

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/20

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière :** Science Agronomique
Spécialité : Production et Nutrition Animale

Présenté par :

Amroune Nesrine

Thème

*Alimentation du lapin : valorisation de l'Azolla dans
l'alimentation des lapins etude bibliographique*

Soutenu le : 15/10/ 2020

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
BENFODIL K	MCB	Univ. de Bouira	Présidente
CHERIFI Z	MCB	Univ. de Bouira	Promoteur
ABDELLI A	MCB	Univ. de Bouira	Examineur

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciement

Nos sincères remerciements à Dieu le tout puissant pour le courage, la force, la volonté et la santé qu'il nous a donné afin de réaliser ce mémoire.

A travers ce mémoire nous remercions tous ceux et celle qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

*Mes sincères remerciement vont à notre promotrice **Dr cherifi.Z** qui était toujours présent au de la réalisation de ce mémoire, en plus son encouragement et sa gentillesse, sa disponibilité et ces conseils précieux.*

*Mes remerciement s'adressent également les nombre de jury : **Dr BENFODIL.K** et **Dr Abelli Amine** qui ont bien voulu nos honorer par leur présence à fin de juger notre travail.*

Nous ne manquerons pas de remercier particulièrement tous les enseignants de notre université pour nous avoir formés.

AMROUNE NESRINE



DEDICACE

Je dédie à ce mémoire

Mes chers parents

*Et ma soeur Rania, qui m'a soutenu dans ma vie
et mes études*

*Mon cher mari Salim Merzoug, qui m'a soutenu
dans mes études et ma vie*

*Pour tous les membres de la famille Amroune et
Merzoug*

A ma vie ma petite fille meriem

Mes amis Hayet Wissam et Amani

AMROUNE NESRINE



Liste des abréviations

Kg : kilo gramme.

g : gramme.

m : mètre.

I : incisive.

C : canine.

P : prémolaire.

M : molaire.

Ms : matière sèche.

ph : potentiel hydrogène

h : heure.

m : minute.

cm : centimètre.

mm : millimètre.

EM : énergie métabolisable.

Min : minimaux.

Max : maximaux.

MAT : matière azoté totale.

ED : énergie digestible.

dE : digestion énergétique

dN : digestion d'azote

kcal : kilocalorie

MO : matière organique.

MM : matière minérale

CB : calleuse brute

Ca :calcium

Mg : magnésium.

eq : équilibre.

UFL : unité fourragère lait.

PB : protéine brute.

PDIN : protéine digestible intestinal azotique.

PDIE : protéine digestible intestinal énergétique.

PD : protéine digestible.

MJ : énergie brute.

Liste de figure

Figure 1: Schéma des différents éléments composant le tractus digestif du lapin.....	2
Figure 2 : Organisation générale de la dentition définitive du lapin.....	3
Figure 3 : les différentes zones sécrétrices de l'estomac chez le lapin.....	5
Figure 4: schéma représente le déplacement du bol alimentaire dans le gros intestin chez lapin.....	6
Figure 5: Schéma de fonctionnement de la digestion chez le lapin.....	11
Figure 6 : Epillet d'orge à deux rangs à gauche et d'orge à six rangs à droite.....	12
Figure 7 : Histologie du grain de blé.....	15
Figure 8 : Graine de soja.....	16
Figure 9 : Composition chimique de féverole.....	17
Figure 10 : Aspect de l'azolla	25
Figure 11: Schéma de la reproduction sexuée et végétative d'Azolla.....	26

Liste de tableaux

Tableau1: Composition moyenne des crottes dures et des crottes molles (caecotrophes).....	11
Tableau 2 : Constituants biochimiques de l'orge en % de matière sèche.....	13
Tableau 3 : Composition du maïs.....	14
Tableau 4 : Composition chimique du grain de blé.....	15
Tableau 5: Normes officielles de teneur en quelques composants du tourteau de soja.....	16
Tableau 6: Teneur en matière azoté totale (MAT) de la féverole d'hiver et celle du printemps.....	17
Tableau 7 : La valeur nutritive du la féverole.....	17
Tableau 8 : Variation de la composition chimique en (%) de la luzerne en fonction du mode de conservation.....	18
Tableau 9 : Valeur nutritive du sulla en comparaison à la luzerne et le bersim.....	19
Tableau 10 : Valeur nutritive des drêches de brasserie pour le lapin.....	20
Tableau11 : Composition chimique de différents types de grignons (en % par rapport à la matière sèche)	21
Tableau 12 : Composition et analyse chimique de la farine de caroube.....	22
Tableau 13 : Caractérisations chimiques des rebuts de dattes.....	23
Tableau 14 : La composition chimique de la farine d'Azolla pinnata.....	27
Tableau 15 : La composition chimique d'Azolla pinnata séché.....	27

Résumé

L'élevage en Algérie rencontre plusieurs problèmes dont l'alimentation qui représente la charge la plus importante de l'élevage en raison des matières premières utilisées dans l'aliment qui sont importées. Une des solutions afin de produire des aliments à moindre coût serait la substitution par des sources alimentaires disponible localement. Azolla est une fougère aquatique flottante. C'est un bio-engrais courant dans la culture du riz sa teneur plus élevée en protéines brutes (plus de 20%), la présence d'acides aminés essentiels (haute teneur en lysine), sa richesse en vitamines et minéraux font d'elle une plante très recherchée en alimentation du bétail. Des études plus poussées sur son efficacité alimentaire et son mode d'utilisation en alimentation animales sont recommandés pour une meilleure valorisation de cette plante.

Mots clés : lapin, Azolla, sources alimentaires, valorisation

Abstract

Livestock farming in Algeria is facing several problems, one of which is feed, which represents the most important burden of livestock farming due to the raw materials used in the feed that are imported. One of the solutions in order to produce feed at a lower cost would be the substitution by locally available food sources. Azolla is a floating aquatic fern. It is a common bio-fertilizer in rice cultivation. Its higher crude protein content (more than 20%), the presence of essential amino acids (high lysine content), its richness in vitamins and minerals make it a highly sought-after plant for livestock feed. Further studies on its feed efficiency and how it is used in animal feed are recommended for a better valorisation of this plant.

Keywords : rabbit, Azolla, food sources, valorization

ملخص

تواجه تربية الحيوانات في الجزائر عدة مشاكل منها الأعلاف التي تمثل أهم عبء في التربية بسبب المواد الخام المستخدمة في العلف الذي يتم استيراده. أحد الحلول الإنتاج الغذاء بتكلفة أقل هو استبدال مصادر الغذاء المتاحة محليًا. الأزولا هو سرخس مائي عالم. سماد حيوي شائع في زراعة الأرز ، محتواه العالي من البروتين الخام (أكثر من 20٪) ، ووجود الأحماض الأمينية الأساسية (نسبة عالية من اللايسين) ، وغناه بالفيتامينات والمعادن يجعله إنه نبات مرغوب فيه للغاية في علف الماشية. يوصى بإجراء مزيد من الدراسات حول كفاءتها الغذائية واستخدامها في علف الحيوانات من أجل تقييم أفضل لهذا النبات.

الكلمات المفتاحية: أرنب ، أزولا ، مصادر غذائية ، تئمين

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : la physiologie digestive de lapin

I.1. Anatomie du tube digestif :..... 2

I.1.1. La bouche :..... 3

I.1.2. L'œsophage :.....4

I.1.3. L'estomac :.....4

I.1.4. L'intestin grêle :.....5

I.1.5. Le caecum :.....5

I.1.6. Le côlon :.....6

I.1.7. Les glandes annexes:.....6

I.2. Physiologie digestive du lapin :.....6

I.2.1. Le transit digestif :.....6

I.2.2. La digestion:.....7

I.2.3. Etapes de la digestion chez le lapin :.....8

I.2.4. Le comportement alimentaire du lapin :.....9

I.2.4.1. Particularité:.....9

I.2.4.2. La caecotrophie :.....10

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelles et non conventionnelles en alimentation des lapins.

II.1. Sources alimentaires conventionnelle :.....	12
II.1.1. Sources énergétiques :.....	12
II.1.1.1.Orge :.....	12
II.1.1.2.Maïs :.....	13
II.1.1.3. Le blé :.....	14
II.1.2. Les sources protéiques :.....	15
II.1.2.1.Le tourteau de soja :.....	15
II.1.2.2.La graine de fèverole :.....	17
II.1.3. Source de fibres :.....	18
II.1.3.1. La luzerne :.....	18
II.1.3.2.Sulla :.....	18
II.2. Sources alimentaires non conventionnelles.....	19
II.2.1. Les drêches de brasserie :.....	19
II.2.2.Les grignons d'olive :.....	20
II.2.3. Le caroube :.....	21
II.2.4. Rebutts de dattes :.....	22

Chapitre III : Description de l'azolla, intérêt en alimentation animale.

III.1. Description de l'Azolla :.....	24
III.1.1. La morphologie de l'azolla :.....	24
III.2. Reproduction :.....	25
III.3. La forme de présentation de l'azolla :.....	26
III.3.1. Azolla fraîche :.....	26

III.3.3. Azolla ensilée :.....	26
III.3.2. Azolla sèche :.....	27
III.4. Composition chimique d'Azolla :.....	27
III.4.1. La farine d' <i>Azolla pinnata</i> :.....	27
III.4.2. Azolla pinnata sèche :	27
III.5. Conditions écologiques :.....	28
III.6.1. Le régime hydrique :.....	28
III.6.2. Effets de la température :.....	28
III.6.3. Effets du pH:.....	28
III.6.4. Effets de la lumière :.....	29
III.6.5. Éléments nutritifs :.....	29
III.8. L'utilisation d'Azolla en alimentation animale:.....	29
III.7. Utilisation de l'azolla en agriculture :.....	30
III.8.1. Utilisation en alimentation de poulets :.....	30
III.8. 2. Utilisation en alimentation du lapin :.....	30
III.8. 3. Utilisation pour vaches laitière :.....	30

Introduction

Introduction

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 (Coutelet, 2014; 2015a et b).

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.

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.

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

Notre travail est une synthèse bibliographique orienté vers l'alimentation du lapin, cet animal qui est connu, du fait de sa physiologie digestive particulière qui est la coecotrophie, par sa capacité de tirer profit des protéines contenues dans les plantes riches en cellulose, en effet, 20% de protéines ingérées sont fixées sous forme de viande (Lebas, 1992).

Notre étude comporte donc trois chapitres, le premier apporte l'essentiel de la physiologie digestive du lapin, le deuxième est une revue des principales sources alimentaires utilisées. Enfin le troisième chapitre est consacré à la plante aquatique azolla.

Synthèse bibliographique

Chapitre I

I.1. Anatomie du tube digestif :

Le système digestif du lapin est adapté à un régime herbivore, avec des adaptations spécifiques, depuis la dentition jusqu'au développement d'un cæcum de grand volume pour permettre une fermentation, et incluant un système de séparation des particules au niveau du côlon proximal qui permet la formation des cæcotrophes (Gidenne, 2015).

L'anatomie générale digestive du lapin est présentée sur la figure 1, ainsi que les caractéristiques principales de chaque segment, pour un adulte (4 à 4,5 kg de poids vif) ou un sujet en fin de croissance (2,5 à 3 kg). La longueur du tube digestif est de 4,5 à 5 m.

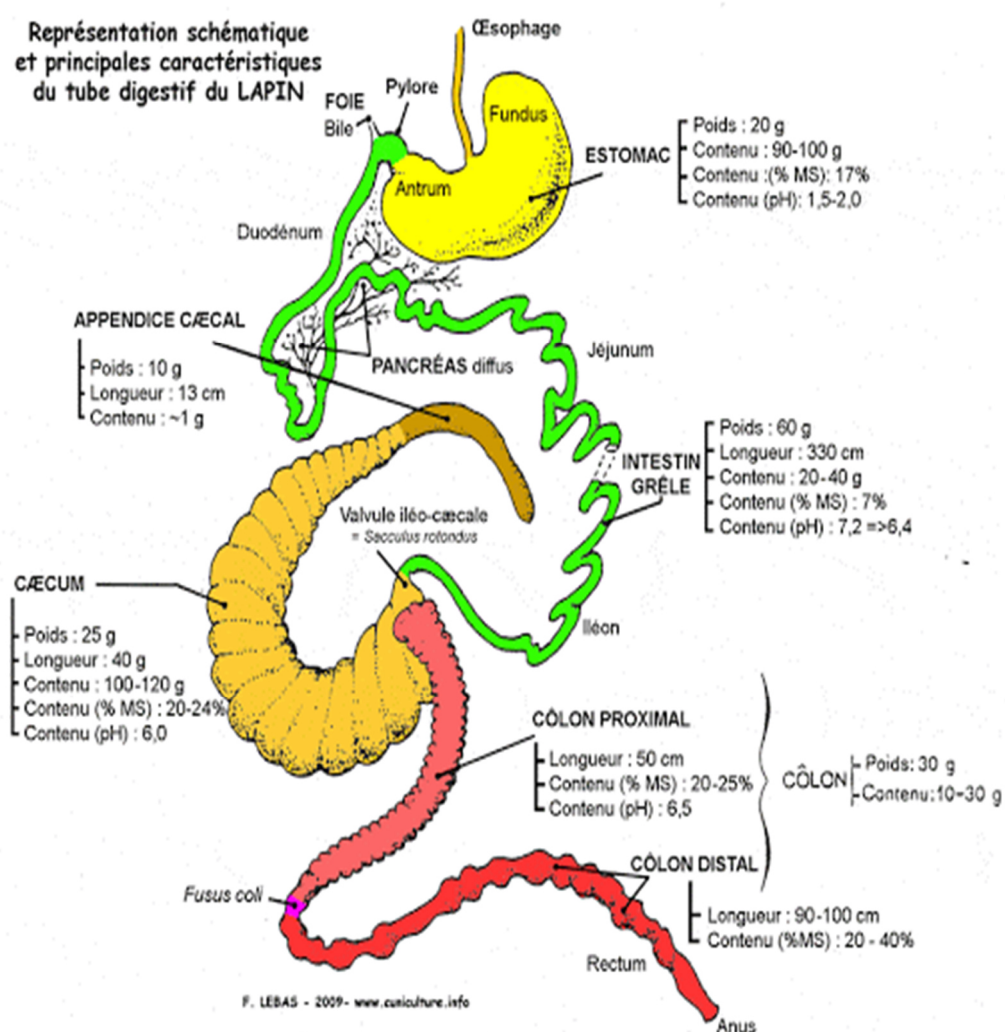


Figure 1: Schéma des différents éléments composant le tractus digestif du lapin (Lebas , 2015)

I.1.1. La bouche :

La digestion des aliments commence dès leur arrivée dans la cavité buccale. C'est le lieu où les dents et la salive produite par les glandes salivaires interviennent.

❖ Les dents :

Les lapins sont des lagomorphes et ont une dentition de type hypsodonte. Il n'y a pas de véritable racine mais une couronne très longue. Ils présentent une dentition déciduale non fonctionnelle qui disparaît avant ou peu après la naissance (O'Malley, 2005 ; Harcourt-Brown, 2002 ; Donnelly, 2003) (figure 2).

Les dents servent à attraper les aliments et à les broyer afin de faciliter la digestion grâce à la mastication, cette opération constitue donc la première étape de la digestion : la digestion mécanique. La formule dentaire déciduale : $I\ 2/1, C\ 0/0, P\ 3/2, M\ 0/0 = 16$. Les dents permanentes apparaissent pendant les 5 premières semaines de vie : la formule dentaire permanente est $I\ 2/1, C\ 0/0, P\ 3/2, M\ 3/3 = 28$. (Fromont et Tanguy, 2011).

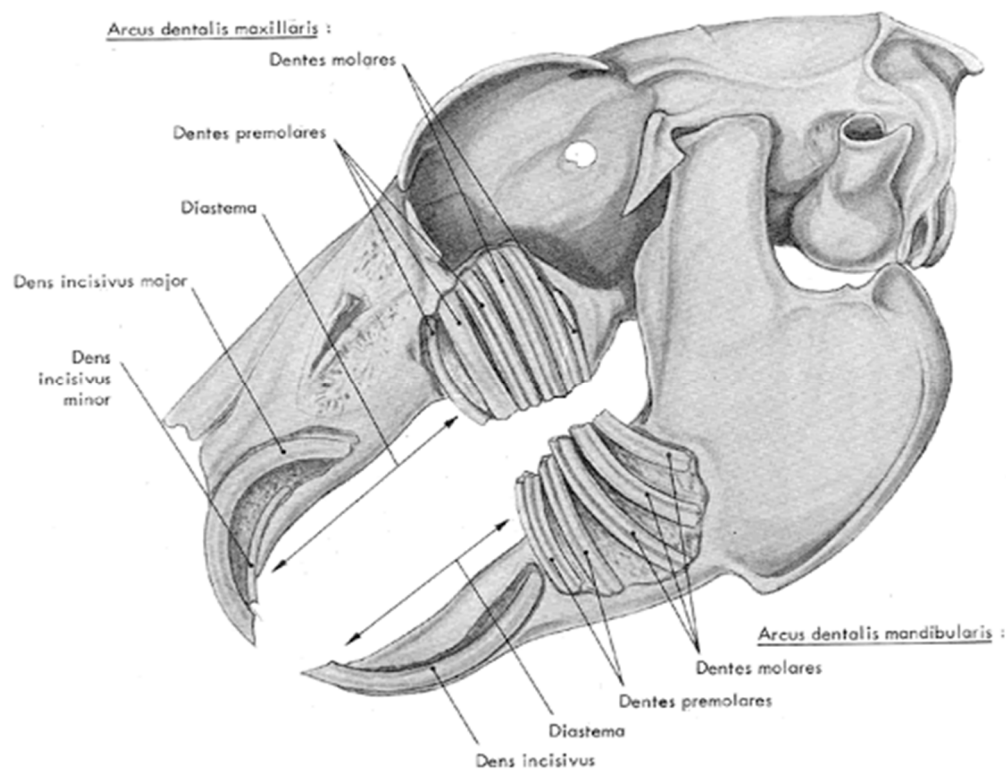


Figure 2 : Organisation générale de la dentition définitive du lapin (Barone et al.1973).

❖ Les glandes salivaires :

Les glandes salivaires produisent une salive avec une faible concentration en amylase (10-20 fois inférieure à celle du suc pancréatique). (F. LEBAS,2008)

La salive sert à humecter les aliments afin de faciliter leur brassage dans la bouche. La salive contient également des enzymes qui vont commencer la digestion chimique (Fromont et Tanguy, 2011)

I.1.2. L'œsophage :

L'œsophage est composé de trois couches de muscles striés qui s'étendent sur tout son long. Le cardia est bien développé et est positionné au milieu de la petite courbure de l'estomac ce qui rend tout vomissement impossible. (Harcourt-Brown, 2002)

I.1.3. L'estomac :

La capacité de l'estomac est approximativement de 34% de la capacité totale du système digestif (Portsmouth, 1977). Il stocke environ 90 à 120 g d'un mélange plutôt pâteux d'aliments (16 à 23% MS), surtout dans l'antrum, sachant que dans le fundus sont stockées les cæcotrophes et l'aliment y séjourne 2 à 4 heures (Gidenne, 2005). Les liquides y séjournent moins longtemps, alors que, ce sont les particules grossières qui séjournent le plus longtemps.

L'estomac n'est jamais vide et pèse 15 à 20 g. L'estomac sécrète quatre types de produits qui vont plus au moins se mélanger à l'aliment et commencer à le modifier. De l'acide chlorhydrique "HCL", de la pepsine qui commence à hydrolyser les protéines, de la lipase, qui sépare les acides gras à chaînes courtes et moyennes des triglycérides (valable surtout pour le lait). La pepsine est beaucoup moins active que la lipase pancréatique et du mucus qui protège les parois stomacales des ulcérations (Lebas *et al.*, 2006).

Le pylore possède un sphincter puissant, qui règle l'entrée des digesta dans le duodénum (Garreau *et al.*, 2015).(Figure 3)

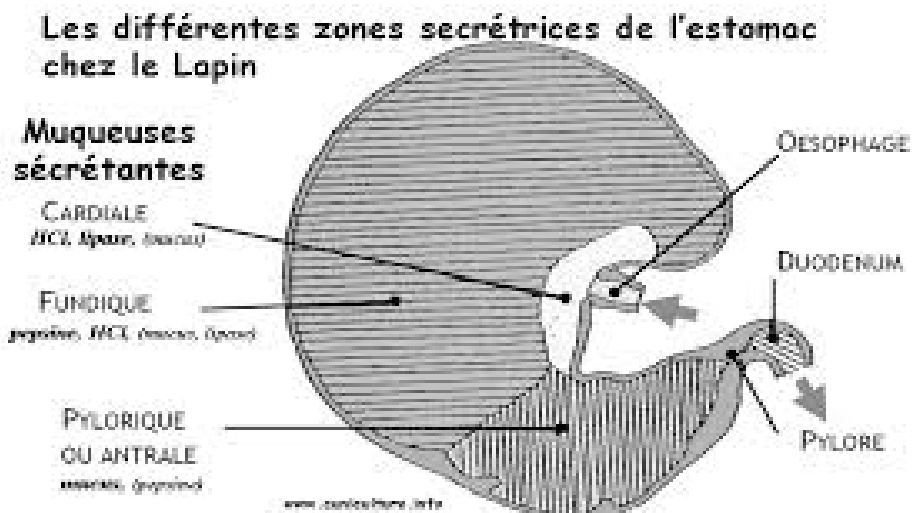


Figure 3 : les différentes zones sécrétrices de l'estomac chez le lapin (Lebas F.2008)

I.1.4. L'intestin grêle :

L'intestin grêle est la plus longue partie du tube digestif : il mesure environ 3m chez le lapin. Il est composé de trois parties distinctes : le duodénum, c'est l'endroit où se déversent les sucs pancréatique et la bile qui vont permettre la dégradation des aliments en nutriments. Le jéjunum et l'iléon sont deux lieux d'absorption des nutriments vers le système sanguin. Les aliments ingérés mettent environ 1h30m pour parcourir l'intestin grêle (Fromont et Tanguy, 2011). Le contenu est liquide, particulièrement dans la partie supérieure ($<10\%$ MS) avec un pH légèrement basique dans sa partie antérieure ; pH égal à 7,2 à 7,5. Cependant, il est plus acide dans l'iléon avec un pH 6,2 à 6,5 (Carabano *et al.*, 2010).

I.1.5. Le caecum :

L'intestin grêle débouche dans le caecum par la jonction iléo-cæcale : partie où la paroi est particulièrement riche en tissus lymphoïde (Garcia, 2004). Avec une longueur de 40 à 45 cm. Le caecum contient environ 40% du contenu digestif total, soit 100 à 120 g d'un mélange pâteux uniforme (20 à 24% MS). Le pH cæcal est d'environ 6,0 dans la journée, et baisse jusqu'à 5,6 dans la nuit. Le caecum se termine par un organe lymphoïde : l'appendice cæcal, 10 à 12 cm de long (Gidenne, 2005). (Figure 4).

I.1.6. Le côlon :

Sa longueur est d'environ 1,5 m, il est divisé en deux parties: le côlon proximal, mesurant environ 1 à 1,5 cm et le côlon distal: qui se termine par l'anus. (figure 4)

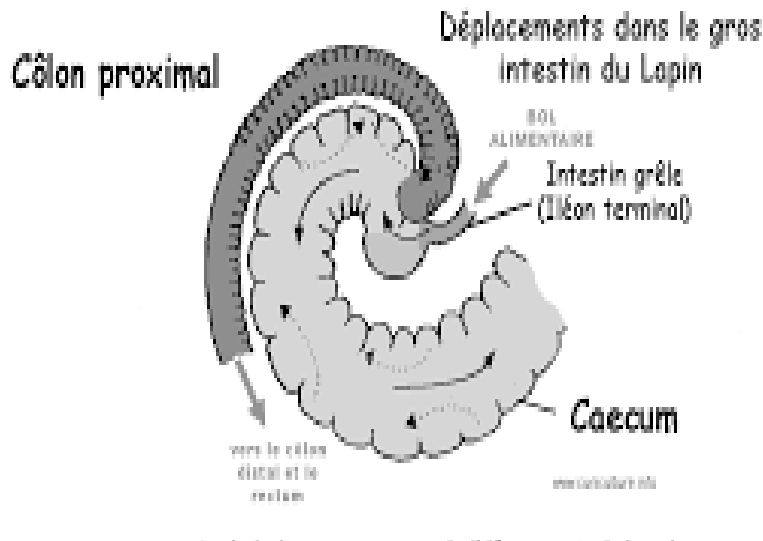


Figure 4: schéma représente le déplacement du bol alimentaire dans le gros intestin chez lapin (Lebas F,2008)

I.1.7. Les glandes annexes:

❖ Le pancreas :

Le pancreas produit des sucs pancréatiques qui sont déversés dans l'intestin ou ILS favorisent la digestion chimique des aliments (Fromont ET Tanguy, 2011).

❖ Le foie :

Le foie produit une autre substance qui agit dans l'intestin: la bile. La bile participe à la digestion des aliments en réalisant une émulsion avec les lipides (Fromont et Tanguy, 2011).

I.2. Physiologie digestive du lapin :

I.2.1. Le transit digestif:

Le lapin satisfait ses besoins nutritifs élevés par une grande consommation, associée à un faible temps de transit dans le tube digestif (Carabano, 1992). Le transit digestif du lapin est

I.2.3. Etapes de la digestion chez le lapin :

- **Dans la bouche:**

Les aliments sont coupés, broyés et malaxés avec début de dégradation de l'amidon.

- **La digestion dans l'estomac et l'intestin grêle :**

Les aliments arrivent dans l'estomac après leur ingestion, ils sont imbibés de sécrétions salivaires contenant de l'amylase commençant la digestion des sucres.

L'estomac sécrète beaucoup d'eau, de mucus, d'acide chlorhydrique et de pepsinogène (activé en pepsine par l'acide chlorhydrique) pour initier la digestion des protéines et des lipides. Le pH peut atteindre 1 à 2 après le repas. Ce pH très bas a pour effet de d'aseptiser l'ingesta avant son entrée dans l'intestin. Le mucus permet la protection de la muqueuse. Le temps de transit dans l'estomac est d'environ 3 à 6 h. L'intestin grêle est le lieu de la digestion et de l'absorption des sucres et protéines alimentaires ainsi que des protéines, vitamines et acides gras des caecotrophes. (LEBAS F., 1973)

Dans le duodénum, des bicarbonates sont sécrétés et tamponnent le pH acide de l'ingesta. La bile et le suc pancréatique sont aussi déversés dans le duodénum et contiennent des enzymes lypolytiques, protéolytiques et glycolytique (amylase, lipase, trypsine notamment) permettant la digestion de l'ingesta.

Selon sa composition, il permet la stimulation (graisse) ou l'inhibition (glucides) de la sécrétion de motiline. La motiline est une hormone polypeptide sécrétée dans le duodénum et le jéjunum (ainsi que le colon), elle stimule l'activité des muscles lisses. Le temps de transit est rapide, environ 10-20 minutes dans le jéjunum et 30 à 60 minutes dans l'iléon. La valve iléocœcale contrôle le passage du digesta dans le sacculus rotundus et empêche un reflux du contenu caecal dans l'intestin grêle. (LEBAS F., 1975)

- **La motilité du gros intestin et du caecum :**

Les lapins produisent deux types de fèces : les fèces dures et les fèces molles ou caecotrophes, qu'ils consomment après excrétion. Les repas ont lieu dans l'après-midi et la nuit, ce qui conditionne une excrétion circadienne. La journée les fèces dures sont excrétées alors que la nuit sont produites les caecotrophes qui sont excrétées en début de matinée puis ingérées. Cette excrétion circadienne est permise par la motilité du caecum et du colon. Durant la journée, de l'eau est sécrétée dans le colon proximal et des contractions caecales et

coliques permettent de mélanger les particules fines (<0,5 mm et progressent dans le colon grâce à des contractions segmentaires de 14 secondes et péristaltique de 5 secondes. Elles vont jusqu'au fusus coli où il y a une importante réabsorption d'eau. Le matériel résiduel est très dur et sec, ce sont les fèces dures qui sont ensuite excrétées. Périodiquement, l'activité du colon proximal et du caecum change. L'excrétion des caecotrophes a lieu généralement 4h après le repas. L'ingestion a lieu peu après l'excrétion, le mucus présent dans les caecotrophes permet de les protéger du pH acide de l'estomac. (Lebas, 2011).

Enfin, il semble que le transit digestif du lapin soit sous la dépendance étroite des sécrétions d'adrénaline. Une hypersécrétion, associée au stress du sevrage en particulier, entraîne un ralentissement du transit et un risque élevé de troubles digestifs (diarrhées mortelles) (Lebas, 2011).

I.2.4 .Le comportement alimentaire du lapin :

I.2.4.1. Particularité:

La particularité digestive des Lagomorphes se situe dans le fonctionnement dualiste du côlon proximal, régulé à la base par le cycle lumineux nyctéméral. Si le contenu cæcal se déverse dans le côlon en fin de nuit ou en début de matinée, il subit peu de changements biochimiques: les digesta progressent vers le rectum sous l'action du péristaltisme de la paroi colique, et sont progressivement enrobés de mucus.

Les digesta prennent alors la forme d'agglomérat de petits granules mous (n=5 à 8), nommés cæcotrophes. Si le contenu cæcal se déverse dans le côlon dans la journée (ou en début de nuit), il progresse dans le côlon sous l'action d'un double péristaltisme dans des directions opposées (successivement vers le cæcum puis vers le rectum).

Les contractions de la paroi du colon proximal ont pour effet de presser le contenu digestif (comme on presserait une éponge). Cette compression a pour effet d'envoyer la partie liquide accompagnée des petites particules (0,3 mm) sont maintenues au centre de la lumière intestinales puis évacuées par des contractions péristaltiques vers le rectum sous forme de crottes dures (Björnhag, 1972) (figure5).

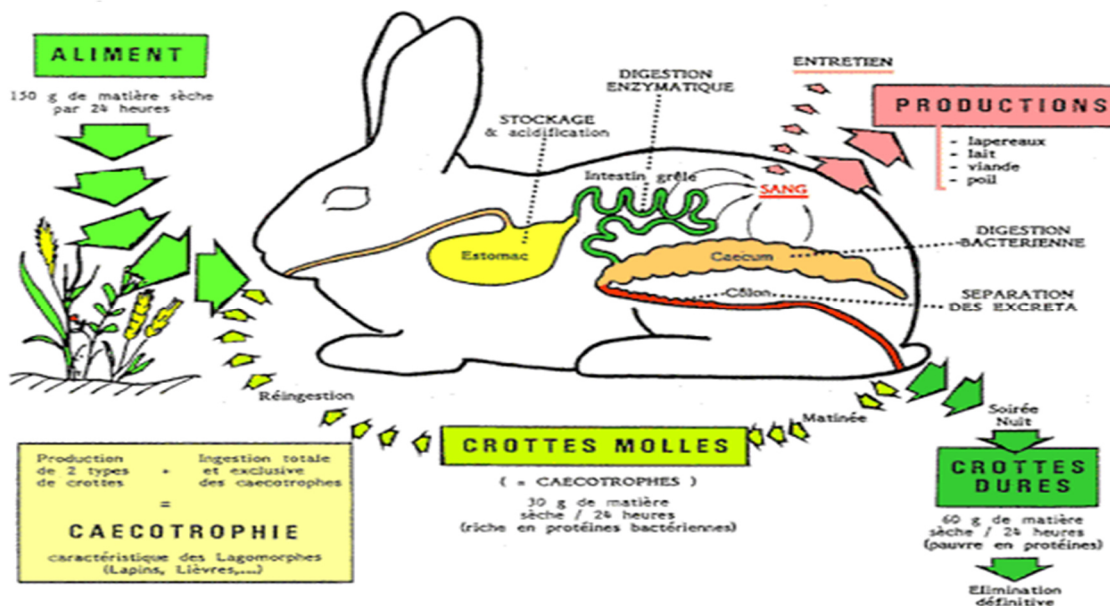


Figure 5: Schéma de fonctionnement de la digestion chez le lapin (Lebas, 2011)

Ainsi, les particules les plus grossières forment l'essentiel de ces crottes dures, dont la composition chimique diffère notablement de celle caecotrophes, ces dernières étant plus riches en protéines et plus pauvre en fibres (tableau 1).

I.2.4.2. La caecotrophie :

Le fonctionnement du tube digestif du lapin n'est pas réellement différent de celui des autres monogastriques. Par contre, l'originalité est située dans le fonctionnement dualiste du côlon proximal régulé par le cycle lumineux nyctéméral, aboutissant à la formation de deux types de crottes : crottes molles dites caecotrophes et crottes dures ; il s'agit de la « caecotrophie ». (Gidenne et Lebas, 2005).

La caecotrophie, caractéristique du comportement alimentaire du lapin, est un processus qui consiste à la ré-ingestion des crottes molles provenant du caecum après la sélection et la rétention des liquides et des fines particules (Cheek, 1987). Elle se déroule surtout pendant le jour, alors que la prise alimentaire et l'excrétion des crottes dures se passe la nuit (Bellier et al, 1995). Elle est conditionnée par le rythme alimentaire, l'ingestion de caecotrophe est observée dans un délai de 8 à 12h chez les animaux rationnés (Gidenne et Lebas, 2005), et après le pic d'ingestion environ une heure après l'extinction des lumières chez les animaux nourris à volonté. Chez ces derniers, l'activité alimentaire est essentiellement nocturne. De ce fait, la production de caecotrophes se situe dans la matinée, l'émission des crottes dures est nocturne. À l'inverse, un lapin rationné consommé les aliments au moment de leur distribution, en général le jour, la production et l'ingestion des caecotrophes se fait donc la

nuit.

La caecotrophie n'existe pas chez le lapereau, elle se développe vers la troisième semaine, au moment où il commence à consommer les aliments solides en plus du lait maternel (**Orengo et Gidenne, 2007**).

Selon Lebas (2011), la régulation de la caecotrophie est dépendante de l'intégrité de la flore digestive et du rythme d'ingestion. Cependant, elle est également sous le contrôle des glandes surrénales qui l'inhibent par la sécrétion d'adrénaline.

Gidenne et Lebas (2005), confirment que la caecotrophie présente un réel intérêt nutritionnel. Chez un lapin sain avec une alimentation équilibrée, elle fournit 15 à 20% de protéines ré-ingérées, la totalité des vitamines B et C (**Lebas, 2000**), 40% de lysine (**Belenguer et al, 2004**) et 20% des lipides (**Gómez et al, 2004**). La composition des caecotrophes (Tableau1) peut varier selon l'alimentation (**Lebas, 2011**) (figure 5)

Tableau1: Composition moyenne des crottes dures et des crottes molles (caecotrophes) (**Lebas, 2011**)

	Crottes dures	Crottes molles
Matière sèche (%)	53,3	27,1
Protéines	13,1	29,5
Cellulose brute	37,8	22,0
Lipides	02,6	02,4
Minéraux	08,9	10,8

Chapitre II

II.1. Sources alimentaires conventionnelle :

II.1.1. Sources énergétiques :

II.1.1.1.Orge :

L'orge est la quatrième céréale la plus cultivée dans le monde après le maïs, le riz et le blé (FAOSTAT, 2018), soit avec une moyenne annuelle de production de 132 millions de tonnes.

L'orge joue également un rôle primordial non seulement en alimentation humaine, mais également comme aliment de bétail en période hivernale lorsque le déficit fourrager est grand et le prix du fourrage est élevé (Grando *et al.*, 2005).

L'orge (*Hordeum vulgare* L) est utilisé en alimentation animale soit couper ou à pâturer comme fourrage en hiver puis à récolter les repousses en grain ; cette pratique est commune dans le Nord Africain (grand maghreb).

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.

Selon plusieurs auteurs, Liné (1755) classe les orges selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi en deux groupes (figure 6):

- le groupe des orges à six rangs
- le groupe des orges à 2 rangs

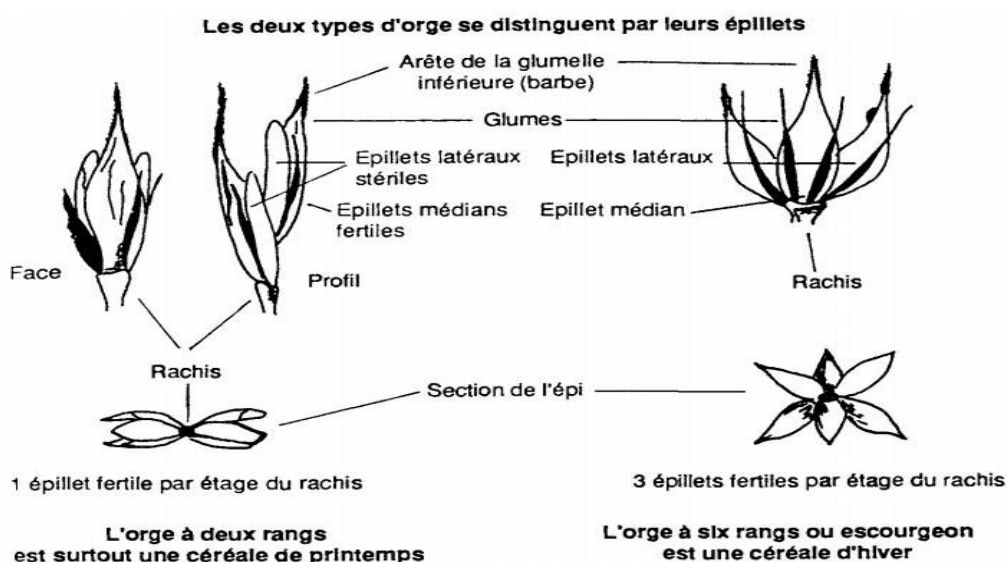


Figure 6 : Epillet d'orge à deux rangs à gauche et d'orge à six rangs à droite (Soltner, 2005)

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

- **Les constituants biochimiques de l'orge :**

L'orge est essentiellement composée de l'azote, des minéraux, d'amidon et des fibres, ces dernières présentent le plus d'intérêt dans l'orge (**Grando et Gómez, 2005**). Il contient également des protéines avec des teneurs limitées en lysine et des lipides dont le tiers est situé dans le germe. Ces constituants se répartissent très différemment selon les tissus. Les diverses familles de constituants biochimiques d'un grain d'orge sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Constituants biochimiques de l'orge en % de matière sèche (**Allosio-Ouarnier, 1999**).

Constituants chimiques	Teneur en % du poids sec
Glucides :	78-85
- Amidon	63-65
- Saccharose	1-2
- Sucres réducteurs	0.1-0.2
- Polysaccharides solubles dans l'eau (gommes)	1-1.5
- Polysaccharides solubles dans les solvants organiques (hémicelluloses)	8-10
- Cellulose	4-5
- Autres	1
Lipides	2-3
Protéines :	8-11
- Albumines	0.5
- Globulines	3
- Hordéines	3-4
-Glutélines	3-4
- Acides aminés et peptides	0.5
Acides nucléiques	0.2-0.3
Sels minéraux	0.2
Autres dont lignine ...	5-6

II.1.1.2.Maïs :

Le grain de maïs est essentiellement destiné à l'alimentation humaine, animale et comme matière première dans de nombreuses industries agroalimentaires. Dans les régions du Nord, le maïs est utilisé, comme le mil et le sorgho, pour la fabrication de la bière locale. 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'quinn 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%). Cette faible valeur

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

nutritionnelle a provoqué de sérieuses carences nutritives chez les populations les plus démunies qui avaient adoptées le maïs comme unique nourriture (Consoli, 2000). Toutefois, la création des hybrides a permis d'améliorer la teneur en protéines de maïs (Bruns et Abbas, 2005).

- **Composition du grain de maïs :**

Tableau 2 indique que le maïs est intéressant comme aliment énergétique mais qu'il être complété dans l'alimentation humaine ou animale par des aliments riche en protéine et en sels minéraux.

Tableau 3 : Composition du maïs (Rouanet 1984)

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

Notons que 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 présent un profil en acides aminés très déséquilibré, plus particulièrement, pour la lysine et en tryptophane avec un excès en leucine (Beccart *et al.*, 2000)

II.1.1.3. Le blé :

Le blé est une céréale appétente, 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 (Johanne, 2005).

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

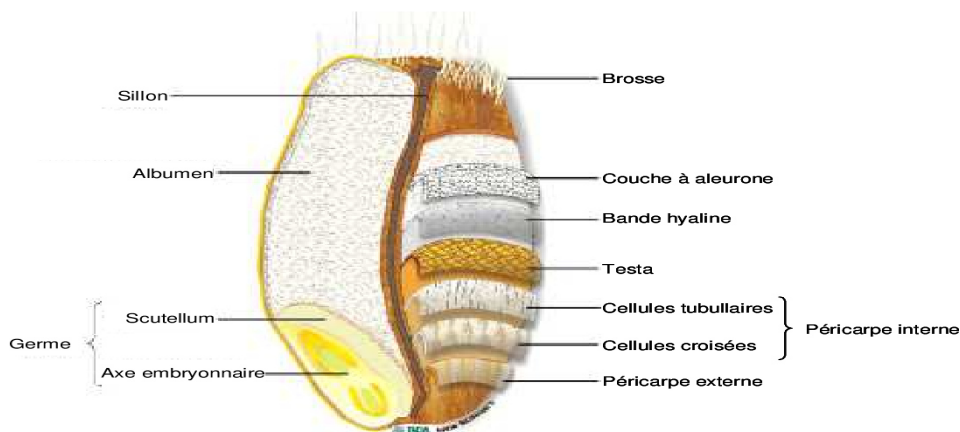


Figure 7 : Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

- **Composition chimique des différentes parties du grain de blé :**

Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture), les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques% seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (tableau 4).

Tableau 4 : Composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000)

Nature des composants	Teneur (%MS)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucre libre	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1.5-2.5

II.1.2. Les sources protéiques :

II.1.2.1. Le tourteau de soja :

Le soja est une excellente source de protéine de bonne qualité, est une matière première très utilisée en alimentation animale. (Benabdeljelil, 1999).

Les tourteaux de soja est une source d'acides aminés par excellence, ils représentent 50% de la production mondiale. (Johan, 2005).

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

Par rapport d'autres sources des protéines végétales, le tourteau de soja contient peu de fibres et beaucoup d'énergies. Ainsi, lorsqu'il est correctement traité, ne contient aucune toxine ni aucun facteur antinutritionnel (Darwin et Britzman, 1994) .

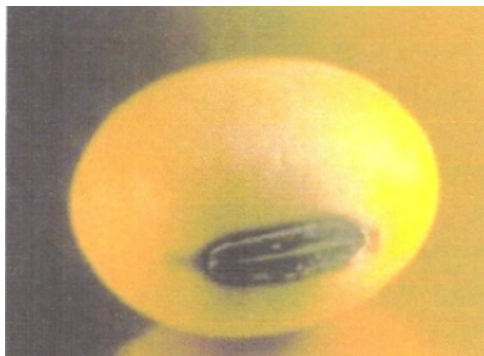


Figure 8 : Graine de soja(united soybean board , 1998)

- **Les produits de soja :**

Selon Nopa (1997), les différents produits de soja sont obtenus par séparation ou extraction des différents composants de soja, on distingue :

1. Le soja graine entière
2. Les graines de soja broyées
3. Le tourteau de soja extrait mécaniquement
4. Le tourteau de soja kibbled
5. Le tourteau de soja décortiqué extrait par solvant
6. L'huile de soja

- **Les composants du tourteau de soja :**

Tableau 5: Normes officielles de teneur en quelques composants du tourteau de soja (Hansen et Peisker, 2003)

	Min / max	Tourteau de soja extrait par solvant	Tourteau de soja décortiqué
Humidité	Max	12	12
Protéines	Min	44	47.5 – 49
Matières grasses	Min	0.5	0.5
Fibre brutes	Max	7	3.3 – 3.5
Agent fluidifiant	max	0.5	0.5

Le tourteau de soja est largement utilisé en alimentation de volailles, associé généralement au maïs. Pour le lapin est incorporé à des teneurs allant de 10 à 20%.

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

II.1.2.2. La graine de fèveole :

La graine de fèveole est constituée d'un tégument (coque), et d'un cotylédon (l'amande), la coque représente 15,50 à 14,7% par apport à la graine entière selon les cultivars (**Wang et Uberschar, 1990; Kaysi et Melcion, 1992**).

La graine de fèveole constitue, une source azotée intéressante en alimentation animale en raison de son taux élevé en protéines brutes qui est en variabilité génétique et environnementale, elle est importante chez la fèveole de printemps (moyenne de 28% et avec une variation de 25 à 36% de MAT) que chez le types d'hiver (moyenne 25% avec une variation de 22à 30%)(**Gallais et Bannerot. 1992**). Ses protéines riches en lysine, mais pauvre en acides aminés soufrés et en tryptophane ce qui limite leur utilisation. Elle est également riche en amidon (**Larbier et Leclercq 1992**).

Il existe la fèveoles d'hiver et celle de printemps, les variétés de printemps sont plus riches en protéines que celle d'hiver (Tableau 6).

Tableau 6: Teneur en matière azoté totale (MAT) de la fèveole d'hiver et celle du printemps (Cheheb, 1980)

Fèveole	Extrême	Moyenne
Fèveole d'hiver	22.7 – 31.5	26.7
Fèveole de printemps	24.2 - 34.1	27.3

- **La composition chimique et la valeur nutritive :**



Figure9: Composition chimique de fèveole (**PROLEA., 2009**).

La valeur nutritive du lapin	La fèveole
ED (kcal/kg)	3073
dE (%)	79
dN(%)	80

Tableau 7 : La valeur nutritive du la fèveole (**SAUVANT et al ., 2004**)

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

II.1.3. Source de fibres :

II.1.3.1. La luzerne :

La luzerne (*Medicago sativa* L.), incorporée souvent à hauteur de 30 %, est sans conteste la matière première la plus utilisée dans la formulation des aliments pour les lapins en élevage rationnel (Lebas, 1987), et pour vaches laitières comme source de fibres et aussi de protéines. Ce type de matières premières (source de fibres riche en protéines) est recherché par les formulateurs. Selon Combes et Cauquil (2006), la luzerne permet aussi d'enrichir la viande des lapins en acides gras poly-insaturés de la classe des oméga 3; et cela aiderait même les lapins à mieux résister au stress thermique selon Liu *et al.* (2010).

- **La composition chimique de la luzerne:**

La composition chimique de la luzerne en vert, en foin et en ensilée est résumée dans le tableau 8

Tableau 8 : Variation de la composition chimique en (%) de la luzerne en fonction du mode de conservation (Mauriès, 1998).

Luzerne	MS	MO	MM	CB	MAT
En vert	16.0	88.3	11.7	27.0	19.1
En foin	19.5	90.8	9.2	23	20
Ensilée	22.6	90.9	9.1	31.3	16.5

II.1.3.2. Sulla :

Sulla (*Hedysarum coronarium* et *Hedysarum Flexuosum*) sont une source de protéines et principalement de fibres avec un potentiel d'utilisation comparable à celui de la luzerne ou du bersim (Heuzé *et al.*, 2013). Kadi *et al.* (2012) ont montré que l'utilisation du Sulla comme fourrage seul en alimentation du lapin peut couvrir les besoins d'entretiens et permet un taux important de croissance.

En Algérie notamment en Kabylie, *Hedysarum Flexuosum* en vert et sous forme de foin est largement utilisé en alimentation du gros bétail surtout le bovin laitier mais aussi dans les élevages traditionnels cynicoles (Kadi *et al.*, 2015).

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

- **Composition chimique du Sulla :**

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%. A ce même stade, le Sulla est aussi plus pauvre en Ca (9.2%), Mg (2.4%) et en phosphore (2.9%) que la luzerne (*Medicago sativa*) (**Maymone et al., 1951**).

D'après **Ben Jeddi (2005)**, le vieillissement du Sulla entraîne une diminution des teneurs de : protéines brutes, de matières grasses, et de substances minérales ; ainsi que la lignification des tiges (tableau 9).

Tableau 9 : Valeur nutritive du sulla en comparaison à la luzerne et le bersim (**Ben jeddi , 2005**).

Espèces	UFL /kg MS	PB %MS	CB %MS	PDIN g/kgMS	PDIE g/kgMS
Sulla	0.76	15.5	27.9	107	105
Luzerne	0.76	19.3	30.5	134	118
Bersim	0.72	23.7	16.3	113	106

II.2. Sources alimentaires non conventionnelles

II.2.1. Les drêches de brasserie

Les drêches de brasserie sont définies, comme étant les résidus séchés de malt d'orge, seuls ou mélangés avec d'autres céréales, résultant de la fabrication du moût ou de la bière et pouvant contenir du houblon séché pulvérisé en quantité n'excédant pas 3% (**Westendorf et Whort, 2002**). Les drêches, sont utilisables sous trois formes (humides, ensilées ou déshydratées), leurs richesse en protéines (20-33%) et en fibre (ADF 17-26%) en fait d'elles une source intéressante de bonne valeur alimentaire (**Quemere et al., 1983**).

Cherifi (2018), rapporte que plusieurs travaux ont démontré la possibilité d'utiliser les rêches de brasserie en alimentation de lapins en engraissement citons ceux de **Fernandez-Carmona et al., (1996)**, **Lebas et al. (1996)**, **Marteans et Salifou (1997)**, **Berchiche et al.(1999)**, **Lounaouci-Ouyed et al.(2008)**, **Guermah et al. (2016)** et récemment par **Lima et al.**

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

(2017) à des taux d'incorporation allant de 20 à 30%. Néanmoins, incorporées à 40% dans un essai réalisé par **Harouz-Cherifi *et al.* (2018a)**, elles n'ont pas affecté les performances de croissance des lapins, ni l'indice de consommation, de plus elles ont permis de réduire le coût de l'aliment. La valeur nutritive des drêches obtenue par différents auteurs (Tableau 10), montre sa bonne valeur énergétique et protéique.

Tableau 10 : Valeur nutritive des drêches de brasserie pour le lapin rapportée par la bibliographie

	Fernandez et carmona (1996).	Salifou et Maretens (1997)	Guermah <i>et al.</i> (2016)	Lima <i>et al.</i> (2017)
ED MJ/kg MS	13.8	10.06	11.66	11.2
PD %	-	15.3	15.7	15.6

II.2.2. Les grignons d'olive :

Le grignon d'olive est un résidu de l'extraction d'huile des olives entières broyées. Obtenu soit par pression soit par centrifugation. Il est constitué par un agrégat de pulpes, de pellicules du fruit, de coques, de noyaux fragmentés et de l'amidon. Il est riche en cellulose brute et pauvre en matières azotées (**ITELV, 2001**)

D'après une étude menée par **Ben ryan *et al.*, (1994)**, l'incorporation du grignon d'olive (grignon brut issu des presses continues et sans aucun traitement préalable) dans les aliments pour lapin en croissance jusqu'à un taux de 23% n'a aucun effet négatif sur les performances. En outre les aliments contenant des grignons entraînent une diminution du prix de revient de l'aliment et permettent une diminution des coûts de production de la viande de lapin.

- **Types des grignons d'olive**

- Le grignon brut
- Le grignon épuisé
- Le grignon partiellement dénoyauté
- La pulpe d'olive

- **La composition chimique :**

La composition chimique du grignon d'olive varie dans de très larges limites, Elle dépend des facteurs intrinsèques du fruit (variété, stade de maturité), du procédé d'extraction de l'huile et

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

aussi de l'épuisement par solvant (Nefzaoui, 1985). Le tableau 11 présente la composition chimique de différents types de grignons.

Tableau11 : Composition chimique de différents types de grignons (en % par rapport à la matière sèche) (Nefzaoui, 1985).

Type de grignon	Brut	Epuisé non tamisé	Tamisé gras	Epuisé tamisé
Matière sèche, %	69,8 – 95,0	86,0 – 95,0	89 ,0 – 94.08	88,2 – 90,5
Cendres totales,%	3,4 – 14,7	5,8 – 9,3	10,3 – 25,3	11,0 – 22,3
MAT,%	5,0 – 10,3	12,4 – 16,2	6,8 – 9,0	2,0 – 6,5
Matière grasse, %	3 – 12,6	1,1 – 7,4	6,9 – 15,0	2,0 – 6,5
Cellulose brute,%	32,0 – 47,5	32,6-53,3 12	12,0 – 33,5	14,5 – 23,3

II.2.3. Le caroube :

Le caroube (*Ceratonia siliqua* L.) pousse naturellement dans toute la région méditerranéenne et produit des fruits sous forme de gousse contenant entre 8 à 16 haricots. Il a été utilisé dans l'alimentation humaine et animale pendant des siècles. Aujourd'hui, il est principalement exploité pour la fabrication de la gomme de caroube (additif alimentaire E-410) (Rosil *et al.*, 2002).

- **Composition chimique de la caroube :**

La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend en général, du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (Albanell *et al.*, 1991). Selon les travaux d'Avallone *et al.*, (1997) et de Bengoechea *et al.*, (2008), la gousse de caroube est riche en hydrates de carbone et en fibres, elle contient une faible quantité de protéines et des teneurs négligeables en lipides ; quant à la teneur de la caroube en minéraux elle est appréciable. La composition chimique de la graine a été évaluée par Bouzouita *et al.*, (2007), qui a démontré que la graine était pauvre en minéraux en fibres et en protéines, par contre elle contient une quantité appréciable de lipides.

Chapitre II : les sources alimentaires conventionnelle et non conventionnelle en alimentation du lapin

Tableau 12 : Composition et analyse chimique de la farine de caroube (Rosil *et al.*, 2002)

	Farine de caroube
Analyse chimique	
Matière sèche	954
Sucres totaux	366
Fibre au détergente neutre	220
Protéine brute	32
Lysine	1,1
Energie (MJ EM/kg) (3)	13,1
Tanins (g/kg eq. catèchine)	23,5

II.2.4. Rebutts de dattes

Les rebutts de dattes sont le résultat de triage après la récolte, ce sont des dattes de mauvaise qualité, de faible valeur marchande, impropres à la consommation humaine soit du fait de leur faible qualité gustative, soit du fait de leur texture dure (Estanove, 1990), pouvant être valorisées, par leur incorporation, dans la ration alimentaire du bétail (Salhi, 1991). Les déchets de dattes fournissent une grande quantité d'énergie, par conséquent, ils conviennent très bien à l'engraissement. Par leur richesse en sels minéraux, ils occupent une place de choix pour la production laitière. Grâce à leur saveur sucrée, ils augmentent l'appétabilité de certains aliments refusés (Matallah, 1970).

• Catégories de rebutts de dattes

Nous pouvons distinguer différentes catégories de rebutts des dattes (MERADI *et al.*, 2016) :

- **Belha** : datte immature
- **Sich** : datte non fécondée ou avortée ne possédant pas de noyau
- **Hechfa** : datte sèche avariée, n'ayant pas atteint la date de maturation, manquant d'eau et d'éléments nutritifs
- **Kehla** : datte noire ayant été oxydée
- **M'soussa** : la véreuse, datte attaquée par *Ectomylois ceratonia* (Pyrale des dattes)
- **Boufaroua** : datte attaquée par le boufaroua, *Oligonychus afrasiaticus* (acarion du palmier dattier)
- **Mentoucha, Mengouba**: attaquée par les oiseaux et autres
- **Malbouza** : datte écrasée.

- **Caractérisations chimiques des rebuts de dattes :**

Tableau 13 : Caractérisations chimiques des rebuts de dattes. (Vandercook et al., 1979 ; Ahmad et al., 1995).

Composants	Mélange Pulpe + Noyau (Cette étude)
Matière sèche (g/100g MS)	73,64 ± 0,21
Activité de l'eau	0,32 ± 0,02
Protéines*	4,93 ± 0,03
Matière grasse*	0,313 ± 0,013
Cendres*	2,21 ± 0,02
Cellulose brute*	2.20 ± 0,16
Sucres totaux*	81,54± 0,90
Sucres solubles*	50,21 ± 0,58
Polysaccharides*	31,33 ± 0,32

Chapitre III

Chapitre III : description de l'Azolla ET L'intérêt en alimentation animale

Dans ce chapitre, nous allons faire une description de l'azolla comme plante aquatique de très bonne valeur nutritive qui pourrait être une bonne source de protéines et de fibres. En effet, la recherche et la promotion de l'azolla comme aliment du bétail se sont multipliées ces dernières années, cette plante pourrait être utilisée comme source alternative aux tourteaux de soja et à la luzerne dans l'alimentation animale plus particulièrement chez le lapin.

III.1. Description de l'Azolla

Azolla est une fougère aquatique flottante à croissance rapide à la surface de l'eau. Il flotte comme une petite masse verte compacte et plate. Dans des conditions idéales, il croît de manière exponentielle, doublant sa biomasse tous les trois jours (**Chander et al., 2017**).

Il existe au moins huit espèces d'Azolla dans le monde; *Azolla caroliniana*, *Azolla circinata*, *Azolla japonica*, *Azolla mexicana*, *Azolla microphylla*, *Azolla nilotica*, *Azolla pinnata* et *Azolla rubra* (**Malek et al., 2008**).

Ainsi, selon Chander et al. (2017), l'azolla produit plus de 4 à 5 fois des protéines d'excellente qualité par rapport à la luzerne. En outre, la production de biomasse est de près de 4 à 10 fois supérieure que la luzerne.

L'azolla se trouve naturellement dans les étangs, les fossés et les zones humides des régions tempérées et tropicales chaudes du monde entier. Il nécessite de la lumière pour la photosynthèse et pousse bien à l'ombre partielle. Généralement, Azolla a besoin de 25 à 50 %

III.1.1. La morphologie de l'azolla

Une plante d'Azolla est constituée d'une tige principale de longueur excédant rarement 3 ou 4 cm (**Vanhove, 1989**). Les frondes d'*Azolla pinnata* voir *Africana* mesurent de 1 à 3 cm de long. Elles flottent à la surface de l'eau et sont couvertes de petites feuilles alternées étroitement imbriquées cachant ainsi la tige. Celle-ci forme à intervalles réguliers des tiges secondaires ayant les mêmes caractères généraux que la tige principale pouvant à leur tour produire des tiges de troisième ordre, celles-ci sont les tiges de quatrième ordre (**Vanhove, 1989**). Cette architecture confère à la plante une forme plus ou moins triangulaire ou circulaire selon les espèces.

Les racines adventives mesurent 1 à 3 cm de long. Elles sont couvertes de poils absorbants disposés en touffes (**Reynaud et Franche, 1986**). Les racines sont orientées vers l'eau et s'enfoncent verticalement.

Chapitre III : description de l'Azolla ET L'intérêt en alimentation animale

Chaque feuille est constituée de deux parties appelées lobes. L'un d'eux est disposé au dessus de la tige, plus épais et chlorophyllien, il contient une cavité interne, abritant une population de cyanobactéries (algue bleue) appelées *Anabaena azollae* (Vanhove, 1989).



Figure 10: Aspect de l'azolla

III.2. Reproduction :

Chez l'Azolla, il existe 2 modes de reproduction : la reproduction sexuée ou générative et la reproduction asexuée ou multiplication végétative. La reproduction se fait par voie végétative dans les conditions climatiques favorables et par voie générative en saison défavorable caractérisée par la chaleur ou le froid intense (Becking, 1979).

La symbiose est maintenue durant le cycle sexuel. Les cellules d'*Anabaena*, notamment les akinètes (akinétospores) sont enfermées à l'intérieur des macrosporocarpes. Elles sont enfoncées dans une cavité sous le chapeau de l'indusie du macrosporange.

Après fécondation de l'oosphère, un zygote se forme et se développe en sporophyte avec son algue associée (Figure 11)

Chapitre III : description de l'Azolla ET L'intérêt en alimentation animale

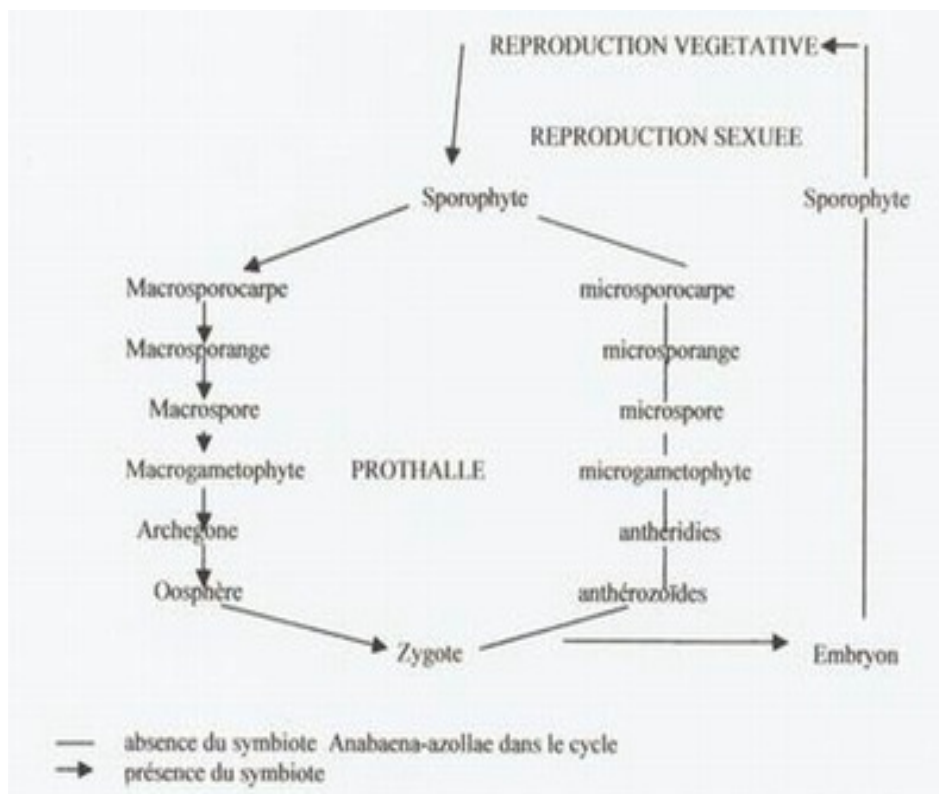


Figure 11: Schéma de la reproduction sexuée et végétative d'Azolla. (Becking, 1979).

III.3. La forme de présentation de l'azolla :

L'azolla peut être utilisé sous 3 formes : fraîche, sèche et ensilé

III.3.1. Azolla fraîche :

D'après Van Hove (1989), ce mode de présentation n'exige aucune opération de transformation et n'entraîne aucune dénaturation des composants.

III.3.2. Azolla sèche :

Le séchage (au soleil) mené dans de bonnes conditions ne modifie que peu la valeur nutritive de la plante. Le séchage doit s'effectuer dans un endroit bien aéré, non humide et bien étalé l'azolla en fine couche. La durée de séchage varie de 3 à 4 selon la température ambiante. (Van Hove (1989).

III.3.3. Azolla ensilée : Ruben (1987), a montré que l'ensilage de l'azolla peut être pratiqué surtout pour traiter la biomasse excédentaire produite et utilisée comme aliment pour les

Chapitre III : description de l'Azolla ET L'intérêt en alimentation animale

animaux. Le silo est ensuite couvert. La fermentation prend moins d'un mois et le produit peut se conserver 2 ans.

III.4. 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 *Lemna minor*), 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).

III.4.1. La farine d'Azolla pinnata :

Il ya peu de travaux qui ont étudié la valaure nutritive de l'azolla en alimentation animale, néanmoins, selon l'espèce à considérer la composition chimique de *l'azolla pinnata* a été rapporté dans le tableau 14.

Tableau 14 : La composition chimique de la farine d'Azolla pinnata (Alalade *et al.*, 2006).

Composition chimique en %	Protéines brutes	fibres brutes	d'extrait à l'éther	cendres	glucides
La farine d'azolla pinnata	21,4	12,7	2.7	16.2	47.0

III.4.2. Azolla pinnata sèche :

L'analyse chimique de *Azolla pinnata* séché au soleil pendant 3 jours est données dans le tableau 15.

Tableau 15 : La composition chimique d'Azolla pinnata séché (Shamna, 2013)

Composition chimique en %	MS	PB	d'extrait à l'éther	fibres brutes	d'azote libre	cendres totales	Ca	p
<i>Azolla pinnata</i> séché %	88,08	25,46	2,66	14 ,08	41,58	15,5	2,25	0,40

Chapitre III : description de l'Azolla ET L'intérêt en alimentation animale

III.6. les facteurs qui favorisent la croissance d'azolla :

Azolla est une plante fragile qui exige un certain nombre de facteurs pour vivre, pour se développer et pour croître. Parmi ces facteurs on peut citer : l'eau, la température, PH, la lumière, éléments nutritifs (**Rahagarison, 2005**).

III.6.1. Le régime hydrique :

Azolla est une plante aquatique flottante, mais elle peut se développer sur la boue, ou sur un sol très humide, dans ces cas la surpopulation survient rapidement à cause de l'impossibilité de dispersion et de fragmentation des frondes (**Van Hove, 1989**). La fougère ne peut pas coloniser les grands lacs, ni les eaux turbulentes, car l'effet de vague et de la turbulence de l'eau provoque la fragmentation excessive des frondes diminuant ainsi la croissance (**Ashton et Walmsley, 1976**).

Ainsi une faible profondeur (quelques centimètres) favorise la croissance (**Van Hove, 1989**). Les racines étant plus proches du sol, les nutriments deviennent plus accessibles et les effets du vent se trouvent diminués.

De plus, l'eau est la condition de base pour la croissance et la multiplication d'Azolla et est extrêmement sensible au manque d'eau. Le maintien d'un niveau d'eau adéquat (au moins 4 pouces dans l'étang) est essentiel (**Rajesh, 2020**).

III.6.2. Effets de la température :

La température optimale pour la croissance se situe entre 20 et 30°C. Certaines souches ont pu survivre temporairement à des températures de -5 et 45°C. D'autres souches sont très affectées par une température inférieure à 10°C, mais peuvent supporter des valeurs dépassant 35°C, comme le cas de nombreux écotypes d'*Azolla pinnata* (**Van Hove, 1989**). Cependant, des températures supérieures à 37°C affecteront sérieusement la multiplication d'Azolla. L'humidité relative optimale est de 85 à 90 % (**Rajesh, 2020**).

III.6.3. Effets du pH:

Azolla peut croître dans une large gamme de pH : 3,5 à 10 , mais l'optimum est de 4,5 à 7. Le pH optimal est de 5 à 7. Un pH trop acide ou alcalin a un effet néfaste sur cette fougère (**Rajesh, 2020**).

Chapitre III : description de l'Azolla ET L'intérêt en alimentation animale

III.6.4. Effets de la lumière :

Jusqu'à une intensité de 50% de l'intensité naturelle maximale, le taux de croissance d'*Azolla* est fonction croissante de l'intensité lumineuse (Ashton, 1974, 1980). Toutefois, selon Ray et al (1979), le niveau d'absorption de CO₂ est élevé chez certaines souches d'*Azolla*, même à 100% de la lumière naturelle.

III.6.5. Éléments nutritifs :

Le besoin en minéraux d'*Azolla* comprend les macroéléments (P, K, Ca, Mg et Mn) et les microéléments (Fe, Mo, Co). Les carences en ces éléments entraînent les diminutions des croissances (Becking, 1979). Mais la caractéristique la plus remarquable dans ce domaine nutritionnel est l'indépendance totale à l'égard de la source d'Azote. *Azolla* croit parfaitement en absence d'azote combiné (Van Hove *et al.*, 1983).

Bien que tous les éléments soient essentiels, le phosphore est l'élément limitant le plus courant de sa croissance. Environ 20 ppm de phosphore dans l'eau est optimal. L'application de micronutriments améliore la multiplication et la croissance.

III.7. Utilisation de l'azolla en agriculture :

L'Azolla est utilisé comme :

- Engrais azoté pour le riz.

Un certain nombre d'avantages secondaires a été attribué à Azolla :

- Diminution des pertes d'eau par évaporation.
- Effet herbicide dû au tapis d'Azolla qui empêche les plantules de mauvaises herbes de croître.
- Réduction de la prolifération des moustiques.
- Amélioration de la texture du sol (Rahagarison, 2005).

Ces applications ne sont pas seules possibles. En effet, des recherches sont entreprises en vue d'évaluer le potentiel d'utilisation d'Azolla comme :

- Engrais verts pour des cultures sur terre ferme après compostage.
- Aliment pour des animaux autres que ceux mentionnés ci-dessus et pour l'homme.

Chapitre III : description de l'Azolla ET L'intérêt en alimentation animale

- Matière première pour digesteur biométhane.

III.8. L'utilisation d'Azolla 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**).

III.8.1. 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 m² dans la zone.

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**).

III.8. 2. 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.

III.8. 3. 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

Chapitre III : description de l'Azolla ET L'intérêt en alimentation animale

frais) en moyenne par jour, a amélioré la production mensuelle de lait d'au moins 10 litres par vache.

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 donc 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**).

Conclusion

Conclusion

Les sources conventionnelles de protéines telles que les tourteaux de soja sont en effet rares et donc coûteuses. Il se pose donc le problème de la régularité de leur qualité et de leur disponibilité. Les nutritionnistes ont donc tenté d'utiliser des protéines animales et végétales disponibles localement, afin de les substituer totalement ou partiellement aux protéines conventionnelles. Ces ressources non conventionnelles ont joué un rôle important dans le développement de l'élevage, permettant une forte augmentation de la production de viande et de lait.

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.

La composition d'Azolla en fait donc 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.

L'utilisation d'Azolla comme aliment pour animaux lapin pourrait constituer un bon axe de recherche ; du fait de la rareté de données sur son utilisation en alimentation animale.

Pour mieux approfondir les connaissances sur cette plante, nous recommandons :

- Déterminer la valeur nutritive de l'azolla
- Réaliser des essais sur sa culture et sur ses besoins nutritifs pour un meilleur rendement en biomasse
- Réaliser des essais de croissance chez le lapin, volaille
- Déterminer son effet en alimentation du bovin et ovin
- Réaliser une étude technico-économique pour situer son coût de production
- Encourager les éleveurs et les orienter vers la valorisation des sources alimentaires locales.

Référence

Référence

- **Ahmad I.A. Ahmed A.W.K. Robinson R.K. (1995):** Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening, *Food Chemistry*, 54, 305-309.
- **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.
- **Albanell E., Caja G. and Plaixats J. (1991),** Characterization of Spanish carob pod and nutritive value of carob kibbles, *Options Méditerranéennes* N°16, pp. 135- 136.
- **Ashton P.J. 1974.** The effects of some environmental factors on the growth of *Azolla*
- **Ashton P.J. et Walmsley R.D. 1976.** The aquatic fern *Azolla* and its *Anabaena* symbiont, *Endeavour* 35, 39-43.
- **Avallone R, Plessi M., Baraldi M. and Monzani A. (1997),** Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, *Journal of food composition and analysis*, Vol.10, pp.166–172
- **BECKING J.H. (1979).** *Environmental requirements of Azolla for use in tropical rice production, Nitrogen and Rice.* International rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines, pages 345-374.
- **Bellier R., Gidenne T, Vernav M, Colin M, 1995.** In vivo study of circadian variations of the cecal fermentation pattern in postweaned and adult rabbits. *J. Amin. Sci.* 73, 128-135.
- **Ben Emna, M., 1991.** Analyse du système fourrager de l'agrocombinat 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 Rayana A., Bergaoui R., Ben Hammouda M., Kayouli C., 1994.** **Incorporation du grignon d'olive dans l'alimentation des lapereaux.** *World Rabbit Science.* 2(3), 127-134.
- **Ben Youssef S., M. Chakroun, M. El Felah, N. Omri, 2001.** Aptitude à la double exploitation de génotypes d'orge en région subhumide en Tunisie. *Fourrages* 168, p.509-521
- **Benabdeljelil.K, 1999.** L'incorporation du soja , graines entières extrudées dans l'alimentation du poulet de chaire, Effet sur les performances de croissance Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II , Maroc .
- **Bengoechea B, A. Romero, A. Villanueva, G. Moreno, M. Alaiz, F. Millán, A. Guerrero and M.C. Puppo, (2008),** Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins *Food Chemistry*, Vol. 107, N°2, pp. 675-683.
- **Berchiche M., Lounaouci G., Lebas F., Lamboley B. 1999.** Utilisation of 3 diets based on different protein sources by Algerian local growing rabbits. *Cahiers Options Méditerranéennes.*, 4: 51-55.

- **BJÖRNHAG G., 1972.** Separation and delay of contents in the rabbit colon. Swedish. J. Agric. Res. 2, 125-136.
- **Bouzouita N., A. Khaldi, S. Zgoulli, L. Chebil, R. Chekki, M.M. Chaabouni and P. Thonart, (2007),** The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia Food Chemistry Vol. 101, N°4, pp. 1508-1515.
- **Bruns H.A. et Abbas H.K., 2005.** Responses of short-season corn hybrids to a humid subtropical environment. Agronomy Journal 97: 446-451.
- **Carabano R, 1992.** The use of local feeds of rabbit. Option Méditerranéenne, série séminaire, (17), 141-158 p.
- **Chander H et Kumar G. 2017.** A Study on the Potential of Azolla pinnata as Livestock Feed Supplement for Climate Change Adaptation and Mitigation. *Climate resilient agriculture in Himalayas* Characterization and comparisons of five N₂-fixing Azolla-Anabaena associations. I.
- **Cheeke P. R., 1987.** Rabbit Feeding and Nutrition. New York Academic Press, 1987.
- **CHEHEB N., 1980.** Essai de substitution du tourteau de soja par la fèverole autoclavée et le tourteau colza dans l'alimentation du poulet de chair, mémoire d'ingénieur, INA, Zootechnie.
- **Combes S., Cauquil L., 2006.** Viande de lapin et oméga 3 : Une alimentation riche en luzerne permet d'enrichir la viande des lapins en oméga 3. Viande et Produits Carnés, 25 (2) 31- 35.
- **Consoli L., 2000.** Analyse de la variabilité d'expression et de structure de gènes cibles du facteur de transcription opaque-2 chez le maïs (Zea mays L). Recherche d'association avec le polymorphisme au locus O2. 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., Nelsens 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. Journal of Animal Science 77 (12) : 3262-3273.
- **Darwin.G et Britzman, 1994.** Nutrient Requirements of poultry, neuvième édition révisée, 1994.
- **DONNELLY TM (2003).** Basic anatomy, physiology and husbandry. In: QUESENBERRY K, CARPENTER J. Ferrets, rabbits, and rodents: clinical medicine and surgery. 2nd edition. St Louis, WB Saunders, 136-145.
- **Estanove P., 1990.** Note technique : valorisation de la datte. Options Méditerranéennes, Série A, n°11 - Les systèmes agricoles oasiens, 302-318.
- **FAOSTAT. 2012.,** The Statistics Division of the FAO. <http://faostat.fao.org/>
- **Feillet P., 2000.** Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308p

- **Fernandez-Carmona, J.; Cervera, C.; Blas, E., 1996.** Prediction of the energy value of rabbit feeds varying widely in fibre content. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 64 (1): 61-75.
- **Fromont A , Tanguy M , 2011.** Elevage du lapin Tome 1, Edition actualisée, Educagri ,177 p.
- **Gallais A., Bannerot H., 1992-** Amelioration des espèces cultivées: objectifs et critères de sélection. INRA édition. P.31-32.
- **García A.I., de Blas J.C., Carabaño R. 2004.** Effect of type of diet (casein-based or proteinfree diet) and caecotrophy on ileal endogenous nitrogen and amino acid flow in rabbits. *Animal Science* 79, p.231-240.
- **Garreau H., Theau-Clement M. 2015.** Anatomie, taxonomie, origine, évolution et domestication. in:Le lapin : de la biologie à l' élevage (Gidenne T., ed.), Quae . 13-32.
- **Gidenne T et Lebas F, 2005.** Le comportement alimentaire du lapin. 11^{ème} Journées de recherche cunicole, Paris (France). 183-196.
- **Gidenne T, Perez J.M , Lebas F , 1998.** Besoins en constituants pariétaux du lapin de chair. Archambeaud Ed, Fonds SYPRAM , SOFIPRO TOEL publi. 9p.
- **GIDENNE T., LEBAS F., 1987.** Estimation quantitative de la cœcotrophie chez le lapin en croissance : variations en fonctions de l'âge. *Ann. Zootech.* 36, 225-236.
- **Gomez García D and Fillat F.2004.** Utilisation du Frêne comme arbre fourrager dans les Pyrénées de Huesca. *Ecologie des milieux montagnards et de haute altitude : documents d'écologie pyrénéenne*, vol. III-IV: 481-489.
http://digital.csic.es/bitstream/10261/108388/1/Gomez_utilisation_frêne_1984.pdf
- **Grando Stefania, Helena Gomez Macpherson, 2005.** Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge, ICARDA.
- **Guermah H., Maertens L., Berchiche M. 2016.** Nutritive value of brewers' grain and maize silage for fattening rabbits, *World Rabbit Sci*, 2016, 24: 183-189.
- **Hansen et Peisker, 2003.** Normes officielles de quelques produits de soja, American Soybean Association.
- **HARCOURT-BROWN F (2002).** Textbook of rabbit medicine. Butterworth-Heinemann, Oxford, 432 p. HINTON M (1980) Gastric ulceration in the rabbit. *J Comp Pathol.*, 90, 475-481.
- **Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2018a.** Effect of simplified feeding based only on wheat bran and brewer's grain on rabbit performance and economic efficiency. *World Rabbit Sci.* 2018, 26: 27-34.
- **Heuzé,V., Trang,G., Bastianelli,D., Archimed,H., Sauvant, D., 2013.** Importance of introducing the cultivation of legumes mainly Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) variety Bikra 21, in the farming systems. Constantine, Algérie.
- **Johann.Fickler, 2005.** Surveillez la teneur en acides aminés des tourteaux de soja.
- **Kadi, S.A., Belaidi-Gater, N., Oudai, H., Bannelier, C., Berchiche, M., Gidenne, T., 2012.** Nutritive value of fresh sulla (*hedysarum flexuosum*) 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.
- **Kadi, S.A., Guermah, H., Mouhous, A., Djellal, F., Berchiche M., 2015.** Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*): an not well-known forage legume of the

Mediterranean coast. In: Actas AEL nr. 6. EUCARPIA International Symposium on Protein Crops, V Meeting AEL, Pontevedra, Spain, May 4-7 2015, 127-128.

- **Kaysi, Y., & Melcion, J.P., 1992)**- Traitements technologiques des protéagineux pour le monogastrique: exemples d'application à la graine de féverole. INRA, 5, 3-17.
- **LARBIER M. LECLERCQ B., 1992.**, Nutrition et alimentation des volailles. INRA.Paris.
- **Lebas F, 2000.** Vitamins in rabbit nutrition. World Rabbit Science 8(4) : 185-194.
- **Lebas F. 1987.** La luzerne déshydratée et le lapin. Cuni Sciences Vol. 4, Fasc. 1, 11-22
- **Lebas F., Coudert P., Kpodekon M., Djago y.A., Akoutey A. 1996.** Rabbit breeding in tropical conditions, comparative study between a local strain and an European strain. II. Utilization of local concentrate or of imported pelleted feed in fattening rabbits. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 9-12/07/1996, vol. 3, 381-388
- **Lebas F, 2008.** Conduite de l'élevage des lapins : Alimentation, Reproduction, Hygiène. Journée d'Information du GIPAC sur la production cunicole pour les éleveurs, vétérinaires et techniciens tunisiens, Tunis, 15 Avril 2008. Dossier Power point, 45 Dias.
- **LEBAS F., 1973.** Possibilités d'alimentation du lapin en croissance avec des régimes présentés sous forme de farine. Ann. Zootech. 22, 249-251.
- **LEBAS F., 1975.** Etude chez les lapines de l'influence du niveau d'alimentation durant la gestation. I. Sur les performances de reproduction. Ann. Zootech. 24, 267- 279.
- **Lima P.J. D .O., Watanabe P. H., Cândido R. C., Ferreira A .C. S., Vieira A. V., Rodrigues B .B. V., Nascimento G.A .J., Freitas E.R. 2017.** Dried brewers grains in growing rabbits: nutritional value and effects on performance. World Rabbit Sci. 2017, 25: 251-260.
- **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
- **Lounaouci-Ouyed G., Lakabi-Ioualitene D., Berchiche M., Lebas F. 2008.** Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. In 9th World Rabbit Congress, Verona.
- **Maertens L., Salifou E. 1997.** Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. World Rabbit Sci,5, 161-165.
- **Malek M.A., Khan M.J., Islam K.M.S. 2008.** Amélioration nutritionnelle de la paille de riz ensilée grâce à la supplémentation en urée, mélasse, farine de graines de soja et plantes aquatiques. Indian J. Anim. Sei., 78 (12): 1404-1407
- **Matallah S. 1970.** Essai sur les programmes de développement agricole, contribution à la valorisation des dattes algériennes. Mémoire d'Ingénieur. INA, El-Harrach, Alger, 170.

- **Mauriès M., 1998.** Cour luzerne , module FO : production et gestion du système fourrager. GNIS et du SNDF. France. 22p.
- **Maymone, B., Tiberio, M., et Maziotti Di Celso, P., 1951.** Chemical composition and feed value of *Hedysarum coronarium* L. Régions méditerranéennes, Afrique du nord et sud de l'Europe.
- **Nefzaoui A., 1985.** Valorisation des résidus lignocellulosiques dans l'alimentation des ruminants par les traitements aux alcalis. Application aux grignons d'olive. Ph.D. Thesis. Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium.
- **NOPA, 1997.** Normes officielles des produits de soja, la National Oil Processors Association,
- **O'MALLEY B (2005).** Clinical anatomy and physiology of exotic species. WB Saunders, 272 p.
- **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, high oil corn for young pigs. *Journal of Animal Science* 78: 2144-2149
- **Orengo J et Gidenne T, 2007.** Feeding behavior and caecotrophy in the young rabbit before weaning : An approach by analyzing the digestive contents. *Applied Animal Behaviour Science* 102(1-2) : 106-118.
- **Portsmouth J.I. 1977.** The nutrition of the rabbits. In: Haresign, W., Swan, H. and Lewis, D. (eds) *Nutrition and the Climatic Environment*. Butterworths, London, UK, p. 93-11.
- **PROLEA., 2009** : La filière française des huiles et protéines végétales : L'alimentation animale, les graines : pois, féveroles, lupin. France
- **Quemere P., Fourdrinier R., Lefranc A., Willequer F. 1983.** Utilisation de la drêche de brasserie déshydratée par le porc en croissance-finition. *Journées rech, Porcine en France*, 15, 325-334.
- **RAHAGARISON (2005).** «*Etude bibliographique de l'Azolla ou la « ramilamina » plante fertilisatrice d'Azote (N₂)*». TALOHA, numéro 14-15, page consultée, le 17 juillet 2007 <http://www.taloha.info/document.php?id=117>.
- **Rajesh S. 2020.** Production of azolla as livestock feed supplement in India. *Pashudhan praharee. Indian Dairy & Poultry industry*. 43p.
- **Ray T.B., Mayne B.C., Peter G.A. et Toia R.E., Jr. 1979.** *Azolla-Anabaena* relationship.
- **REYNAUD, P., FRANCHE, C. (1986).** *Azolla pinnata* var. *Africana* "de la biologie moléculaire aux Applications Agronomiques". Dakar Sénégal. ORSTOM. 15 p.
- **Rosil LIZARDO (1,4), Jaime CAÑELLAS (2), Francisco MAS (3), David TORRALLARDONA (4), Joaquim BRUFAU (4), 2002.** L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets.
- **Rouanet, G., 1984.** Le maïs. Editions Maisonneuve et Larose, Paris : 142p

- **Salhi A., 1991.** Essai d'incorporation de rebuts de dattes dans l'alimentation des jeunes ovins, race Ouled Djellal. Mémoire d'ingénieur ITAS Ouargla, 42 P.
- **SAUVANT D., PEREZ JM., TRAN G., 2004 .**, Tables de la composition et de la valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage (Porcs, volailles, bovins, caprins, lapins, chevaux, poissons .
- **Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricole, 472p.
- **Surget A, Barron C (2005)** Histologie du grain de blé. industrie des céréales 145 : 3-7.
- **Tran G. , 2015.** *Azolla* . Feedipedia, un programme de l'INRA, du Cirad, de l'AFZ et de la FAO. <https://www.feedipedia.org/node/565> Dernière mise à jour le 19 octobre 2015, 14:31
- **United soybean board, 1998.** Manuel des importateurs de soja pour l'Afrique du nord. Utilisation de l'*Azolla* comme source de protéines pour l'alimentation animale à
- **VAN HOVE C., DIARA H.F. & GODARD P. (1983).** *Azolla en Afrique de l'Ouest* (ADRAO) SCHRAMM, RAKOTONAIVO (1987), contribution à l'étude préliminaire de l'utilisation de l'*azolla* comme engrais vert riziculture Malgache, Antananarivo : Académie Malgache , colloque international sur l'amélioration de la riziculture par les méthodes biologique ;p9.
- **VAN HOVE, C., (1989).** *Azolla et ses emplois multiples* (Publié à la demande de la FAO). Saint-Etienne Biologique , E.Oleffe, 52 p.
- **Vandercook C.E. Hasegawa S. et Maier V.P. (1979):** Quality and nutritive value of dattes as influenced by their chemical composition, Date Growers'Institute, 54, 3-11.
- **WANG PX., UBERSCHAR KH., 1990.** The estimation of vicine, convicine and condensed tannins in 22 varieties of fababeans (*Vicia faba* L.). Anim. Feed sci. Technol., 31, 157-165.
- **Westendorf M. L., Wohlt J. E. 2002.** Brewing by-products: Their use as animal feeds. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 18:233–252.
- **Zoubiri Lamia 2012.** Production d'alpha amylase par des moisissures cultivées sur milieu à base de rebuts de dattes