, Buldgen A. ; 2009:**Nutritional value of aquatic ferns(*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs. *Animal Feed Science and Technology* 149:135-148
- ✓ **Leterme P, Londono AM, Munoz JE, Suarez J, Bedoya CA., Souffrant WB, Buldgen-LT., Ogle B., 1996** :Sustainable Livestock Production on Local Feed Resources. Proceedings of National Seminar- workshop. University of Agriculture and Forestry, Ho Chi Minh City. <http://www.fao.org/docrep/004/AC151E/AC151E00.htm#TOC>
- ✓ **Liu H. W., Dong X.F., Tong J. M., Zhang Q. ; 2010** : Alfalfa polysaccharides improve the growth performance and antioxidant status of heat-stressed rabbits. *Livestock Science* 131, 88-93
- ✓ **LUMPKINA, DONALD.D.;1982** :“Azolla as a Green Manure: Use and Management in Crop Production”series n°5, USA: Westview, pp.161-1695(ONG RAMILAMINA)
- ✓ **Ministère Français des Affaires Etrangères. ; 2002** : Mémento de l’Agronome. Cirad -ISBN : 2-87614-522-7, Edition du ORET, Paris. 1692
- ✓ **NEFZAOUI,A., VANBELLE, M.,1983** : Valorisation des sous-produits de l’olivier dans l’alimentation des ruminants en Tunisie , In( valorisation des sous-produits de l’olivier) . Réunion du comité technique, Madrid (Nov 1983), PP37-47 . 17. NEFZAOUI, A.,1991 Valorisation des sous-produits de l’olivier. Séminaire n°16, PP101-108
- ✓ **O’quinn P.R., Nelssen J.L., Goodb and R.D., Knabe D.A., Woodworth J.C., Tokach M.D. et Lohrmann T.T., 2000** : Nutritional value of a genetically improved high-lysine, highoil corn for young pigs.*Journal of Animal Science* 78: 2144-2149
- ✓ **Oonincx, D.G.A.B. & van der Poel, A.F.B.; 2011.** Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*, 30: 9–16
- ✓ **Ouben Sonia. ; 2020** : Mémoire En vue de l’obtention du Diplôme de Master académique en Sciences agronomiques ;

## Références bibliographiques

---

- Aliments Industriels en alimentatio animale : Caractérisation de ce secteur dans la région centre de l'Algérie (ONAB). 2019 /2020
- ✓ **Ouldbellahcen, T., Bouchabchoub, A., Massoui, M., Yachioui, M. (2013).** Qualité nutritionnelle de spirulinaplatensis en croissance dans les eaux usées domestiques. N° 14,p p124.
  - ✓ **PaolettiC, BocciF, LerckerG, CapellaP, MaterassiR .; 1987.** Lipid composition of Azollacaroliniana biomass and its seasonal variation. *Phytochemistry* 26 (4), 1045-1047
  - HasanMR, ChakrabartiR, 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: A review. *FAO Fisheries and Aquaculture technical paper*, 531. FAO, Rome, Italy
  - ✓ **Qaiser M.; 1973:** Moringaceae. In *Flora of West Pakistan*, Nasir E, Ali SI (eds). No.38. University of Karachi Press: Karachi, 1–4
  - ✓ **Raolina Bruno Alain, 1995,** mémoire fin d'étude, utilisation de l'azolla dans l'alimentation du poulet de chair
  - ✓ **Rabemanant,Soa solo Auguste Alain .,1988 :** la valeur de la complémentation des pulpes d'agrumes pour la paille traitée à l'ammoniac (étude in vivo ) Mémoire d'Ingénieur INA El Harrach
  - ✓ **RABESONR., RAZAFINJARAA.L., RAKOTOARISOAJ. ;1987:**L'azolla Sourced'azote en Riziculture Malgache, Antananarivo : Académie--Malgache, Colloque inter national sur L'amélioration de la riziculture par les méthodes biologique, 12 p. (CIDSTT simbazaza
  - ✓ **Ramos Elorduy, J.; 1997:** The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*, 36: 347–366.
  - ✓ **Raolina Bruno Alain. ; 1995 :** mémoire fin d'étude, utilisation de l'azolla dans l'alimentation du poulet de chair.
  - ✓ **Rajesh S.; 2020:** Production of azolla as livestock feed supplement in India. *Pashudhanpraharee. Indian Dairy & Poultry industry.*43p.
  - ✓ **REYNAUD PIERRE-ADRIEN, Franche C.; 1985:** *Azollapinnata var. africana : de la biologiemoléculaire aux applications agronomiques = Frommolecular biology to use as a green manure .*ORSTOM, 15Pp.
  - ✓ **RIHANI, N. ; 1991 :** La valeur alimentaire et utilisation des sous-produits des agrumes en alimentation animale. *Option méditerranéenne série séminaire n°16* PP 113-119.87
  - ✓ **Rouanet, G. ; 1984 :** Le maïs. Editions Maisonneuve et Larose, Paris : 142p

## *Références bibliographiques*

---

- ✓ SANON Pierre Paul, Juin 2009 : MEMOIRE DE FIN DE CYCLE En vue de l'obtention du DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL OPTION : ELEVAGE : Etude comparée de la valeur nutritive du maïs et du sorgho dans l'alimentation des poulets de chair, SANON Pierre Paul, Juin 2009
- ✓ **Rouanet, G. ; 1984** : Le maïs. Editions Maisonneuve et Larose, Paris : 142p
- ✓ **RUBEN (L.V), (1987)** “AZOLLA silage as feed for growing pigs “,losbanos ,11p (document personnel)
- ✓ **SANSOUCY, R. ; 1991** Problèmes généraux de l'utilisation des sous-produits agroindustriels en alimentation animale dans la région méditerranéenne. Option méditerranéenne, série séminaire n°16-PP75-79.
- ✓ **SANSOUCY, R. ; 1981** Utilisation des sous-produits de l'olivier pour l'alimentation des animaux. In séminaire Inter sur la valorisation des sous-produits de l'olivier. Tunisie Dec (1981), PP73-78.
- ✓ **Sauveur S. ;1993** : Les phytases fongiques dans l'alimentation des volailles. INRA Prod. Anim., 6 (4), 265-267.)
- ✓ **SCHRAMM. M. ; 1987** : Association Azolla-AnabaenaAzollae : Prospectives physiologiques, antananarivo : Académie Malgache, colloque international sur l'amélioration de la riziculture par les méthodes biologiques,8 p.
- ✓ **Sculthorpe CD.; 1967**: The biology of aquatic vascular plants. London: Edward Arnold, Ltd, 610 pp.
- ✓ **Shamna TP, Peethambaran PA, Jalaludeen A, Leo J, Muhammad AM.; 2013** : Broiler characteristics of Japanese quails (*coturnixcoturnix japonica*) at different levels of diet substitution with azollapinnata. Animal Science Reporter, Volume7, Issue2, April, 2013
- ✓ **Skillicorn P; Spira W; Journey W.; 1993**: Duckweed aquaculture: a new aquatic farming system for developing countries. Duckweed aquaculture: a new aquatic farming system for developing countries, x + 76pp.; [25 fig., 2 tab., app.]; ref.
- ✓ **SLAMMANI, Y. ; 1992** : Amélioration de la valeur nutritive de la paille de blé traitée à l'urée par des complémentations. Mémoire d'Ingénieur département d'Agronomie Blida.
- ✓ **TAHERTI, M., 1985** Place potentielle des produits et sous-produits agro-industriels dans l'alimentation des animaux. Mémoire d'Ingénieur Agro INA El-Harrach
- ✓ **Taner A., Muzaffer A., Dusunceli F., 2007** : Institut Central de Recherche pour les Cultures Agricoles (CRIFC), Ankara, Turquie

## *Références bibliographiques*

---

- ✓ **Tarver DP., Rogers JA., Mahler MJ., Lazor RL., 1986:** Aquatic and Wetland Plants of Florida. Tallahassee, Florida: Florida Department of Natural Resources.
- ✓ **TERRANTI, I., 1989 :** Utilisation du complexe mélasse urée pour la valorisation des pailles de céréales chez les ovins à l'engraissement, Mémoire d'Ingénieur département d'Agronomie Blida .
- ✓ **VAN HOVE, C., 1989 :** Azolla et ses emplois multiples (Publié à la demande de la FAO).Saint-Etienne Biologique, E .effet, 52p
- ✓ **VANHOVEC., DIARAH.F.GODARDP. ; 1983 :** Azolla en Afrique de l'ouest, st Etienne : projet ADRAO (Document personnel)
- ✓ **Web master; 2021:**<https://www.agriculture-afrique.com/lazola-complement-alimentaire-pour-le-betail> .
- ✓ **ZAÏDI, F., 1983 :** Valorisation alimentaire des grignons d'olive chez les ruminants Mémoire de magistère INA El Harrach.

## *Références bibliographiques*

---



## Résumé

L'élevage en Algérie est confronté à plusieurs contraintes dont l'alimentation constitue le premier poste qui génère plus de dépenses dans le secteur des productions animales. En effet la plupart des matières premières utilisées sont importées d'où le prix élevé d'un quintal d'aliment. Plusieurs investigations ont été lancées afin de trouver d'autres ressources alimentaires pouvant remplacer plus particulièrement les tourteaux de soja dans l'alimentation animale, disponibles localement et à moindre prix. L'azolla est une fougère aquatique riche en protéines pourrait constituer un bon complément dans l'aliment pour bétail. La rendre disponible sur toute l'année nécessite de trouver une solution nutritive bio pour augmenter sa productivité. Notre expérience vise à comparer l'effet de différentes solutions organiques ; de fientes de volailles, de solution de bouses de bovin, des excréments des caprins, solution de NPK. Sur la productivité de l'azolla. Les résultats obtenus dans une zone de 3 m<sup>2</sup> pour chaque bassin a permis de produire 25,745 ; 9,69 ; 8,46 ; 18,37 kg respectivement. Les fientes de volaille constitue une bonne source nutritive pourrait améliorer la durabilité de la culture (rendement et couleur et densité). Des essais de l'incorporation de cette fougère dans l'alimentation animale sont recommandés pour confirmer sa valeur nutritionnelle.

**Mot clé:** azolla, solution nutritive, culture, rendement, sources alternative

## Summary

Livestock in Algeria is faced with several constraints, of which food is the first item that generates more expenditure in the animal production sector. Indeed most of the raw materials used are imported, hence the high price of a quintal of food. Several investigations have been launched in order to find other food resources that can more particularly replace soybean meal in animal feed, available locally and at a lower price. The azolla is an aquatic fern rich in protein could constitute a good complement in the feed for cattle. Making it available all year round requires finding an organic nutrient solution to increase its productivity. Our experiment aims to compare the effect of different organic solutions; poultry droppings, cattle dung solution, goat excrement, NPK solution. On the productivity of the azolla. The results obtained in an area of 3 m<sup>2</sup> for each basin produced 25.745; 9.69; 8.46; 18.37 kg respectively. Poultry manure is a good nutrient source that could improve crops sustainability (yield and color and density). Trials of the incorporation of this fern into animal feed are recommended to confirm its nutritional value.

**Key word:** azolla, nutrient solution, culture, yield, alternative sources

## ملخص

تواجه الثروة الحيوانية في الجزائر عدة معوقات ، منها الغذاء هو العنصر الأول الذي يدر المزيد من الإنفاق في قطاع الإنتاج الحيواني. في الواقع ، يتم استيراد معظم المواد الخام المستخدمة ، وبالتالي ارتفاع سعر قنطار من المواد الغذائية. تم إجراء العديد من التحقيقات من أجل العثور على موارد غذائية أخرى يمكن أن تحل بشكل خاص محل وجبة فول الصويا في علف الحيوانات ، والمتوفرة محليًا وبسعر أقل. الأزولا هو سرخس مائي غني بالبروتين يمكن أن يشكل مكملاً جيداً في علف الماشية. يتطلب إنتاجه على مدار السنة إيجاد محلول مغذٍ عضوي لزيادة إنتاجيته. تهدف تجربتنا إلى مقارنة تأثير الحلول العضوية المختلفة ؛ فضلات الدواجن ، محلول روث الماشية ، براز الماعز ، محلول NPK على إنتاجية الأزولا. النتائج التي تم الحصول عليها على مساحة 3 م<sup>2</sup> لكل حوض أنتجت 25.745 ؛ 9.69 ؛ 8.46 ؛ 18.37 كجم على التوالي. يعتبر روث الدواجن مصدرًا غذائيًا جيدًا يمكنه تحسين استدامة المحاصيل (المحصول واللون والكثافة). يوصى بإجراء تجارب على دمج هذا السرخس في علف الحيوانات لتأكيد قيمتها الغذائية.

**الكلمة المفتاحية:** الأزولا ، محلول المغذيات ، الزراعة ، المحصول ، المصادر البديلة