



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

Projet de fin d'études en vue de l'obtention  
du diplôme de Master en Sciences Agronomiques  
Spécialité : Production et Nutrition Animale

Thème

***ETUDE DE LA VALEUR NUTRITIVE DE L'ORGE  
HYDROPONIQUE DE LA VARIET DE SAIDA***

Présenté par :

**BAGHDADI M<sup>ed</sup> Fayçal**

Devant le jury composé de :

<b>M<sup>me</sup> MEFTI. H</b>	<b>MCA</b>	<b>USDB</b>	<b>Président</b>
<b>Mr. BENCHERCHALI. M</b>	<b>MCB</b>	<b>USDB</b>	<b>Promoteur</b>
<b>M<sup>me</sup> OUAKLI. K</b>	<b>MCB</b>	<b>USDB</b>	<b>Examinatrice</b>

ANNEE UNIVERSITAIRE 2017/2018

## Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la santé, le courage et les moyens pour suivre mes études ainsi que la volonté et la patience pour la réalisation de ce travail.

Mes sincères remerciements et ma profonde gratitude s'adressent à mon encadreur Mr BENCHERCHALI Mohamed, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa grande patience, ses encouragements, ses orientations et ses conseils précieux ;

Je remercie les membres du jury, Mme MEFTI.K. H pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire, Mme OÜAKLI. K pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Mes remerciements vont aussi à tous mes enseignants du département de biotechnologie, particulièrement les enseignants de la spécialité de Production et Nutrition Animal.

je souhaite remercier tout ceux qui mon aidé dans la réalisation de la partie expérimentale, particulièrement Mme BENBOURHAN.D et Mr RAZZOUG. A et les techniciennes du laboratoire de l'ITELV.

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail a mes très Chers parents qui m'ont guidé durant les moments Pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et ma le plus soutenu durant toute ma Vie, et mon père qui a sacrifié toute sa Vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents.

À mes chères sœurs : Mounia, Soumia et Hadjira

À mon frère : Lakhdar

À mes cousins et cousines : Fouad abd el waheb, aiido, radouan, Hicham, sajo ...

À mes amis et amies : Larbi, Oussama, Hacem, Amine, Djamel, Omar, DiNa, Chourouk, Annisa, Noudjoud, Soumia...

À tout la famille BAGHDADI et SEDDIKI

# SOMMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE</b>	
CHAPITRE 1 : Bilan alimentaire des herbivores en Algérie	<b>3</b>
CHAPITRE 2 : Les fourrages hydroponiques	<b>12</b>
<b>PARTIE II : EXPERIMENTATIONS</b>	
Matériel et méthodes	<b>22</b>
Résultats et discussions	<b>35</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>44</b>



**Résumé :**

Dans le présent travail, la valeur alimentaire de l'orge hydroponique a été étudiée. Les paramètres testés, sont :

- la composition chimique (MS, MO, MM, MAT et CB).
- la digestibilité in vivo de ces composants chimiques.
- le bilan azoté de ce fourrage.
- les valeurs énergétiques (UFL et UFV) et azotées (PDIN et PDIE).
- l'ingestibilité et la valeur d'encombrement.

Le fourrage vert de l'orge hydroponique étudié, est caractérisé par :

- des teneurs en MS, MO, MAT et CB respectives de : 11,43 ; 97,95 ; 11,95 ; et 10,44%.
- des dMO, dMAT et dCB de : 75,40 ; 64,53 et 67,23 %.
- un bilan azoté positif (25% de MAT retenues).
- des valeurs énergétiques et azotées de : 1,17 UFL, 1,16 UFV, 76,76 g de PDIN et 102,37 g de PDIE.
- une ingestibilité de l'ordre de 49,14 g / Kg P<sup>0,75</sup> et une valeur d'encombrement de 1,55 UEM.
- L'orge hydroponique a permis un GMQ de 176,47 g/j avec des béliers de race rumbi âgés de 18 mois et pesant en moyenne 54 kg.

**Mots clés :** Ogre hydroponique, composition chimique, digestibilité, ingestibilité, valeur d'encombrement.

**Summary:**

In the present work, the dietary value of hydroponic barley has been studied. The tested parameters are :

- The chemical composition (MS, MO, MM, MAT and CB).
- The in vivo digestibility of these chemical components.
- The nitrogen balance of this forage.
- Energy values (UFL and UFV) and nitrogen values (PDIN and PDIE).
- The ingestibility and the congestion value.

The green fodder of hydroponic barley studied, is characterized by:

- Contents of MS, MO, MAT and CB respectively of: 11.43; 97.95; 11.95; and 10.44%.
- dMO, dMAT and dCB of: 75.40; 64.53 and 67.23%.
- A positive nitrogen balance (25% of retained MAT).
- Energy and nitrogen values of 1.17 UFL, 1.16 UFV, 76.76 g of PDIN and 102.37 g of PDIE.
- An ingestibility of the order of 49.14 g / kg P0.75 and a bulk value of 1.55 EMU.
- Hydroponic barley yielded a GMQ of 176.47 g / d with rumi rams aged 18 months and weighing an average of 54 kg.

**Keywords:** Hydroponic barley, chemical composition, ingestibility, congestion value, digestibility.

## ملخص:

في العمل الحالي ، تم دراسة القيمة الغذائية للشعير المائية. المعلمات التي تم اختبارها هي:

- التركيب الكيميائي ( MS ، MO ، MM ، MAT و CB ).
- هضم في الجسم الحي من هذه المكونات الكيميائية
- الحصيلة الأزوتية
- قيم الطاقة (UFL و UFV) وقيم النيتروجين (PDIN و PDIE).
- الكمية المستهلكة و قيمته الحجمية

تتميز الأعلاف الخضراء للشعير المائي المدروس بخصائص:

- محتويات MS و MO و MAT و CB على التوالي من: 11.43 ؛ 97.95 . 11.95 و 10.44%.
- dMATdMO و dCB: 75,40 ؛ 64,53 et 67,23%
- الحصيلة الأزوتية موجب (25% من MAT).
- قيم الطاقة والأزوتية 1.17 UFL، UFV، 1.16 ، 76.76 غرام من PDIN و 102.37 غرام من PDIE.
- الكمية المستهلكة مقارنة مع الوزن الأيضي هي  $P^{0,75}$  49,14 g de MS/kg و قيمته الحجمية هي 1,55

## UEM

- أسفرت الشعير المائية عن GMQ176.47 جم / يوم مع الكباش رومبي الذين تتراوح أعمارهم بين 13 الي 14 شهرا و يبلغ متوسط وزن 54 كجم.

كلمات البحث: الشعير المستنبت، والتركيب الكيميائي، وتناول الطعام، والكمية المستهلكة، والهضم.

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b>	Evolution des surfaces fourragères en Algérie	03
<b>Tableau 02</b>	Production fourragères moyenne annuelle calculée sur 10 ans (2006-2015)	04
<b>Tableau 03</b>	Production fourragères moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015)	07
<b>Tableau 04</b>	Production fourragères moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015)	08
<b>Tableau 05</b>	Production fourragères moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015)	09
<b>Tableau 06</b>	Besoins alimentaires par espèce en millions d'UFL, moyenne calculées sur 10 ans	10
<b>Tableau 07</b>	Besoins alimentaires par espèce en milliers de Kg de PDI, moyenne calculées sur 10 ans (2006-2015)	10
<b>Tableau 08</b>	Bilan énergétique et azote	11
<b>Tableau 09</b>	Poids vifs des animaux	26
<b>Tableau 10</b>	Composition chimique des aliments utilisés	36
<b>Tableau 11</b>	évolution de poids vif des animaux	37
<b>Tableau 12</b>	Ingestibilité et valeur d'encombrement	39
<b>Tableau 13</b>	Digestibilité In-vivo	40
<b>Tableau 14</b>	bilan azoté	41
<b>Tableau 15</b>	valeurs énergétiques et azotées de l'orge hydroponique	42

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 01</b>	exemple de hangar à fourrage	<b>16</b>
<b>Figure02</b>	montage interne dans un hangar à fourrage	<b>17</b>
<b>Figure03</b>	chambre hydroponique	<b>23</b>
<b>Figure 04</b>	Lavage et trempage des graines d'orge	<b>23</b>
<b>Figure05</b>	Pesée de 1 kg d'orge	<b>24</b>
<b>Figure 06</b>	Etaler les grains d'orge	<b>24</b>
<b>Figure 07</b>	Tassement des grains	<b>24</b>
<b>Figure 08</b>	Espace de 3 cm	<b>24</b>
<b>Figure 09</b>	plateaux dans la chambre hydroponique	<b>24</b>
<b>Figure 10</b>	Les différentes étapes de germination-poussé de l'orge hydroponique	<b>25</b>
<b>Figure 11</b>	Boxe individuel	<b>26</b>
<b>Figure 12</b>	Antenais sur cages à métabolisme	<b>26</b>

**Liste des abréviations :**

ADF : Acide détergent fiber

ADL : Acide détergent lignine

AGV : acide gras volatil

AOAC : Association of official analytical chemists

CB : Cellulose brute

dCB : Digestibilité de la cellulose brute

dE : digestibilité de l'énergie

dMAT : Digestibilité des matières azotées totales

dMO : Digestibilité de la matière organique

dMS : Digestibilité de la matière sèche

EB : Energie brute

ED : Energie digestible

EM : Energie métabolisable

g/kg : gramme par kilogramme

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique de paris

MAD : Matières azotées digestibles

MAT : Matières azotées totales

MM : Matières minérales

MO : Matière organique

MS : Matière sèche

N : Azote

NDF : Neutral détergent fiber

NFT : Nutrient Film Technique

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

PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine énergétique

PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine azotée

UEM : unité d'encombrement mouton

UFL : Unité fourragère lait

UFV : Unité fourragère viande

**Introduction :**

En Algérie la satisfaction des besoins protéiques de la population, doit passer par une maîtrise des productions animales. Parmi celles-ci, l'élevage des ruminants producteur de lait et de viande, tient une place très importante. Le développement de cette catégorie d'animaux est strictement lié à la production fourragère.

Cependant les besoins alimentaires du cheptel estimés à 12,92 milliards d'UFL/an accusent en moyenne un déficit fourrager avoisinant les 4,57 milliards d'UFL/an ; cette situation oblige le plus souvent le recours à d'autres ressources alimentaires, tels que les sous-produits, les concentrés importés... (Bencherchali, 2018). Les cultures fourragères, n'occupent annuellement que 797.000 hectares, soit 9,5 % de la surface agricole utile, contribuant ainsi faiblement à l'alimentation du cheptel herbivore national (Bencherchali et Houmani, 2017). L'une des particularités des systèmes fourragers de notre pays, est l'absence totale de la prairie artificielle à base de graminées ou graminées et légumineuses (Hammadache, 1989).

Les ressources fourragères, sont assurées principalement par les parcours, les jachères, les pailles et chaumes des céréales et le foin grossier de la culture des associations (vesce-avoine, pois-avoine, vesce-orge...) (Abdelguerfi, 1987). Les cultures fourragères dites intensives destinées à l'alimentation du bovin laitier sont limitées et méritent une attention particulière. La production quantitative et qualitative de ces cultures est mal connue et l'utilisation de nouvelles espèces ou cultivars fourragers de graminées et de légumineuses adaptés aux conditions algériennes peut être d'un apport déterminant (Abdelguerfi, 1994).

Cette solution, nécessite des investissements dans les semences, l'irrigation, la formation et la vulgarisation des techniques de production, de transformation et de conservation des fourrages ; par conséquent de nombreuses années sont nécessaires au développement d'une telle solution obligatoire et radicale.

C'est dans cet ordre d'idée, que nous avons essayé par se modeste travail à contribuer à la résorption de ce déficit fourrager. En effet, les systèmes de production intensifs automatisés et mécanisés dans des environnements contrôlés tels que la culture hydroponique, peuvent être utilisés. Le système de culture hydroponique, est la culture hors sol qui permet à l'agriculture de s'installer dans les

régions les plus défavorables dans le but de satisfaire les besoins de l'animal pendant les périodes creuses du calendrier fourrager. Le système peut augmenter la production de fourrage avec l'utilisation de terres et de main-d'œuvre limitées.

Cet essai, porte sur l'étude : de la composition chimique, de la digestibilité in-vivo, de l'ingestibilité et du calcul des valeurs énergétiques et azotées de l'orge hydroponique. Ces cultures de fourrages hydroponiques, pourraient être appelées à augmenter et diversifier la production fourragère en Algérie.



## Chapitre I : Bilan alimentaire des herbivores en Algérie

### 1.1. Superficies agricoles participant à l'alimentation du cheptel

L'Algérie couvre une superficie de 238.174.100 ha avec une superficie agricole totale (SAT) de 43.395.420 ha dont 19,55 % de SAU (8.422.960 ha) soit 3,54 % de la superficie du territoire, 85 % du reste du territoire étant couvert par le désert (MADR 2016).

Les terres agricoles algériennes n'occupent qu'une très faible part de la surface totale du territoire. Celles participant à l'alimentation du cheptel (tableau 1), sont représentées par les pacages et parcours, les jachères, les prairies naturelles et les terres cultivées en fourrages verts (Hamadache, 2001 cité par Amrani, 2006)

**Tableau 1** : Evolution des superficies fourragères en Algérie (10<sup>3</sup>ha) (Kherrouri, 2017)

Année	SAU	Prairies naturelles	Jachères	Pacages et parcours	Fourrages cultivés
2006	8403,57	25,54	3404,75	32776,67	611,81
2007	8414,67	25,46	3573,00	32837,22	493,79
2008	8424,76	24,29	3563,30	32884,87	588,89
2009	8423,34	24,55	3423,50	32955,88	416,29
2010	8435,02	24,37	3275,70	32928,30	669,49
2011	8445,49	24,82	3246,50	32942,08	544,17
2012	8454,63	24,33	3152,32	32943,69	641,71
2013	8461,88	26,62	3043,47	32969,42	690,82
2014	8465,04	25,76	3165,44	32965,95	754,94
2015	8422,96	25,45	3081,88	32968,49	797,35

Les surfaces occupées par les fourrages naturels sont importantes et constituent l'essentiel des apports fourragers. Elles regroupent les prairies naturelles et les jachères. Durant la décennie 2006 à 2015, les terres au repos ou jachères, représentent en moyenne la moitié de la SAU nationale avec une superficie de 3,42 millions d'hectares soit 40,60 % de la SAU (Tableau 1). Il est à noter que le système fourrager en Algérie, se caractérise par l'absence totale des prairies artificielles (Mohguen et al, 1999).

Les pacages et parcours, représentent une superficie très importante dans la TUA nationale, ils occupent en moyenne plus de 75,86 % du total national ce qui correspond à plus de 32 millions d'hectares (Tableau 1).

La superficie occupée par les fourrages cultivés durant la décennie 2006 – 2015, est en moyenne de 620 926 hectares ce qui représente une faible proportion de la SAU (7,37 %) (Tableau 1). La fluctuation des superficies consacrées à la production des fourrages cultivés (Tableau 1) est liée aux précipitations souvent irrégulières et mal réparties dans l'espace et dans le temps. Les possibilités d'irrigation sont encore très insuffisantes malgré les efforts accomplis à ce jour pour couvrir les besoins du cheptel, en plus de la non maîtrise des techniques de production et de conservation des fourrages.

### 1.2. Evaluation de la production fourragère

Les ressources fourragères en Algérie se composent principalement de fourrages naturels composés de végétation des jachères, des parcours steppiques et forestiers et les sous-produits de la céréaliculture (pailles et chaumes) et de peu de fourrages cultivés (Tableau 2). L'amélioration de la production fourragère est, de ce fait, une nécessité compte tenu de la mauvaise alimentation actuelle du cheptel (Hamadache, 2001 ; Nouad, 2001 ; Kacimi, 2013).

**Tableau 2** : Production fourragère moyenne annuelle calculée sur 10 ans (2006-2015) (en milliers de qx) (Kherroui, 2017).

Fourrages	Production
Céréales d'été (maïs + sorgho)	1809,29
Céréales d'hiver (orge + avoine)	13301,54
Fourrages naturels (prairies naturelles + jachères fauchées)	5706,24
Pailles	39356,88
Fourrages artificiels en sec (vesce avoine + luzerne + céréales reconverties + divers)	12154,47
Fourrages artificiels en vert (orge + avoine + seigle + trèfle + luzerne + autres)	11807,55

### **1.2.1. Fourrages cultivés en vert**

Les fourrages cultivés, occupent 28,35 % de la SAU nationale (moyenne de la décennie 2006 – 2015) et sont composés essentiellement, de graminées hivernales (orge, avoine et seigle) et secondairement des légumineuses (luzerne et trèfle).

Les graminées hivernales, assurent une production nationale de 8.534.010 quintaux. Elles sont suivies par les légumineuses (trèfle et luzerne) avec une production de 2.590.470 quintaux. Les graminées estivales (maïs et sorgho), fournissent 1.809.290 quintaux. Pour les autres fourrages cultivés en vert, ils ne représentent que 683.070 quintaux (Tableau 2).

### **1.2.2. Fourrages cultivés en sec**

La production nationale de fourrages secs, est évaluée à 12.154.470 quintaux durant la décennie 2006 à 2015 (Tableau 2).

La production des divers fourrages cultivés en sec, est de loin la plus importante puisqu'elle assure une production de 7.854.280 quintaux, soit 64,62 % de la production de foin en Algérie. Elle est suivie par les céréales reconverties, qui représentent 18,07 % de la production nationale de foin avec 2.196.600 quintaux (Kherrouri, 2017).

La production de vesce avoine en Algérie durant la décennie 2006 - 2015, est de 1.842.300 quintaux. Cette quantité, représente 15,16 % de la production totale de foin. Le foin de luzerne, ne représente que 2,15 % de la production nationale de fourrages cultivés en sec avec une production de 261.290 quintaux. La culture des légumineuses, notamment celle de la luzerne, est très peu pratiquée, malgré son grand intérêt dans l'alimentation des animaux (Thenard et al, 2002).

### **1.2.3. Céréales en grains**

Les céréales en grains, sont composées d'orge, d'avoine et de son de blé (dur et tendre). La production moyenne annuelle d'orge, est de 12.494.380 quintaux, celle de l'avoine, n'est que de 807.160 quintaux (Kherrouri, 2017).

### **1.2.4. Pailles de céréales**

Les pailles de céréales, constituent l'essentiel des productions fourragères. La quantité de paille produite en moyenne durant la décennie 2006 - 2015 est de 39.356.880 quintaux.

### **1.2.5. Chaumes de céréales**

Les chaumes de céréales, constituent durant l'été un apport fourrager non négligeable pour l'élevage bovins et surtout ovins qui fuit la steppe en allant vers les hauts plateaux et le nord à la recherche d'aliments et d'eau. Les chaumes autrefois offertes gratuitement, sont aujourd'hui louées en fonction de leur richesse en grains et en paille non ramassée par la botteleuse.

### **1.2.6. Fourrages naturels**

Les fourrages naturels, sont fournis par les jachères et les prairies naturelles.

#### **1.2.6.1. Les jachères**

La jachère, a toujours occupée des superficies plus importantes que celles réservées aux cultures fourragères. Chaque année, des millions d'hectares sont laissés en jachères dans les zones de moyenne et faible pluviométrie (200 à 400 mm) (Osman et al, 1987).

La production moyenne annuelle des jachères fauchées et pâturées pour l'ensemble du territoire national est estimée à 10.324.190 quintaux au niveau national (Kherrouri, 2017).

#### **1.2.6.2. Les prairies naturelles**

La composition des prairies naturelles, est très variable. Elle est sous la dépendance étroite du mode d'exploitation, des conditions climatiques et de la richesse de la flore spontanée (Benharkat, 1978). Les prairies naturelles, selon leur situation écologique, ont été reconverties en : céréales, vesce avoine, arboriculture et cultures maraîchères (Laouar al, 1997).

Durant la période (2006 -2015), la production moyenne annuelle au niveau national est de 698.450 quintaux, ce qui ne représente qu'environ 2 % de la production fourragère nationale (Bencherchali, 2018).

#### **1.2.6.3. Les pacages et parcours**

La valeur nutritive à l'ha et par étage climatique a été estimée par certains chercheurs et sera utilisée dans cette étude pour calculer les apports nutritifs (Kherrouri, 2017).

### 1.3. Apports fourragers

#### 1.3.1. Apports énergétiques (UFL)

La production fourragère annuelle calculée entre 2006 et 2015 est évaluée à 8349,60 millions d'UFL (Tableau 3).

**Tableau 3** : Production fourragères moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015) (en millions d'UFL)(Kherrouri, 2017).

Fourrages	UFL
Foin	694,67
Fourrages cultivés en vert	200,74
Céréales d'hiver (grains)	1482,51
Pailles des céréales	2035,09
Chaumes de céréales	1928,48
Son de blé	85,66
Fourrages naturels	83,05
Pacages et parcours	1762,86
Jachères pâturées	76,53
Total	8349,60

L'essentiel de cette production, est apporté par les pailles et les chaumes de céréales avec respectivement 2035,09 et 1928,48 millions d'UFL soit un taux de 24,37 et 23,10 % de la production nationale en UFL. Les pacages et parcours avec 1762,86 millions d'UFL, occupent la 3<sup>ème</sup> place avec un taux de 21,11 % des apports totaux en UFL devant les céréales d'hiver qui apportent 1482,51 millions d'UFL. Le foin et les fourrages cultivés en vert, apportent 694,67 et 200,74 millions d'UFL soit respectivement 8,32 et 2,4 % de la quantité totale. Ils sont suivis par le son de blé avec 85,66 millions d'UFL. Les fourrages naturels et les jachères pâturées, occupent la dernière place avec une production de 83,05 et 76,53 millions d'UFL soit 1 et 0,92 % seulement de la production totale d'UFL.

Cette situation montre que l'alimentation du bétail en Algérie est soumise à une forte influence de la pluviométrie, plus de 47,47 % de la production fourragère provient des pailles et des chaumes de céréales (Tableau 3).

### 1.3.2. Apports protéiques en PDIN

Les apports à l'échelle nationale, sont de 405.934,84 tonnes de PDIN (Tableau 4). Ils sont apportés dans l'ordre à raison de 58,33 % par la zone subhumide, 29,53 % par la zone semi-aride, 8,87 % par la zone humide et en fin seulement 4,2 % par la zone aride (Bencherchali, 2018).

**Tableau 4** : Production fourragères moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015) (en tonnes de PDIN)(Kherrouri, 2017).

Fourrages	PDIN
Foin	42807,45
Fourrages cultivés	18989,20
Céréales d'hiver (grains)	105928,03
Pailles des céréales	89200,07
Chaumes de céréales	86585,12
Son de blé	8929,00
Fourrages naturels	7677,70
Pacages et parcours	39128,62
Jachères pâturées	6698,66
Total	405934,84

- Les fourrages cultivés en vert, permettent une production nationale de 18.989,20 tonnes, soit 4,68 % des apports totaux en PDIN.
- L'apport national des foins, est de 42.807,45 tonnes de PDIN, soit 10,54 % de l'ensemble des apports.
- Les grains de céréales, permettent une production nationale de 105.928,03 tonnes de PDIN. Ils participent à raison de 26,10 % dans les apports totaux en PDIN.
- Les pailles, permettent un apport de 89.200,07 tonnes de PDIN, soit 22 % des apports nationaux en PDIN.
- Les chaumes de céréales, offrent 86.585,12 tonnes de PDIN en Algérie. Elles participent à raison de 21,33 % dans les apports totaux en PDIN au niveau national.
- Les pacages et parcours, permettent une production nationale de 39 128,62 tonnes, soit 9,64 % des apports totaux en PDIN (Tableau 4).

### 1.3.3. Apports protéiques en PDIE

La production nationale totale en PDIE, est estimée à 652.118,07 tonnes (Tableau 5). Elle est apportée essentiellement par les chaumes de céréales (29,57 %), les pailles de céréales (26,89 %), les grains de céréales (20,53 %) et les foin (11 %) (Kherrouri, 2017).

**Tableau 5** : Production fourragères moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015) (en tonnes de PDIE)(Kherrouri, 2017).

Fourrages	PDIE
Foin	71672,86
Fourrages cultivés	19208,47
Céréales d'hiver (grains)	133873,56
Pailles des céréales	175338,15
Chaumes de céréales	192848,65
Son de blé	10209,20
Fourrages naturels	8878,46
Pacages et parcours	32141,79
Jachères pâturées	7947,60
Totale de la zone	652.118,07

### 1.4. Estimation des besoins alimentaires

#### 1.4.1. Besoins alimentaires en UFL

Les besoins en UFL du cheptel herbivore national, sont de 12,92 milliards d'UFL/an (moyenne calculée sur 10 ans de 2006 à 2015) (Bencherchali, 2018).

Ces besoins sont répartis entre les espèces comme suit :

- Bovins : 3,36 milliards d'UFL, soit 26,02 % des besoins énergétiques totaux.
- Ovins : 7,35 milliards d'UFL (56,91%).
- Caprins : 1,82 milliards d'UFL (14,15 %).
- Chevaux : 0,11 milliards d'UFL (0,86 %).
- Camelins : 0,12 milliards d'UFL (0,95 %).
- Anes : 0,10 milliards d'UFL (0,81%).
- Mulets : 0,03 milliards d'UFL (0,30 %) (Tableau 6) (Kherrouri, 2017).

**Tableau 6** : Besoins alimentaires par espèce en millions d'UFL, moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015) (Kherrouri, 2017).

Espèces	UFL
Bovine	3361,24
Ovine	7352,54
Caprine	1827,96
Chevaline	111,45
Cameline	123,45
Asine	104,28
Mulassière	38,39
Total	12.919,31

#### 1.4.2. Besoins azotés en PDI :

Les besoins en PDI pour l'ensemble du territoire national, sont de 1,19 milliards de tonnes de PDI/an (moyenne calculée sur 10 ans de 2006 à 2015) (Bencherchali, 2018).

Au niveau national, les besoins en tonnes de PDI, sont répartis entre les espèces comme suit : 310 millions pour les bovins (soit 26,02 % des besoins énergétiques totaux) ; 678 millions pour les ovins (56,91 %) ; 168 millions pour les caprins (14,15 %) ; 10 millions pour les chevaux (0,86 %) ; 11 millions pour les camelins (0,95 %) ; 9,6 millions pour les ânes (0,81%) et 3,5 millions pour les mulets (0,30 %) (Tableau 7) (Kherrouri, 2017).

**Tableau 7** : Besoins alimentaires par espèce en tonnes de PDI, moyenne calculée sur 10 ans (2006-2015) (Kherrouri, 2017).

Espèces	PDI
Bovine	310162,50
Ovine	678464,10
Caprine	168677,10
Chevaline	10284,30
Cameline	11391,30
Asine	9622,80
Mulassière	3542,40
Total	1.192.144,50



## 1.5. Evaluation du bilan alimentaire

Un bilan fourrager consiste à mesurer l'état des ressources fourragères disponibles pour l'alimentation du cheptel et les comparer à leurs besoins pour une période donnée.

### 1.5.1. Evaluation du bilan énergétique (UFL)

Le bilan fourrager national calculé durant la décennie 2006 à 2015 enregistre un déficit de 4,5 milliards d'UFL avec un taux de couverture des besoins énergétiques de 64,63 % (Tableau 8) (Kherrouri, 2017).

Selon Si Ziani et Belborhane (2001), l'utilisation de concentrés règle en partie le déficit fourrager. Cependant, l'amélioration de la situation alimentaire du cheptel national nécessite le développement de systèmes fourragers en adéquation avec les potentialités de l'élevage existant dans chaque zone climatique.

### 1.5.2. Evaluation du bilan azoté en PDIN

Les disponibilités fourragères nationales en PDIN, représentent 405,93 millions de Kg. Les besoins protéiques en PDI du cheptel sont estimés à 1192,14 million de Kg. Il en résulte un déficit de 786,20 millions de Kg de PDIN soit un taux de couverture de 34,05 % seulement des PDIN (Tableau 8) (Kherrouri, 2017).

### 1.5.3. Evaluation du bilan azoté en PDIE :

Les disponibilités fourragères nationales en PDIE, représentent 652,11 millions de Kg alors que les besoins protéiques (PDI) du cheptel, sont estimés à 1192,14 millions de Kg. Il en résulte donc, un déficit de 540,02 millions de Kg de PDIE soit un taux de couverture de 54,70 % des PDIE (Tableau 8) (Kherrouri, 2017).

**Tableau 8** : Bilan énergétique et azoté

	Disponibilités fourragères	Besoins alimentaires	Bilan	Taux de couverture (%)
UFL	8.349,60	1.2919,31	-4.571,45	64,63
PDIN	405.934,84	1.192.144,50	-786.209,66	34,05
PDIE	652.118,07		- 540.026,43	54,70

## **Chapitre 2 : La culture hors sol**

### **2.1. Définition**

Selon Morard (1995), les cultures hors sol ou sans sol se définissent comme des cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol.

La culture hydroponique ou culture hors sol relève des nouvelles technologies de production agricole où le sol naturel est remplacé par un substrat de culture artificiel (Kouassi, 2009 ; Laurent et Isabelle, 2010). La culture des plantes, est réalisée sur un substrat neutre et inerte. Ce substrat est régulièrement irrigué avec une solution contenant les sels minéraux et les nutriments essentiels à la plante (IMIST, 2013).

### **2.2. Historique**

La culture de plantes sur l'eau, était pratiquée à l'époque des Aztèques et était utilisée pour les jardins suspendus de Babylone. Il faut attendre l'année 1860 pour voir deux chercheurs allemands (Sachs et Knop), réussir à faire pousser des plantes sur un milieu composé uniquement d'eau et de sels minéraux (Thiauly, 2004).

Depuis, ce système de culture s'est répandu, en horticulture sous serre et abris, à un rythme régulier et soutenu pour atteindre actuellement une surface globale mondiale d'environ 16.000 hectares. Ainsi, près de 120 ans auront été nécessaires pour transférer une technique de laboratoire en un système de culture opérationnel et rentable (Martinez et al, 2006).

### **2.3. Avantages et inconvénients des cultures hydroponiques**

#### **2.3.1. Avantages**

D'après Laurent et Isabelle (2010), les principales causes au succès de cette technique, sont :

- L'affranchissement des sols contaminés
- Une meilleure performance agronomique des cultures hors sol
- Une meilleure efficacité de l'eau et des engrais dans les systèmes de production hors sol

Enfin, on peut reconnaître aux cultures hors sol un autre avantage, à savoir, la suppression des travaux de préparation et d'entretien du sol, le labour, le hersage, les binages, les désherbages...

Selon Morard (1995), les avantages de la culture hors sol sont :

- a. Elimination des problèmes liés au sol : agents pathogènes, salinité, sol non arable.
- b. Economie d'eau et d'engrais.
- c. Simplification des techniques culturales.
- d. Gain de précocité.
- e. Produits de meilleure qualité commerciale : calibre et aspect extérieur.
- f. Augmentation des rendements : meilleure nutrition de la plante et meilleure occupation de la serre.

### **2.3.2. Les inconvénients**

D'après Laurent et Isabelle (2010), les principaux inconvénients des cultures hors sol, sont :

- Elles sont réputées pour leurs exigences en investissements assez élevés. Ces investissements, sont très variables selon le niveau de maîtrise que l'on cherche à atteindre.
- Elles requièrent presque toujours un niveau de technicité élevé auquel le producteur néophyte ne peut accéder que progressivement.
- Elles sont à l'origine de rejets polluants de solutions nutritives et de résidus de substrats qu'on ne sait toujours pas recycler.

De même, Morard (1995) cite les inconvénients suivants :

- Cout d'installation et d'entretien.
- Utilisation d'une haute technologie (Absence d'un système tampon, formation des agriculteurs).

## **2.4. Les différents systèmes de cultures hydroponiques**

### **2.4.1. Sans substrat**

Les systèmes sans substrats, sont les plus simples puisqu'ils mettent directement en contact les solutions nutritives (seul vecteur responsable de l'alimentation) avec les racines des plantes (Morard, 1995).

#### **2.4.1.1. Aquaculture**

C'est la méthode la plus ancienne qui consiste à plonger les plantes dans un milieu strictement liquide. La solution nutritive non circulante est contenue dans un bac de culture : ce conteneur est en général un récipient en matière plastique comme un bac gerbable ou un seau (Morard, 1995).

#### **2.4.1.2. Technique de culture sur film (NFT)**

Cette technique, repose sur l'utilisation des gouttières à fonds plats. Ces gouttières, sont de quelques mètres de longueur, de quelques centimètres de hauteur et d'environ 10 cm de largeur. Les plantes sont placés dans ces gouttières dans les quelles, la solution nutritive s'écoule en continue baignant légèrement les racines des plantes (Laurent et Isabelle, 2010).

#### **2.4.1.2. Aéroponique**

Les cubes ou godets ajourés ayant servi à l'élevage des jeunes plantes reposent sur des supports, de manière à permettre aux racines de se développer dans l'air contenu dans les gouttières. Ces dernières renferment des rampes d'irrigation percées à intervalles réguliers. Les plantes sont alimentées par une solution nutritive, pulvérisée en permanence sur les racines (Laurent et Isabelle, 2010).

#### **2.4.2. Avec substrat**

Le substrat constitue le milieu dans lequel les racines s'installent. Il assure le maintien de la plante et son alimentation hydrique et minérale par l'intermédiaire de la solution nutritive qu'il contient (Letard et Erard, 1995 cités par Maoui et Lamraoui, 2013).

Selon Laurent et Isabelle, (2010), il y'a plusieurs systèmes de culture sur substrat :

##### **a. Les bacs-tranchées :**

Ce sont des tranchées garnies d'un film en plastique, équipées d'un tuyau de drainage en leur fond, et remplies de sable grossier ou de la pouzzolane. Les apports de solution nutritive sont réalisés à l'aide de micro-asperseurs.

##### **b. Les bacs lourds surélevés :**

Les bacs lourds surélevés sont généralement réalisés en béton ; ils peuvent être placés à un niveau relativement bas ou à hauteur d'homme. Les bacs lourds surélevés sont remplis de sable grossier, de pouzzolane ou de perlite. Les apports de solution nutritive sont réalisés à l'aide de micro-asperseurs. L'évacuation de la solution nutritive en excès se fait par la base des bacs.

##### **c. Les bacs légers :**

Les bacs légers sont le plus souvent réalisés en polypropylène et peuvent contenir du sable grossier, de la pouzzolane, de la perlite... Les apports de solution

nutritive sont réalisés à l'aide de goutteurs ou de micro-asperseurs. La solution nutritive en excès est évacuée à travers des fentes de drainage latérales ou grâce à un drain placé au fond du massif du substrat.

**d. Les sacs remplis de substrat et posés à même le sol :**

Ces sacs, peuvent être remplis de tourbe pure, de mélanges à base de tourbe ou de compost, de pouzzolane, de perlite... Les apports de solution nutritive sont réalisés à l'aide de goutteurs. La solution nutritive en excès est évacuée à travers des fentes ménagées à la base ou sur les côtés des sacs.

**e. Les pains emballés :**

Les laines minérales (laine de roche ou de verre) et la fibre de coco se présentent en général sous forme de pains enfermés dans des sacs en plastique. Les apports de solution nutritive et le drainage se font de la même manière que dans les sacs.

**f. Les pots :**

Les apports de solution nutritive sont réalisés par le haut, à l'aide de goutteurs, ou par le bas, par subirrigation. La solution nutritive en excès est évacuée à travers le fond des pots puis éventuellement récupérée.

## **2.5. Production de fourrages hydroponiques**

### **2.5.1. Principe**

La production de fourrages hydroponiques, consiste à fournir aux grains céréaliers l'humidité et les nutriments nécessaires pour permettre la germination et la croissance des plantes en l'absence d'un milieu de culture solide. Les pousses vertes et le tapis racinaire qui en résultent sont récoltés et donnés au bétail. Le grain réagit à l'apport d'humidité et de nutriments en germant et en produisant ensuite une tige verte végétative de 200 à 250 mm de long avec des racines entrelacées en 5 à 8 jours(NZMC, 2011, cité par Maëva, 2015).

Les principales espèces utilisées, sont l'avoine, le maïs, l'orge, le blé et le riz (Fuentes et al, 2011).D'autres céréales sont utilisées, telle que le millet, le ray-grass, le sorgho, ou le sarrasin. Des légumineuses, peuvent également être utilisées : luzerne, pois, lupin ;ainsi que des associations d'espèces : seigle-avoine-pois ; orge-haricot ; blé-vesce(Flores et Omar, 2012 ; Al-Karaki et al, 2013).

Des changements chimiques et structurels, se produisent à l'intérieur du grain de céréale à travers le processus de croissance hydroponique. L'activation des

enzymes dans le grain conduit à l'hydrolyse des protéines, des hydrates de carbone et des lipides en leurs composants plus simples (Dung et al, 2010). Cette hydrolyse, augmente la concentration en acides aminés, en sucres solubles et en acides gras dans le grain et dans la pousse qui en résulte (Chavan et Kadam, 1989).

Selon Sneath et McIntosh (2003), la quantité de germes produits et la qualité du fourrage sont influencées par un certain nombre de facteurs, notamment :

- Grains : qualité des grains, variété des grains et traitements.
- Environnement de croissance : température, humidité et incidence des moisissures.
- Gestion du système : qualité de l'eau et pH, temps de trempage, apport de nutriments, profondeur et densité du grain dans les auges et durée de croissance.

## **2.5.2. Système de production des fourrages hydroponiques**

### **2.5.2.1. Configuration du système**

Il existe un certain nombre de systèmes sophistiqués spécialement développés pour la production de fourrage hydroponique. Chacun d'entre eux repose sur les mêmes principes. Les hangars construits à cet effet, abritent les systèmes de production de fourrage, leurs tailles varient entre 50 à 300m<sup>2</sup>. Une unité de taille moyenne produisant 1 tonne de fourrage humide par jour, mesure généralement 10m x 13m (Figure 1).



Figure 1 : exemple de hangar à fourrage

(Source : <http://www.peterdoyleconsultancy.com.au/fodder.html>)

Ces hangars, se composent de deux zones : une zone de culture où le fourrage est cultivé et une zone de pompe où le grain est préparé pour le semis et où se trouvent les réservoirs de nutriments. Dans un hangar de 100 m<sup>2</sup>, la superficie cultivée représente environ 70% de la superficie totale (Carruthers, 2003).

L'environnement à l'intérieur du hangar, est activement contrôlé pour assurer des températures optimales et des niveaux de ventilation appropriés. Le contrôle de la température se fait grâce à des climatiseurs, et dans les environnements plus froids, grâce à des chauffages.

La température, l'humidité, la circulation et le renouvellement de l'air à l'intérieur du module sont contrôlés. Le module est éclairé par la lumière artificielle. Celui-ci est effectué à l'aide de lampes fluorescentes de 58 W. Le système d'irrigation est entièrement automatisé (Maëva, 2015).

La zone de culture du hangar se compose de piles de plateaux en PVC de qualité alimentaire dans lesquels le grain est «semé» et le fourrage se développe (Figure 2). Ces plateaux, sont alimentés avec des buses de nutriment qui fournissent périodiquement une solution nutritive à chaque plateau. Cette technique est communément appelée technique du film nutritif (NFT) (NZMC, 2011).



Figure 2 : Montage interne dans un hangar à fourrage  
(Source : [www.agricultureinformation.com](http://www.agricultureinformation.com))

### **2.5.2.2. Fonctionnement du système**

Les hangars, sont mis en place de sorte que le nombre de piles de plateaux, est un multiple de la période de récolte optimale pour ce système. Par exemple, dans un système de 8 jours, il y aura des sections de fourrage à huit stades de croissance différents. Cela permet de récolter une section tous les jours, puis de la réensemencer immédiatement après la récolte (NZMC, 2011).

Selon Sneath et McIntosh, (2003), ce type de production nécessite un travail journalier variable selon le système de production:

- Récolter le fourrage du jour ;
- Préparer les semences pour la prochaine culture (pré-trempage) ;
- Semer les graines pré germées dans les plateaux de germination ;
- Observer les plateaux de germination en croissance ;
- Contrôler l'ambiance et les appareils de contrôle ;
- Effectuer ou déclencher l'irrigation ;
- Laver, sécher et stériliser les plateaux, nettoyer l'unité de production ;
- Distribuer la ration de fourrage aux animaux ;

### **2.5.3. Valeur nutritive de l'orge hydroponique**

#### **2.5.3.1. Expérience 1 (Abdullah, 2001) :**

Des essais ont été menés pour évaluer le fourrage d'orge hydroponique comme aliment pour les ruminants. Les grains ont été cultivés dans une cabine spécialement conçue et contrôlée à 15-18 ° C.

#### **1) Méthodes :**

- Le premier essai a été mené pour faire germer des grains d'orge de j 0 à j 10 et des échantillons ont été collectés quotidiennement pour déterminer la composition chimique.
- Dans le second essai, la technique de digestibilité in-vitro, a été utilisée pour mesurer la digestibilité de la matière sèche, des matières azotées totales et des acides gras volatils (AGV) produits par l'orge à différents moments. La technique des sachets en nylon a été utilisée pour mesurer la dégradabilité des fibres dans le rumen des bovins à 2,4,8, 12,24 et 48 heures.



- Dans le troisième essai, la digestibilité de l'orge de huit jours a été mesurée par une technique in vivo, en utilisant quatre boucs.
- Le quatrième essai, a consisté à mesurer les paramètres du liquide du rumen (pH, ammoniac et AGV) chez trois mâles fistulés du rumen qui ont été nourris avec de l'orge hydroponique ad libitum âgé de huit jours.

## 2) Résultats :

- La MO, les MAT, la CB, les MG, l'NDF et l'ADF de l'orge hydroponique, ont augmentés avec l'âge (de j 1 à j 10).
- La teneur en MS à j 7 et j 8, était de 16 et 18% tandis que la teneur en MAT, était respectivement de 1 et 13%.
- La quantité de calcium (Ca), de phosphore (P) et de nitrate (NO<sub>3</sub>), n'a pas changé de façon significative tout au long du temps de germination.
- La digestibilité in vivo, in vitro et in sacco, a montré une perte de 80 à 100% de la MS pour l'orge hydroponique récolté à j 7.
- La consommation de MS était plus faible dans la troisième expérience, bien que le coefficient de digestibilité de l'orge hydroponique, fût très élevé (98%). Ceci était probablement due à la croissance anormale de l'orge hydroponique au cours de la période expérimentale.
- Le pH du liquide ruminale était de 5,9 à 6,0 et la teneur en ammoniac, était de 7,0 à 8,8 mg / ml. La production totale d'acides gras, était de 70 à 100 mmol entre deux et huit heures de collecte.
- Les rapports acides acétique, propionique, butyrique, étaient de 58-36-1,3 ; 68-25-2 ; 61-35-1,2 ; 64-33-0,7 et 65-32-1 à respectivement 0, 2, 4, 6 et 8 heures.
- Les résultats globaux, ont montré que les AGV et l'azote ammoniacal étaient produits à un niveau minimal lorsque l'orge hydroponique était distribué à volonté, bien que la digestibilité était plus élevée dans les études in sacco et in vitro. L'orge hydroponique devrait être donné à différents niveaux afin d'obtenir une production optimale de pH, d'AGV et d'N-NH<sub>3</sub>.

### 2.5.3.2. Expérience 2 (Akbağ, et al 2014) :

Dans cette étude, les effets des différents temps de récolte sur la valeur nutritionnelle de l'orge hydroponique, ont été étudiés.

Les fourrages, ont été récoltés les 4<sup>ème</sup>, 7<sup>ème</sup>, 10<sup>ème</sup> et 13<sup>ème</sup> jours après la date de semis.

La composition chimique, la digestibilité de la matière organique et la teneur en énergie métabolique avec la technique de production de gaz in vitro, ont été déterminées. Il en résulte que la teneur en MS, a diminuée, la teneur en MAT n'a pas été modifiée de manière significative, les parois cellulaires (NDF, ADF, ADL) et la teneur en cendres ont augmentés par avec la maturation des germes.

Dans cette étude, les teneurs en MS, en ADF et en cendres étaient significativement modifiées ( $P < 0,05$ ). La dMO et l'EM obtenues après 96 heures de production cumulative de gaz, ont diminuées avec les temps de prélèvements, mais les variations n'étaient pas significatives ( $P > 0,05$ ).

Selon les résultats, la date de récolte appropriée était le 7<sup>ème</sup> jour suivant le semis en termes de valeur nutritionnelle du fourrage.

Les auteurs, s'attendent à ce que les changements climatiques affectent négativement la production des pâturages en raison du manque de précipitations en Turquie et considèrent que les systèmes fourragers hydroponiques sont un moyen de maximiser la production fourragère.

### **2.5.3.3. Expérience 3 (Fazaeli, et al 2012) :**

Les auteurs, ont évalué le profil nutritionnel et le taux de conversion de la production d'orge dans le système hydroponique. Pour cela, ils ont utilisés une chambre hydroponique de 4x 3 x 2,6 m, équipée d'un pulvérisateur d'irrigation automatique et d'appareils de ventilation avec une capacité de 100 plateaux de polyéthylène. Des échantillons d'orge hydroponique du 6<sup>ème</sup>, 7<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> jour de germination ont été analysés chimiquement.

Le poids frais à augmenter jusqu'à 5,7 fois par rapport au poids de la semence d'origine après le 7<sup>ème</sup> jour.

La composition chimique des grains d'orge, est de : 91,4% de MS, 11,73% de MAT et 2,81% de MM. Celle de l'orge hydroponique après 8 jours, est de 13,3% de MS, 14,67% de MAT et 4,11% de MM.

Fazaeli, et al 2011, ont évalué l'effet de l'orge hydroponique sur les performances des veaux à l'engraissement. 24 veaux de race croisée répartie en lot

témoin alimenté de grains d'orge et en lot expérimental alimenté d'orge en vert cultivé dans une chambre hydroponique pendant 6 jours (il fournit 22,8% de laMS totale).

La différence de gain de poids n'a pas été significative entre les deux lots. Le poids du fourrage frais à augmenter jusqu'à 4,5 fois par kg de grains d'orge. Les animaux du lot témoin avaient une consommation plus élevée de matière sèche que ceux du lot expérimental et le coût de l'aliment des veaux ayant reçu de l'orge hydroponique à augmenter jusqu'à 24%.

#### **2.5.3.4. Expérience 4 (Maëva,2015) :**

Le travail réalisé, a porté sur l'utilisation du fourrage vert hydroponique en production de viande bovine et ovine à la Réunion. Le travail repose sur la mise en germination des grains, en condition de culture hors-sol, pour obtenir en 6 à 10 jours un fourrage vert hydroponique ; il a également permis de préciser la valeur alimentaire de ce fourrage et les coûts de production à la Réunion.

- **Matière sèche** : lors de ces essais, des taux de matière sèche variant de 10,49 à 32,8 %, ont été obtenus avec une valeur moyenne de  $18,37 \pm 0,96$  % MS (82 échantillons analysés).
- **Protéines** : Le taux de protéines d'une orge hydroponique de 7 à 8 jours est de  $13,2 \pm 0,6$  g/100g MS.
- **Amidon** : Le taux d'amidon de 7 à 8 jours est de  $17,1 \pm 0,8$  g/100g MS.
- **Cellulose et NDF** : Les taux de cellulose et NDF sont respectivement de  $12,4 \pm 0,5$  et  $33,9 \pm 1,6$  g/100g MS.
- **Digestibilité** : La digestibilité de la matière sèche est de  $76,7 \pm 1,6$  g/100g MS. La digestibilité du fourrage est plus faible que celle de la graine. Elle diminue de 12 % pendant la germination.
- **Minéraux** : Durant le processus de germination (7 à 8 jours), les teneurs en calcium, cuivre et zinc restent identiques. Les teneurs en potassium (- 18 %) et chlore (- 38 %) diminuent. Les teneurs en magnésium (+ 11%), manganèse (+ 14 %), phosphore (+ 17%), fer (+ 37 %) et sodium (+ 149 %) augmentent.
- **Les valeurs UFV** de l'orge hydroponique de 7 à 8 jours, varient de 0,82 à 0,91 UFV/kg MS, pour une valeur moyenne de  $0,92 \pm 0,02$  UFV/kg MS.
- **Les valeurs PDIA, PDIE et PDIN** de l'orge hydroponique de 7 à 8 jours, sont respectivement de  $38,8 \pm 1,7$ ,  $103,1 \pm 1,1$  et  $90,3 \pm 3,8$  g/kg MS.

## **MATERIEL ET METHODES.**

### **1.Objectif expérimental.**

Ce travail, a pour but de connaître la valeur alimentaire de l'orge en vert hydroponique. Il se divise en quatre parties :

- Détermination de la composition chimique (MS, MM, MO, MAT, CB) de sa biomasse consommable.
- Détermination de sa digestibilité in-vivo (dMS, dMO, dMAT, dCB) et du bilan azoté.
- Détermination de ces valeurs énergétiques (UFL et UFV) et azotées (PDIA, PDIN et PDIE).
- Détermination de son ingestibilité et de sa valeur d'encombrement.

### **2.Présentation de la région d'étude.**

L'expérimentation, est réalisée au niveau de la ferme de démonstration (station d'élevage des ruminants) de l'institut technique des élevages (ITELV) situé dans la commune de Birtouta, wilaya d'Alger, sur l'axe de la route Baba Ali et Chebli. Elle s'étend sur une superficie agricole totale de 429,16 ha, la superficie agricole utilisée est de 405,10 ha.

Les analyses fourragères sont réalisées au niveau des laboratoires de l'ITELV et du Département de Biotechnologie de l'Université de Blida 1.

### **3. Matériel végétal.**

L'étude expérimentale, a porté sur 02 aliments, Il s'agit de :

#### **3.1. L'orge hydroponique**

L'orge est de variété «Saïda», il est cultivé dans une chambre hydroponique.

##### **- Dimensions de la chambre hydroponique :**

Son volume total, est de 27,4 m<sup>3</sup> ; ses dimensions, sont de 5,3 m de long, 2,3 m de large et 225 m de hauteur (Figure 3).



**Figure 3 :** Chambre hydroponique

**- Les différentes étapes du développement de l'orge en culture hydroponique :**

- Laver la semence pour la débarrasser de ses impuretés
- Tremper les grains d'orges 24 heures dans l'eau avant l'ensemencement dans les bacs à culture (Figure 4).



**Figure4 :** Lavage et trempage des grains d'orge

- Ensemencer 1 kg d'orge (Figure 5).
- Etaler les graines sur toute la superficie des plaques de culture (Figure 6).
- Bien tasser les graines d'orge pour pouvoir chasser l'air et favoriser le chevauchement des racines (Figure 7).

- Laisser un espace de 3 cm des deux côtés pour éviter le cumule d'eau (Figure 8).



**Figure 5** : Pesée de 1 kg d'orge



**Figure 6** : Etaler les grains d'orge



**Figure 7** : Tassement des grains



**Figure 8** : Espace de 3 cm

- Mettre les plateaux remplis dans la chambre hydroponique (Figure 9).

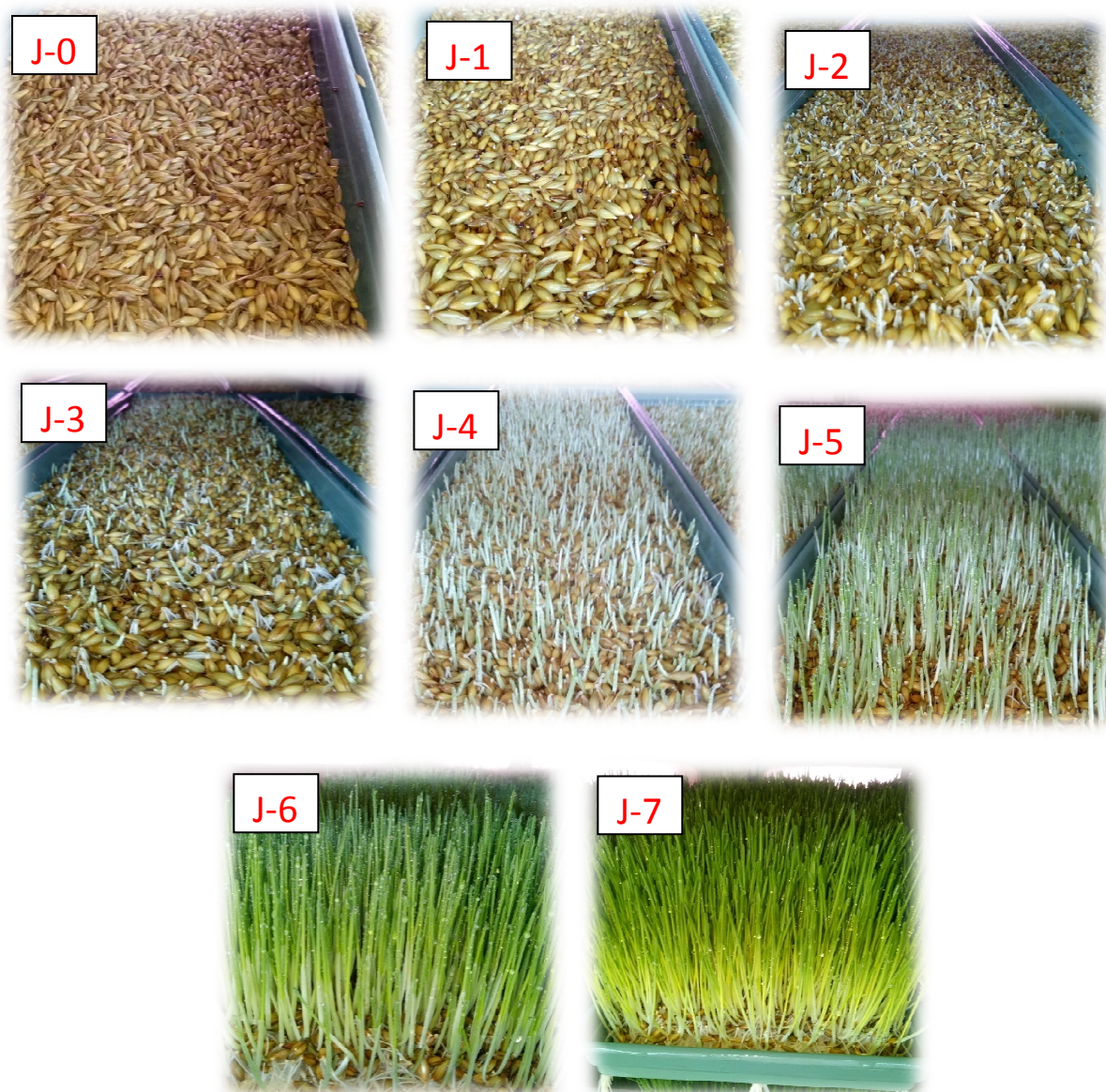


**Figure 9** : Plateaux dans la chambre hydroponique

- Remplir chaque jour les plateaux selon la quantité utilisée



- Récolter les premiers plateaux après 8 jours, le vert ayant atteint 15 à 20 cm de hauteur ou a peu près 5,5 Kg de fourrages par plateau pour un kilogramme de semence (Figure 10).



**Figure 10** : Les différentes étapes de germination-poussé de l'orge hydroponique

### 3.2 Paille d'orge

L'orge de la variété «Saïda» est cultivée au niveau de la station de l'ITELV de Baba Ali. La paille obtenue, est utilisée dans l'alimentation des animaux ; le poids moyen d'une botte est de 15 Kg.

#### 4. Animaux.

Les tests d'ingestibilité et de digestibilité in-vivo, se sont déroulés dans la bergerie de la station expérimentale de l'ITELV de Baba Ali. Ces essais, ont été réalisés sur un lot de 04 antenais de race Rumbi, âgés de 13 à 14 mois et dont le poids au début de l'essai d'ingestibilité, est représenté dans le tableau 10. Durant ces essais les antenais, ont été placés dans des boxes individuels (Figure 11) d'une superficie de 2 m<sup>2</sup> avec accès libre à la mangeoire et à l'abreuvoir puis dans des cages à métabolisme (Figure 12). Chacun des antenais, porte une boucle d'oreille permettant l'identification afin de faciliter le déroulement des essais.

**Tableau 10** : Poids vifs des antenais (Kg)

Antenais	01	02	03	04	Poids moyens (kg)
Poids (kg)	49,9	56,2	52,4	57,4	53,97



**Figure 11** : Boxe individuel



**Figure 12** : Antenais sur cages à métabolisme



## 5. Techniques d'analyses.

### 5.1. Méthodes d'analyses chimiques.

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées, sont celles de l'AOAC (1990). Les échantillons ont été broyés finement (1mm) et conservés hermétiquement. Toutes les analyses ont été faites en triples (03 répétitions), les résultats sont rapportés à la matière sèche (en %). Les analyses chimiques, ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses de l'ITELV et du laboratoire d'analyses fourragères du département de Biotechnologie de Blida.

#### 5.1.1. Détermination de la matière sèche (MS).

Dans une capsule séchée et tarée au préalable, introduire 1 à 2 g de l'échantillon à analyser, porter la capsule dans une étuve à circulation d'air réglée à 105°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), laisser durant 24h, refroidir au dessiccateur, peser, remettre une heure à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée, continuer l'opération jusqu'à poids constant. La teneur en MS est donnée par la relation :

$$MS\% = \frac{Y}{X} \times 100$$

Y : poids de l'échantillon après dessiccation.

X : poids de l'échantillon humide.

#### 5.1.2. Détermination des matières minérales (MM).

La teneur en MM d'une substance alimentaire est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique après incinération. Porter au four à moufle la capsule contenant 2g de l'échantillon à analyser. Chauffer progressivement afin d'obtenir une combustion sans inflammation de la masse.

-1 heure 30 mn à 200°C

-2 heures 30 mn à 500°C.

L'incinération doit être poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et obtention d'un résidu blanc ou gris clair. Refroidir au dessiccateur la capsule contenant le résidu de l'incinération, puis peser.

La teneur en matière minérale est donnée par la relation :

$$\text{Teneur en MM}\% = \frac{A \times 100}{B \times MS}$$

A : poids des cendres.

B : poids de l'échantillon.

MS : teneur en matière sèche (%).

### 5.1.3. Détermination de la matière organique (MO).

La teneur en matière organique est estimée par différence entre la matière sèche (MS) et les matières minérales (MM) :  $MO \% = 100 - MM$

### 5.1.4. Détermination de la cellulose brute (CB).

La teneur en cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE. Par convention, la teneur en cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

Peser 2g d'échantillon, l'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot, ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5g d'acide sulfurique pour 1 litre. Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30 mn exactement. Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon. Centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide.

Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube a centrifugé avec 100 ml de solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1 litre. Faire bouillir durant 30 mn exactement, filtré sur creuset (de porosités 1 ou 2). Passer le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant.

Après refroidissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5 heures. Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine et des résidus d'hémicellulose.

$$\text{Teneur en CB en \% MS} = \frac{(A-B) \times 100}{C \times MS}$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ.

### 5.1.5. Détermination des matières azotées totales (MAT).

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDAHL.

#### a) Minéralisation.

Opérer sur un échantillon de 0,5 à 2 g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon). L'introduire dans un matras de 250 ml, ajouter 2 g de catalyseur

(composé de 250 g de  $K_2SO_4$ , 250 g de  $CuSO_4$  et 5 g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité = 1,84). Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte stable. Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

### b) **Distillation.**

Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi), rincer la burette graduée. Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

-20 g d'acide borique.

-200 ml d'éthanol absolu.

-10 ml d'indicateur contenant :  $\frac{1}{4}$  de rouge de méthyle à 0,2% dans l'alcool à 95° et  $\frac{3}{4}$  de vert de bromocresol à 0,1% dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50 ml de lessive de soude ( $d = 1,33$ ), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer en retour par l'acide sulfurique à N/20 ou N/50 jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur.

1 ml d' $H_2SO_4$  (1N)  $\longrightarrow$  0.014 d'N

1 ml d' $H_2SO_4$  (N/20)  $\longrightarrow$  0.0007d'N

$$Ng = X.0,0007. \frac{100}{Y} . \frac{200}{A}$$

X: descente de burette (ml)

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

$$\text{Teneur en MAT (\% MS)} = N g \times 6,25$$

## 5.2. Déroulement de l'essai d'ingestibilité.

### 5.2.1. Période d'adaptation.

Les antenais, ont été soumis à une période d'adaptation de 20 jours. L'orge hydroponiquea été introduit progressivement en substitution de la paille d'orge et du concentré jusqu'à arriver à une ration composée de 300 g de paille d'orge (lest digestif) + orge en vert hydroponique à volonté.

### **5.2.2. Période de mesure.**

Pendant toute la période de mesure la paille est distribuée le matin à jeun alors que l'orge en vert est distribué à volonté en 02 repas par jour : 09h00 et 16h00. De l'eau potable est à la disposition permanente des animaux.

Chaque jour et à 08h00 du matin, les refus sont récoltés et pesés avant toute nouvelle distribution des repas, afin d'ajuster la quantité à distribuer pour chaque animal (10% de refus autorisés), afin d'éviter le phénomène de tri. Si le refus est supérieur à 10 %, un échantillon est prélevé pour déterminer la matière sèche de ce dernier.

### **5.2.3. Pesées.**

Au début et à la fin de la période d'essai, les béliers ont été pesés dans un pèse ovins à jeun afin de déterminer le poids vif et son évolution (GMQ).

Les quantités ingérées quotidiennement par les animaux en sec et en poids métabolique, ont été obtenues par pesée du distribué et des refus

## **5.3. Déroulements des essais de digestibilité In Vivo**

Il s'agit de la technique de Demarquilly et Boissau (1978). Les mesures sont réalisées sur les mêmes animaux ayant servi pour l'essai d'ingestibilité et qui sont habitués à consommer cette ration depuis plus d'un mois.

Pendant toute la période de mesure qui a duré 14 jours les animaux placés sur cages à métabolisme, ont reçus 300g de paille d'orge + orge en vert à volonté (10 % de refus autorisés) en deux repas par jour. L'eau de boisson est distribuée à volonté.

La période de mesure comprend deux étapes :

- 04 jours d'adaptation aux cages à métabolisme.
- 10 jours de mesures du bilan digestif.

### **5.3.1. Les prélèvements d'échantillons :**

Les quantités d'aliments distribués, les refus, les urines (ramassées dans 50 ml d' $H_2SO_4$  à 25 %) et les fèces sont mesurés.

- **Les aliments distribués :**

Un échantillon de 100 g de paille et 100 g d'orge en vert sont prélevés chaque jour et séché afin de déterminer leur MS. En fin de période, les échantillons sont cumulés pour les analyses chimiques.

- **Les aliments refusés :**

Le prélèvement, est proportionnel à l'importance des refus, soit :

**Refus Prélèvements**

0 à 50 g -----	0
50 à 150 g-----	la totalité
150 à 300 g-----	la moitié
300 à 600 g -----	le quart

Les refus secs sont cumulés par mouton et un échantillon moyen tenant compte de la proportionnalité des prélèvements est constitué en fin de période pour les analyses chimiques.

- **Les fèces :**

Le cinquième du poids total est prélevé sur les fèces propres puis séché et cumulé par mouton avant les analyses.

- **Les urines :**

Chaque jour, 2 à 10 % des urines sont prélevées par mouton puis congelées afin de leur assurer une bonne conservation.

## 6.Calculs.

### 6.1.Equations utilisées pour le calcul de la valeur nutritive.

Les équations utilisées, sont tirées de la publication de l'INRA (2007).

#### 6.1.1. Equations de prévision de la valeur énergétique.

$$EB = 4531 + 1,735 MAT + \Delta$$

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MO.

MAT = matières azotées totales en g/Kg de MO.

$\Delta$  = - 71 pour les fourrages verts de graminées.

$$EM = EB \times dE \times (EM / ED).$$

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MS.

dE = digestibilité de l'énergie en %.

$$EM / ED = (84.17 - 0.0099 CBo - 0.0196 MATo + 2.21 NA) / 100.$$

EM/ED rend compte des pertes d'énergie sous forme de gaz et dans les urines.

CBo = teneur en CB en g/Kg de MO.

MATo = teneur en MAT en g/Kg de MO.

NA = niveau alimentaire = 1,7 chez les fourrages verts.

### 6.1.2. Equation de prévision de la digestibilité de la MO (dMO).

$$\text{dMO} = 90.8 - 0.091 \text{ CB} + 0.035 \text{ MAT.}$$

dMO en %, MAT et CB en g / Kg de MS.

### 6.1.3. Equation de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE).

$$\text{dE} = 0.985 \text{ dMO} - 2,556$$

dE = digestibilité de l'énergie, elle est fonction de la dMO de l'aliment.

dE et dMO en %.

### 6.1.3. Calculs des valeurs énergétiques.

$$\text{UFL} / \text{Kg de MS} = \text{ENL} / 1700.$$

$$\text{UFV} / \text{Kg de MS} = \text{ENEV} / 1820.$$

UFL = unité fourragère lait.

UFV = unité fourragère viande.

$$\text{ENL} = \text{EM} \times \text{KI} \text{ en Kcal / Kg.}$$

$$\text{ENEV} = \text{EM} \times \text{Kmfen} \text{ Kcal / Kg.}$$

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

$\text{KI} = 0.60 + 0.24 (q - 0.57)$  = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait.

$\text{Km} = 0.287 q + 0.554$  = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien.

$\text{Kf} = 0.78 q + 0.006$  = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande.

$$\text{Kmf} = (\text{Km} \times \text{Kf} \times 1.5) / (\text{Kf} + 0.5 \text{ Km})$$

$q = \text{EM} / \text{EB}$  = concentration en EM de l'aliment.

### 6.1.4. Equation de prévision de la Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT).

$$\text{DT} = 51.2 + 0.14 \text{ MAT} - 0.00017 \text{ MAT}^2 + \Delta$$

DT en %, MAT en g / Kg de MS.

$\Delta = 8,8$  pour les graminées au 1<sup>er</sup> cycle.

### 6.1.5. Equation de prévision de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr).

$$\text{dr} = 100 \times [1.11 \times (1 - \text{DT} / 100) \times \text{MAT} - \text{PANDI}] / [1.11 \times (1 - \text{DT} / 100) \times \text{MAT}]$$

dr en %, MAT en g / Kg de MS.

**PANDI = 7.9 + 0.08 MAT – 0.00033 MAT<sup>2</sup>+Δ1+Δ2+Δ3** = protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

Δ 1 = - 1.9 au 1<sup>er</sup> cycle.

Δ 2 = - 2.3 pour les graminées et prairies.

Δ 3 = - 2 pour les fourrages verts.

#### 6.1.6. Calculs des valeurs azotées (g / Kg).

**PDIN = PDIA + PDIMN**

**PDIE = PDIA + PDIME**

**PDIA = MAT x [1.11 (1 – DT)] x dr.**

PDIN = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (g/Kg de MS).

PDIE= protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (g/Kg de MS).

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (g/Kg de MS).

PDIMN = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (g/Kg de MS).

**PDIMN = MAT x [1 – 1.11 (1 – DT)] x 0.9 x 0.8 x 0.8.**

PDIME = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'énergie fermentescible (g/Kg de MS).

**PDIME = MOF x 0.145 x 0.8 x 0.8**

MOF = matière organique fermentescible.

**MOF = [MAT x (1 – DT)].**

MAT et MOF en g / Kg de MS.

#### 6.2. Ingéstibilité.

L'ingéstibilité mesurée durant toute la période de mesure est déduite à partir de l'équation : Quantité ingérée = quantité distribuée – quantité refusée

Pour mieux comparer les résultats, l'ingéstibilité est exprimée en g MS / kg P<sup>0,75</sup>.

#### 6.3. Valeur d'encombrement

Elle a été calculé en UEM selon l'équation de l'INRA (2007) : UEM = 75 / Qi M

#### 6.4. Variation du poids vif des béliers (GMQ)

PV finale – PV initiale

A été calculée comme suit : GMQ (g/j) = -----

Nombre de jour

### 6.5. Digestibilité in-vivo

Les quantités d'aliments distribuées, les quantités refusées, les quantités de fèces excrétées ainsi que les résultats des analyses chimiques ont été utilisées pour calculer le coefficient d'utilisation digestive apparent des différents éléments nutritifs selon la formule :

$$\text{Coefficient de digestibilité apparent d'un aliment} = \frac{\text{Qté ingérée} - \text{Qté excrétée}}{\text{Qté ingérée}} \times 100$$

On obtient ainsi : le CUD de la MS, MO, MAT et CB.

### 6.6. Rétention azotée

Azote retenu = azote ingéré – azote excrété (fèces + urines)

$$\text{Rétention azotée} = \frac{\text{Azote retenu}}{\text{Azote ingéré}} \times 100$$

### 6.7. Calculs statistiques.

Les moyennes des valeurs obtenues, ont été comparées par un test de STUDENT au seuil de 5 %.



**Résultats et discussion :**

**1. Composition chimique de l'orge hydroponique et de la paille d'orge.**

La composition chimique de l'orge en vert et de la paille d'orge, figure dans le tableau 10.

**Tableau 10 :** Composition chimique des aliments utilisés.

Aliments	MS%	en % de la MS		
		MO	MAT	CB
Orgehydroponique	11,43± 1,40 <b>b</b>	97,95± 0,48 <b>a</b>	11,95± 0,73 <b>a</b>	10,44± 1,00 <b>b</b>
Paille d'orge	88,18± 0,85 <b>a</b>	94,36±0,41 <b>b</b>	2,76±0,26 <b>b</b>	37,78± 2,07 <b>a</b>

les valeurs suivies de lettre différentes sont significativement différentes.

**1.1.Teneur en MS :**

L'orge en grains, a en moyenne une teneur en MS de 91,5 %. Cultivé en hydroponie pendant 7 jours le kg d'orge, donne en moyenne une production de 5,2 kg. Ce poids est réparti en 4469g pour les racines et 726 g pour les tiges et feuilles. La teneur en MS de la plante entière à 7 jours n'est alors que de 11,43± 1,40 %. Celle des graines + racines est de 17,29 ± 1,40 % alors que les tiges + feuilles, ont une teneur de 8,73 ± 0,53 %.

Gillet, 1980, note que la teneur en MS varie en fonction du stade de développement de la plante et qu'elle évolue aussi en fonction de la composition morphologique et la vitesse de la croissance de l'herbe.

La teneur obtenue dans notre essai (11,43 %), est comparable à celle trouvée par Abidi et Benyoussef, (2016) avec 11,5% mais elle est moins élevée que celles observées par Abdullah (2001) : 16 % à j7 et 18 % à j8 ; par Kriaa et al (2001) :15,44% ; par Fazaeli et al (2012) : 13,3 % ; par Maoui et Lamraoui (2013) : 15,59 % et par Maeva et al (2015) : 18,37 %. Ces différences, peuvent être dues aux conditions de culture différentes.

L'orge hydroponique, présente une teneur en MS qui se rapproche de celle de l'orge cultivé sur sol au stade montaison avec 13,94 % (Aissani et Chanane, 2012).

La paille d'orge utilisée dans cet essai comme lest dans la ration alimentaire

des animaux, présente une teneur en MS (88,18%) beaucoup plus élevée. Elle est cependant comparable à celles rapportées par Ayoub (2000) avec 89,84 % pour une paille de blé dur ; Benchaba (2002) avec 88,20% pour une paille d'orge.

### **1.2.Teneur en MO :**

L'orge hydroponique, présente une très faible teneur en MM (2,05%) ceci est vraisemblablement lié au fait qu'il est cultivé en hors sol sur des plateaux en plastique et qu'il est irrigué avec de l'eau sans fertilisant. Par conséquent, sa teneur en MO (97,95%) est très élevée (MO = 100 – MM). La valeur obtenue, est comparable à celle trouvées par Fazaeli et al, (2011)(96,35%) et Abidi et Benyoussef, (2016)(96,1 %).

L'orge hydroponique, présente une teneur en MO beaucoup plus élevée que celle de l'orge cultivé sur sol au stade montaison avec 88,17 % (Aissani et Chanane, 2012).

La teneur en MO de la paille d'orge est de 94,36%, elle est comparable à celle rapportée par Ferkous(1998) pour la paille de blé (94,70%) ; mais elle est supérieure à celle trouvée par Benchaba (2002) avec 92,69%.

### **1.3.Teneur en MAT :**

L'accumulation des MAT dans l'orge hydroponique, est uniquement induite par le processus de germination étant donné qu'aucune solution nutritive n'est utilisée. La teneur en MAT obtenue dans notre essai, est de 11,95% (Tableau 10). Cette valeur, est proche de celle annoncée par Belbachir (2017) avec 12,9% ; alors qu'elle est plus faible que celles rapportées par Fazaeli et al (2012) avec 14,67 % ; par Maoui et Lamraoui (2013) avec 14,87 % et par Maeva et al (2015) avec 13,20 %.

La teneur en MAT de l'orge hydroponique âgé de 7 jours, est proche de celle de l'orge cultivé au stade montaison qui présente une teneur de 12,30 % (INRA, 2007) et 12,34 % (Aissani et Chanane, 2012).

La teneur en MAT de la paille, est seulement de 2,76% ; celle-ci est comparable à celle trouvée par Benchaba (2002) avec 2,47% pour une paille d'orge.

#### 1.4.Teneur en CB :

La teneur en CB obtenue avec l'orge hydroponique est de 10,44%. Cette faible teneur, s'explique par l'âge juvénile des plantes (7 j). En effet, Comme il a été rapporté par plusieurs auteurs, (Gailard, 1974 ; Andrieu et Weisse, 1981 ; Demarquilly et Andrieu, 1987 ; Soltner, 2000), la cellulose brute évolue avec l'âge de la plante. De même Jeangros et Scehovic (1996), rapportent que plus la plante est âgée, plus le rapport feuilles / tiges diminue et plus la teneur en CB augmente et moins la plante est digestible. La teneur obtenue dans notre essai, est plus faible que celles rapportées par Hartslied(2012) avec 11,3 % ; Maoui et Lamraoui (2013) avec 16,45 % et par Maeva et al (2015) avec 12,40 %.

La teneur en CB de la paille d'orge est de 37,78%, elle est comparable à celles trouvées par Boughaleb (1997), Ferkous (1998) et Oudahmane (2001) avec respectivement 37,7 ; 37,92et 37,96%.

Les résultats de composition chimique de l'orge hydroponique obtenus, ont été influencés par l'ambiance et les conditions de germination dans la chambre hydroponique : variété et qualité des grains d'orge utilisés, la qualité de l'eau d'irrigation, la durée de germination, l'intensité lumineuse, les coupures d'électricité et l'ouverture irrégulière de la machine.

#### 2.Ingestibilité .

L'ingestibilité en MS, par rapport au poids vif et au poids métabolique et la valeur d'encombrement de la ration distribuée (paille + orge hydroponique) et de l'orge hydroponique seul, sont rapportées dans le tableau 11.

**Tableau 11** : Ingestibilité et valeur d'encombrement de la ration entière et de l'orge en vert.

Régime alimentaire	MS ingérée (g)	MS ingérée g/kg de PV	MS ingérée g/kg P <sup>0,75</sup>	UEM
Paille + orge hydroponique	1228,31±62,02a	22,80 ±1,27a	61,75 ±2,90a	1,22 ±0,05b
Orge hydroponique	977,76 ±63,26b	18,14 ±1,08b	49,14 ±2,67b	1,55 ±0,08a

- **Quantités ingérées en MS.**

Vu la très faible teneur en MS (cf. tableau 10) de l'orge hydroponique et afin d'éviter d'éventuels problèmes digestifs il nous a paru indispensable d'incorporer dans la ration distribuer un aliment riche en fibres (lest) durant toute la période d'essai (tests d'ingestibilité et de digestibilité in-vivo). Le lest retenu, est la paille d'orge.

La ration composée de 300 g de paille et d'orge en vert hydroponique à volonté (10 % de refus autorisés) a été ingérée à raison de 1,22 kg de MS/ tête / jour par les animaux alors que l'ingestion de l'orge hydroponique seule a été de 0,97kg de MS / tête / jour.

- **Ingestibilité en g / kg de poids vif.**

Elle est de 22,80 g de MS/kg de PV pour la ration entière et de 18,14 g/kg de PV pour l'orge hydroponique seule (Tableau 11).

- **Ingestibilité en g / kg de poids métabolique ( $P^{0,75}$ ).**

Selon Dulphy et al, (1994) et Drogoulet al, (2004), l'ingestibilité exprimée par rapport au poids métabolique ( $P^{0,75}$ ), est la meilleure puisqu'elle permet d'estimer le degré de satisfaction des besoins et de mieux comparer la capacité d'ingestion d'animaux d'espèces ou de poids différents.

L'ingestibilité de la ration entière et de l'orge hydroponique, exprimée par rapport au poids métabolique, est respectivement de 61,75 et 49,14 g/kg de  $P^{0,75}$ . Ces résultats se rapprochent de ceux de Abidi et Benyoussef, (2016) avec un régime composé de foin d'orge et d'orge hydroponique avec 66 g/kg  $P^{0,75}$  et de Demarquilly et Andrieu, (1998) pour l'orge cultivée avec 44 g/kg  $P^{0,75}$ .

- **Valeur d'encombrement.**

La valeur d'encombrement enregistrée pour la ration et l'orge hydroponique seule est de respectivement de 1,22 UEM et 1,55 UEM. Ces valeurs d'encombrement élevées, sont dues à la faible teneur de l'orge hydroponique en MS (cf. tableau 10).

### 3. Variation du poids vif des animaux

La variation du poids vif des animaux au cours du test d'ingestibilité sont rapportées dans le tableau 12

**Tableau 12 :** Evolution du poids vif des animaux.

Ration alimentaire	PV moyen début période (kg)	PV moyen fin période (kg)	Variation moyenne (kg)	Variation journalière (g)
Paille + Orgehydroponique	54 ±3,45	57 ±3,58	+3 ±0,81	+176,47 ±47,55

L'orge en vert, a été distribué aux antenais à volonté (10 % de refus autorisés), leur poids vif au cours du test d'ingestibilité qui a duré un mois, peut varier avec la quantité ingérée et l'efficacité digestive de la ration et son pouvoir à être retenu par l'organisme.

Les antenais de race Rumbi, âgés de 13 à 14 mois, ont commencés l'essai avec un poids vif moyen de 54kg et l'ont fini avec un poids de 57 kg. Ce qui correspond donc à une augmentation de poids vif de 03 kg soit un GMQ de 176,47 g/j.

Miralles-Bruneau, (2015),expliqueles performances obtenues avec unapport de fourrage vert hydroponique par une meilleure efficience de l'utilisation de la ration par l'animal, en raison de l'apport par ce fourrage de nutriments solubles rapidement assimilables.

#### **4. Digestibilité in-vivo.**

Les résultats de la digestibilité in-vivo, sont présentés dans le tableau 13.

Pour pouvoir déterminer la digestibilité de l'orge hydroponique seule, nous avons utilisés les résultats d'un test de digestibilité qui a été effectué sur la paille d'orge distribuée seule à volonté. Ce test, a été réalisé au niveau du laboratoire de digestibilité du Département d'Agronomie de Blida par Benchaba en 2002. Les digestibilités des composants chimiques de la paille d'orge obtenues, ont été de : 47,18 % pour la dMS, 43,18 % pour la dMO, 15,07 % pour la dMAT et 50,58 % pour la dCB.

**Tableau 13 :** Digestibilité In-vivo des composants chimiques de la ration entière et de l'orge hydroponique.

CUD%	Ration entière	Orge hydroponique
dMS	67,70 ± 2,50a	71,76 ± 4,72a
dMO	69,61 ± 2,25a	75,40 ± 4,40a
dMAT	59,15 ± 2,23b	64,53 ± 2,00a
dCB	56,83 ± 2,60b	67,23 ± 3,20a

les valeurs suivies de lettre différentes sont significativement différentes.

- **Digestibilité de la MS.**

La dMS de la ration entière est de 67,70% ; elle est comparable à celle de l'orge hydroponique seule avec 71,76%. La dMS de la ration, est comparable à celle trouvée par Abidi et Benyoucef, (2016) pour un régime composé de foin d'orge et d'orge hydroponique avec 64 %. Celle du fourrage vert hydroponique seule, est proche du résultat in vitro trouvé par Fazaeli et al, (2012) cités par Miralles-Bruneau (2015) pour l'orge en vert hydroponique de 6 à 8 jours avec 72 à 85 %.

- **Digestibilité de la MO.**

La digestibilité de la matière organique est le meilleur critère de l'estimation de la valeur énergétique d'un fourrage (INRA, 1988).

La dMO obtenue dans notre essai, est comparable entre la ration entière (orge en vert hydroponique + 300 g de paille d'orge) et l'orge hydroponique seul avec respectivement 69,61 et 75,40%. La dMS de la ration, est plus élevée que celle trouvée par Abidi et Benyoucef, (2016) avec un régime composé de foin d'orge et d'orge hydroponique avec 66%.

Selon VAN SOEST, (1967), la digestibilité de la matière organique dépend essentiellement des parois de la plante, caractérisée par la fraction cellulose brute.

ANDRIEU et WEISS (1981), notent qu'au premier cycle de végétation, la digestibilité de la MO et la valeur énergétique d'une plante sont liées positivement à sa teneur en MAT et négativement à sa teneur en CB.

SCEHOVIC (1991) rapporte que la digestibilité de la matière organique d'une plante fourragère ou d'un organe de cette plante dépend essentiellement de la teneur et de la digestibilité des constituants pariétaux. Elle diminue au fur et à mesure que la teneur en ces constituants et le degré de lignification de ces derniers augmente.

- **Digestibilité des MAT.**

La digestibilité des MAT, est étroitement liée à la teneur de la plante en MAT.

Dans notre essai, les dMAT observées avec la ration totale et l'orge hydroponique, sont significativement différentes en faveur du second avec respectivement 59,15 et 64,53%. La dMAT de la ration, est plus élevée que celle trouvée par Abidi et Benyoucef, (2016) avec un régime composé de foin d'orge et d'orge hydroponique avec 54%.

- **Digestibilité de la CB.**

Theriez (1969) et Pontailier (1977), rapportent que la cellulose brute est d'autant moins digestible que sa teneur dans le fourrage est plus élevée.

Dans notre essai la dCB trouvée est de 56,83% pour la ration entière et de 67,23% pour l'orge hydroponique ; valeurs significativement différentes en faveur de l'orge en vert. Cette différence, est liée à la teneur plus élevée de la paille en CB par rapport à l'orge en vert (37,78 contre 10,44 %) et à la nature des composés pariétaux plus complexes et donc moins digestibles dans la paille que dans l'orge.

La dCB de la ration, est plus élevée que celle trouvée par Abidi et Benyoucef, (2016) avec un régime composé de foin d'orge et d'orge hydroponique avec 47%.

### **5. Bilan azoté.**

Le bilan azoté des animaux consommant la ration composée de 300 g de paille d'orge et d'orge en vert hydroponique distribuée à volonté, est présenté dans le tableau 14.

**Tableau 14** : Bilan azoté de la ration paille + orge en vert hydroponique.

MAT ingérées (g/j)	MAT des fèces (g/j)	MAT des urines (g/j)	MAT retenues (g/j)	MAT retenues en % de l'ingère
111,78 ± 17,51	47,47 ± 4,97	36,37 ± 14,17	27,94 ± 27,73	25,00 ± 22,71

Pendant l'essai de la digestibilité in-vivo, les animaux ont ingérés quotidiennement 111,78 g de MAT. Une partie importante de ces MAT, sont indigestibles et se retrouvent dans les fèces (47,47g soit 42,46 %) et les urines (36,37 g soit 32,54 %). La part des MAT retenues, est donc de 27,94 g/j ou 25%.

Nous ne disposons pas de valeurs comparatives pour l'orge hydroponique, étant donné que le bilan azoté est rarement calculé et que les rations étudiées par d'autres auteurs comprennent souvent des compléments rendant toute comparaison erronée.

## 6. Valeur énergétique et azotées de l'orge hydroponique

Les valeurs énergétiques et azotées de l'orge hydroponique, sont illustrées dans le tableau 15.

**Tableau 15** : Valeurs énergétiques et azotées de l'orge hydroponique.

UFL	UFV	PDIA (g)	PDIN (g)	PDIE (g)
1,17 ± 0,02	1,16 ± 0,02	27,52 ± 1,13	76,76 ± 4,69	102,37 ± 1,71

### 6.1. Valeur énergétiques (UFL et UFV)

Selon JARRIGE et MINSON (1964), la valeur énergétique d'un fourrage est liée directement à sa digestibilité de la MO.

Les valeurs UFL et UFV par kg de MS de l'orge hydroponique sont élevées et sont respectivement de 1,17 et 1,16. Ces valeurs, sont proches de celles annoncées par Kaeffer, (2013), avec 1,11 et 1,08 UFL et UFV /kg de MS. Elles sont cependant plus élevées que celles trouvées par Maeva et al, (2015) avec 0,92 UFV / kg de MS ; Miralles-Bruneau, (2015), avec 0,96 et 0,91 UFL et UFV/kg de MS, et Belbachir, (2017) avec 0,97 et 0,93 UFL et UFV/kg de MS.



L'orge hydroponique, présente des valeurs énergétiques plus élevées que celles de l'orge en vert cultivé sur sol. En effet, Aissani et Chanane, (2012), annoncent pour ce dernier des valeurs énergétiques de 0,94 UFL et 0,91UFV au stade montaison, 0,88 UFL et 0,83 UFV au stade début épiaison et 0,85 UFL et 0,78 UFV au stade épiaison.

### **6.2. Valeur azotées**

Les valeurs azotées enregistrées dans notre essais sont de : 27,52 g de PDIA ; 76,76 g de PDIN et 102,37 g de PDIE / kg de MS. Les PDIE, sont plus élevés que les PDIN, ce qui démontre la richesse des graminées en énergie beaucoup plus qu'en azote. Selon Demarquilly et al (1981) et Jarrige (1984), la teneur en PDIN d'un fourrage dépend de sa teneur en matières azotées totales, de la solubilité des matières azotées et de leur digestibilité réelle dans l'intestin grêle.

Les valeurs azotées trouvées dans notre essai sur l'orge en vert hydroponique, sont comparables avec celles rapportées par Belbachir (2017) avec 89,3 g de PDIN et 102,5 g de PDIE / kg de MS.

**Conclusion :**

Le travail réalisé, représente une contribution à la connaissance de la valeur nutritive, de l'ingestibilité et de la valeur d'encombrement de l'orge cultivé dans une chambre hydroponique à ambiance contrôlée.

Les résultats, montrent que l'orge hydroponique, peut constituer une source fourragère pérenne de qualité aux éleveurs dans les systèmes d'élevage en hors sol.

En effet ce fourrage se caractérise par des teneurs en MAT (11,95 %) et en CB (10,44 %) très intéressantes ainsi que des digestibilités assez élevées (75,40 ; 64,53 et 67,23 % respectivement pour la MO, les MAT et la CB).

Les valeurs énergétiques et azotées de l'orge hydroponique en vert, sont plus élevées que celles de l'orge en grains. Elles sont respectivement de 1,17 et 1,16 UFL et UFV et de 76,76 et 102,37 g de PDIN et PDIE.

Ce fourrage, présente cependant une faible ingestibilité (49,14 g/kg de  $P^{0,75}$ ), ceci est lié à sa forte teneur en eau (teneur en MS de 11,43 %), d'où sa valeur d'encombrement élevée : 1,55 UEM.

La ration composée de 300 g de paille d'orge et d'orge en vert à volonté, a permis à des antenais de 18 mois de race Rumbi pesant en moyenne 54 kg de poids vif un gain moyen quotidien de 176,47 g ; ce qui est très intéressant pour une ration de base composée uniquement de fourrages.

Bien qu'en Algérie, l'utilisation de l'orge hydroponique n'est qu'à petite échelle, les résultats trouvés dans cet essai, montrent que l'orge hydroponique, peut être incorporée dans les rations des ruminants notamment :

- durant les périodes creuses du calendrier fourrager (automne et hiver) ;
- chez les éleveurs hors solne distribuant que du sec ;
- durant les périodes de sécheresse.

Ce travail peut être considéré, comme une première dans le domaine de l'étude de la valeur alimentaire des fourrages hydroponiques. Il doit être cependant confirmé par d'autres travaux, notamment par des essais sur animaux en production.

## Références bibliographiques :

**Abdelguerfi, A., 1987 :** «Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie», Revue céréaliculture, 16, 1-5.

**Abdelguerfi, A., 1994 :**“Quelques réflexions sur l'élevage et les ressources fourragères et pastorales en Algérie”, Séminaire national sur l'intervention et l'intégration de la production laitière en Algérie.

**Abdullah, A. 2001 :** Valeur nutritive du fourrage d'orge cultivé dans un système hydroponique. Mémoire de doctorat, Université Putra Malaysia.

**Abidi S. et Benyoussef S., 2016 :** Effet de la substitution du foin d'avoine par l'orge hydroponique sur l'ingestion et la digestibilité du régime chez les ovins.Laboratoire des Productions Animales et Fourragères. Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. Rue HédiKarray, 1004, El Manzah, Tunis, Tunisie.

**Akbağ, H.I., O.S. Türkmen, H. Baytekin, et Y. Yurtman., 2014 :** Effets du temps de récolte sur la valeur nutritive de la production d'orge hydroponique.Türk Tarım veDoğabilimleri 7 (7) 1761-1765.

**Al-Karaki, Ghazi N., et M. Al-Hashimi., 2013:**« Green Fodder Production and Water Use Efficiency of Some Forage Crops under Hydroponic Conditions ». International ScholaryResearchNetw

**Aissani, I., Chanane, N., 2012 :** Etude de la valeur nutritive de quelques fourrages cultivés, cas : de l'avoine, de l'orge et du ray-grass d'Italie. Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des Sciences Agro Vétérinaire, Blida

**Amrani, W., 2006 :** Valeur nutritive des Chardon marie. Thèse magistère Faculté des sciences agronomie Université Batna (Algérie). 69P.

**Andrieu, J., Weiss, PH., 1981 :**Prévisionde la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages verts des graminées et des légumineuses.

**Baumont, J. Aufrère, F. Meschy., 2005 :** La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation.Revue Fourrages n° 198, (2009), 153-173.

**Belbachir., 2017 :** Production de fourrage par techniques hydroponiques. Cas de l'orge à Sidi mdjahed, commune de benibousaid, mémoire de master, Université de Tlemcen

**Benchaba M., 2002 :** Etude de la valeur alimentaire de la paille d'orge et du foin d'orge-avoine traités à l'urée. Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des Sciences Agro -Vétérinaire, Blida, 52 P.

**Bencherchali M., et Houmani M., 2017** : Valorisation d'un fourrage de graminées spontanées dans l'alimentation des ruminants. Revue Agrobiologia (2017) 7(1) : 346-354

**Bencherchali, M., 2018** :Valorisation des espèces fourragères spontanées de la région centre de l'Algérie dans l'alimentation des animaux. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques 252 P.

**Benharkat., 1978** : la production laitière en Algérie. Thèse de doctorat vétérinaire. Institut sciences vétérinaires, université de Constantine, p 58.

**BoughalebA., 1991.** Influence de la dose d'urée sur la valeur alimentaire de la paille de blé dur. Thèsed'IngénieurAgronome.INES BLIDA

**Carruthers, S., 2003:** Green Feed – Livestock Fodder Shed. Retrieved from <http://owll.massey.ac.nz/referencing/apa-interactive.php>

**Chavan, J. &Kadam, S. S., 1989:** Nutritional improvement of cereals by sprouting. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 28 (5), 401-437.

**Demarquilly C, Andrieu J., Grenet, E., : 1981.** Les constituants azotés des fourrages at la préwsêon de la valeur azotée des fourrages. In: Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Paris, INRA publication, p p. 129-154

**Demarquilly C, Andrieu J., 1987** : “Les fourrages”, alimentation des bovins, ovins et caprins, R. Janie éd., INRA éditions, pp. 315-335

**Demarquilly C, Andrieu J., 1998** :Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert.

**Droguol C., Gadoud R., Marie-Madeleine J., Lisberney M., Mangeole L., et Tarrit A.,2004** : Nutrition et alimentation des animaux d'élevage Tome I, 2<sup>ème</sup> édition

**Dulphy, J.P., Martin-Rosset, W. et Jouany, J.P., 1995** : ” Ingestion et digestion comparées des fourrages chez différentes espèces d'herbivores ” INRA Productions animales, 8 (4), 293-307.

**Dung , D. D., Goodwin, I. R., & Nolan, J. V., 2010:** Nutrient Content and in sacco Digestibility of Barley Grain and Sprouted Barley. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9 (19), 2485-2492ork Agronomy.

**FazaeliH., Golmohammedi H. A., Shoayeen A.A., Montajebi, N., et Mosharref SH.,2011** :Performance of Feedlot Calves Fed Hydroponics Fodder Barley, J, Agr, Sci, Tech, Vol 13, pp 367-375;

**Ferkous. S., 1998** : Effet du traitement à l'urée et à l'urée plus chaux sur la valeur alimentaire dela paille de blé dur. Thèse d'Ingénieur. 31 P. INES BLIDA. fertilisante en culture hors-sol, ed, Lavoisier tec et doc, Paris.

**Fuentes, F., Poblete, C., Huerta, M., Palape, I., 2011** : Evaluación de la producción y calidadnutritiva de avenacomoforrajeverdehidropónico en condiciones de

Assessment of production and nutrition quality of oats as green hydroponic fodder under desert conditions, IDESIA, 29:3, p 75-81.

**Gaillard, B., 1974** : Valeur alimentaire des fourrages d'hiver INRA – ALGER

**Hamadache, A. 2001** : Les ressources fourragères actuelles en Algérie. Situation et possibilité d'amélioration. In acte de l'atelier national sur la stratégie de développement des cultures fourragères en Algérie. Ed. ITGC. 79P.

**Hartsleif A., (2012).** - Dairy Cow Fodder Replacement Diet Trail

**Houmani M., 1998** : Amélioration de la valeur alimentaire du foin de vesie-avoine par le traitement à l'urée. Revue fourrages, 154, pp 239 -248

**IMIST., 2013** : Institut Marocain de l'Information scientifique et technique

**INRA., 1988** : Alimentation des bovins, ovins caprin Ed INRA.

**I.N.R.A, 2007.** Alimentation des bovins, ovin, caprins ; Ed, INRA. France.

**Jarrige et Minson., 1964** : digestibilité des constituants du Ray-grass 5-24 et du Dactyle 5-37, plus spécialement des constituants glucidique. Ann. Zootech, 13 : 117.

**Jarrige R, Tisserand JL 1984** : Métabolisme, besoins et alimentation azotés du cheval. In : Le cheval (R Jarrige, W Martin-Rosset, eds), INRA, Paris, 275- 302

**JENNGROS et SCEHOVIC, 1996.** Etude de l'effet de diverses espèces de plantes des prairies permanentes sur l'hydrolyse enzymatique des constituants pariétaux. Annales de Zootechnie 44, p87-96

**Kacimi E.H 2013** : La dépendance alimentaire en Algérie: importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution? Mediterranean Journal Of Social Sciences Vol 4, N°11, 152-158. <http://www.mcser.org/journal/index.php/mjss>

**Kaeffer C., 2013** : Céréales et des fourrages hydroponiques : utilisation en alimentation animale.

**Kaouche-Adjlane S, Ahmed Serir A, Bafdel. M et Benhacine R., 2015:** Techno-economic approach to hydroponic forage crops: use for feeding dairy cattle herd. Advances in Environmental Biology

**Kherrouri, 2017** : Place des fourrages naturels dans le bilan alimentaire des herbivores en algérie; mémoire de master, Département de biotechnologie, USDB.

**Kouassi., 2009** : "Twins and cultures" Soins Pédiatriques(247): 20-23, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19375049>

**Kriaa, S., R. Bergaoui., S.Kennou.,2001:**Utilisation de l'orge en vert produite hors sols pour alimenter des lapins en croissance en système familial, World Rabbit Science, 9 (4) : 171-174

**Laouar M., et Abdelguerfi A., 1997 :** Privatisation et pâturage du foncier : une des cause de dégradation des milieux naturels en Algérie. In "pastoralisme et fonciers : impacte de régime foncier sur la gestion de l'espace pastorale et la conduite des troupeaux en région aride et semi-aride". 17-19 Octobre 1996. Gabes (Tunisie). Option méditerranéennes. 32 : 209-212

**Laurat et Isabelle., 2010 :** Introduction à la production sous serre, tome 2, l'irrigation

**Letard M., Patricia E., (1995) :** Maitrise de l'irrigation fertilisante de la tomate, CTIFL, Paris, 220p.

**MADR., 2016 :**Ministère de l'agriculture et du développement rural

**Maëva., 2015 :** Utilisation du fourrage vert hydroponique en production de viande bovine.ARP, Sicarévia, Ovicap, Sedael, Chambre d'Agriculture de la Reunion, AD2R, ARIBEV, Cirad, Urcoopa.

**MaouiH., et Lamraoui, L., 2013 :** utilisation de ration à base d'orge hydroponique dans l'alimentation des vaches laitières, mémoire de master, faculté de biotechnologie, université de Blida 1.

**Martinez J.P., Kinet J.M., Bajji M., Lutts S., 2006:**NaCl alleviates polyethylene glycolinduced water stress in the halophyte species *Atriplexhalimus* L. Journal of Experimental, Botany, Vol. 56, No. 419: Pp2421-2431

**Morard P., 1995 :** Les cultures végétales en hors sol, pub, Agris.

**Navarrete Flores, Ricardo Omar., 2012 :** « Estudio de la productividad de dos gramíneas (*Hordeum vulgare* y *triticumaestivum*) y unaleguminosa (*Vicia* sp) para forrajeverdehidropónico (FVH) con tres cortes sucesivos en la granja ECAA », s. d.

**Nouad M.A., 2001 :** Alternative fourragées en zone semi-arides. In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie, Ed. ITGC. 79p.

**NZMC.,2011:** Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. NorthSydney;Australia: Meat and LivestockAustralia Limited.

**Osman et al., 1987 :** Recherche de cultivars de médicago adaptés au systèm "ley-Farming" en Asie de l'ouste et en Afrique du Nord. Céréallculture, ITGC Alger, n°16, 63-76

**Oudahmane L., 2001.** Détermination de la valeur alimentaire des feuilles d'abricotier *Prunus Americana* , distribuées à volonté et en quantité limitée en complément de la paille d'orge. Thèse d'Ingénieur, 47 P. INES BLIDA

**Pontailier, S., 1977** : les engrais et la qualité des fourrages Élevage bovin, ovin, caprin. N 58.

**Scehovic, J., 1991.** Considérations sur la composition chimique dans l'évaluation de la qualité des fourrages des prairies naturelles. Revue Suisse Agric. 23 (5), 305-310.

**SiZiani, Y., et Belborhane D., 2001** : Bilan fourrager, comparaison, offre besoins et acte de l'atelier national sur le développement des fourrages en Algérie. 10-12 juin 2001, ITGC ALGERJ

**Sneath, R., McIntosh, F., 2003:** Review of hydroponic fodder production for beef cattle.

**Soltner D., 2000.** Alimentation des animaux domestiques Tome II : la pratique du rationnement des bovins, ovins, caprins, porcs -21<sup>ème</sup> édition- 2001. 272p. collection sciences et techniques agricoles

**Thenard V., et al, 2002** :Intérêt de la luzerne déshydratée dans des rations complètes pour vaches laitières en début de lactation. INRA. Prod. Anim, 15, 119-124

**Theriez, M., 1969** : valeur alimentaire des fourrages tunisiens. Doc. Tech n°22

**VanSoest Win, 1967:** Use of detergent in the analysis of fibrous feed. Ann, Agric, Chem pp 466 829

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE</b>	
<b>CHAPITRE 1 : Bilan alimentaire des herbivores en Algérie</b>	
<b>1.1. Superficies agricoles participant à l'alimentation du cheptel</b>	<b>03</b>
<b>1.2. Evaluation de la production fourragère</b>	<b>04</b>
<b>1.2.1. Fourrages cultivés en vert</b>	<b>05</b>
<b>1.2.2. Fourrages cultivés en sec</b>	<b>05</b>
<b>1.2.3. Céréales en grains</b>	<b>05</b>
<b>1.2.4. Pailles de céréales</b>	<b>05</b>
<b>1.2.5. Chaumes de céréales</b>	<b>06</b>
<b>1.2.6. Fourrages naturels</b>	<b>06</b>
<b>1.2.6.1. Les jachères</b>	<b>06</b>
<b>1.2.6.2. Les prairies naturelles</b>	<b>06</b>
<b>1.2.6.3. Les pacages et parcours</b>	<b>06</b>
<b>1.3. Apports fourragers</b>	<b>07</b>
<b>1.3.1. Apports énergétiques (UFL)</b>	<b>07</b>
<b>1.3.2. Apports protéiques en PDIN</b>	<b>08</b>
<b>1.3.3. Apports protéiques en PDIE</b>	<b>09</b>
<b>1.4. Estimation des besoins alimentaires</b>	<b>09</b>
<b>1.4.1. Besoins alimentaires en UFL</b>	<b>09</b>
<b>1.4.2. Besoins azotés en PDI :</b>	<b>10</b>
<b>1.5. Evaluation du bilan alimentaire</b>	<b>11</b>
<b>1.5.1. Evaluation du bilan énergétique (UFL)</b>	<b>11</b>
<b>1.5.2. Evaluation du bilan azoté en PDIN</b>	<b>11</b>
<b>1.5.3. Evaluation du bilan azoté en PDIE :</b>	<b>11</b>



## **Chapitre 2 : La culture hors sol**

<b>2.1. Définition</b>	<b>12</b>
<b>2.2. Historique</b>	<b>12</b>
<b>2.3. Avantages et inconvénients des cultures hydroponiques</b>	<b>12</b>
<b>2.3.1. Avantages</b>	<b>12</b>
<b>2.3.2. Les inconvénients</b>	<b>13</b>
<b>2.4. Les différents systèmes de cultures hydroponiques</b>	<b>13</b>
<b>2.4.1. Sans substrat</b>	<b>13</b>
<b>2.4.1.1. Aquaculture</b>	<b>13</b>
<b>2.4.1.2. Technique de culture sur film (NFT)</b>	<b>14</b>
<b>2.4.1.2. Aéroponique</b>	<b>14</b>
<b>2.4.2. Avec substrat</b>	<b>14</b>
<b>2.5. Production de fourrages hydroponiques</b>	<b>15</b>
<b>2.5.1. Principe</b>	<b>15</b>
<b>2.5.2. Système de production des fourrages hydroponiques</b>	<b>16</b>
<b>2.5.2.1. Configuration du système</b>	<b>16</b>
<b>2.5.2.2. Fonctionnement du système</b>	<b>18</b>
<b>2.5.3. Valeur nutritive de l'orge hydroponique</b>	<b>18</b>
<b>2.5.3.1. Expérience 1 (Abdullah, 2001)</b>	<b>18</b>
<b>2.5.3.2. Expérience 2 (Akbağ, et al 2014)</b>	<b>19</b>
<b>2.5.3.3. Expérience 3 (Fazaeli, et al 2012)</b>	<b>20</b>
<b>2.5.3.4. Expérience 4 (Maëva et al, 2015)</b>	<b>21</b>

## **PARTIE II : EXPERIMENTALE**

### **MATERIEL ET METHODES.**

<b>1. Objectif expérimental</b>	<b>22</b>
<b>2. Présentation de la région d'étude</b>	<b>22</b>
<b>3. Matériel végétal</b>	<b>22</b>
<b>3.1. L'orge hydroponique</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Paille d'orge</b>	<b>25</b>
<b>4. Animaux</b>	<b>26</b>
<b>5. Techniques d'analyses.</b>	<b>27</b>
<b>5.1. Méthodes d'analyses chimiques</b>	<b>27</b>
<b>5.1.1. Détermination de la matière sèche (MS)</b>	<b>27</b>
<b>5.1.2. Détermination des matières minérales (MM)</b>	<b>27</b>
<b>5.1.3. Détermination de la matière organique (MO)</b>	<b>28</b>
<b>5.1.4. Détermination de la cellulose brute (CB)</b>	<b>28</b>
<b>5.1.5. Détermination des matières azotées totales (MAT)</b>	<b>28</b>
<b>5.2. Déroulement de l'essai d'ingestibilité</b>	<b>29</b>
<b>5.2.1. Période d'adaptation</b>	<b>29</b>
<b>5.2.2. Période de mesure</b>	<b>30</b>
<b>5.2.3. Pesées</b>	<b>30</b>
<b>5.3. Déroulements des essais de digestibilité In Vivo</b>	<b>30</b>
<b>5.3.1. Les prélèvements d'échantillons</b>	<b>30</b>
<b>6. Calculs</b>	<b>31</b>
<b>6.1. Equations utilisées pour le calcul de la valeur nutritive</b>	<b>31</b>

<b>6.1.1. Equations de prévision de la valeur énergétique</b>	<b>31</b>
<b>6.1.2. Equation de prévision de la digestibilité de la MO (dMO)</b>	<b>32</b>
<b>6.1.3. Equation de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE)</b>	<b>32</b>
<b>6.1.3. Equation de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE)</b>	<b>32</b>
<b>6.1.4. Equation de prévision de la Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT).</b>	<b>32</b>
<b>6.1.5. Equation de prévision de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr)</b>	<b>32</b>
<b>6.1.6. Calculs des valeurs azotées (g / Kg).</b>	<b>33</b>
<b>6.2. Ingéstibilité</b>	<b>33</b>
<b>6.3. Valeur d'encombrement</b>	<b>33</b>
<b>6.4. Variation du poids vif des béliers (GMQ)</b>	<b>33</b>
<b>6.5. Digestibilité in-vivo</b>	<b>34</b>
<b>6.6. Rétention azotée</b>	<b>34</b>
<b>6.7. Calculs statistiques.</b>	<b>34</b>
<b>Résultats et discussion</b>	
<b>1. Composition chimique de l'orge hydroponique et de la paille d'orge</b>	<b>35</b>
<b>1.1. Teneuren MS</b>	<b>35</b>
<b>1.2. Teneuren MO</b>	<b>36</b>
<b>1.3. Teneuren MAT</b>	<b>36</b>
<b>1.4. Teneuren CB</b>	<b>37</b>
<b>2. Ingestibilité</b>	<b>37</b>
<b>3. Variation du poids vif des animaux</b>	<b>38</b>
<b>4. Digestibilité in-vivo</b>	<b>39</b>

<b>5. Bilanazoté</b>	<b>41</b>
<b>6. Valeur énergétiques et azotées de l'orge hydroponique</b>	<b>42</b>
<b>6.1. Valeur énergétiques (UFL et UFV)</b>	<b>42</b>
<b>6.2. Valeurazotées</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>44</b>

# **INTRODUCTION**

**PARTIE I :**  
**BIBLIOGRAPHIE**

**PARTIE II :**

**EXPERIMENTATION**

## **MATERIEL ET METHODES**



## **RESULTATS ET DISCUSSION**

## **CONCLUSION GENERALE**

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**