

## Le conditionneur à fourrages à poste fixe

S. SLIM <sup>1\*</sup>  
F. BEN JEDDI <sup>2</sup>  
E. HAMZA <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur

<sup>2</sup>Institut National Agronomique de Tunisie  
Université de Carthage.

\* Auteur correspondant: [slimbss@yahoo.fr](mailto:slimbss@yahoo.fr)

**Summary** - The design of a stationary forage conditioner for small farms with reasonable prices is a solution that can solve the problems of forage conservation. Following the run test, the development of the various functions of the prototype, bursting testing showed that the prototype has the potential for adaptation to various types of fodder. The bursting of the rods was outstanding all avoiding their leaf removal which favor the penetration of air, accelerating drying and reducing drying time. The settings at the space between the two rolls are good and easy to handle through the light setting.

---

**Keywords:** conditioner / forage / stationary / small farms

---

**Résumé** - La conception d'un conditionneur de fourrage à poste fixe pour des petites exploitations agricoles avec des prix raisonnables est une solution qui peut résoudre les problèmes de conservation du fourrage vert. Suite aux essais de fonctionnement, la mise au point des diverses fonctions du prototype, les essais de conditionnement ont montré que le prototype a des possibilités d'adaptation aux divers types de fourrages. L'éclatement des tiges a été remarquable tous en évitant leurs effeuillages ce qui favorisent la pénétration de l'air, l'accélération de la dessiccation et la réduction du temps de séchage. Les réglages au niveau de l'espace entre les deux rouleaux sont satisfaisants et simples à manipuler grâce à la lumière de réglage.

---

**Mots clés:** conditionneur / fourrage / poste fixe / petites exploitations agricoles

---

## 1. Introduction

Depuis longtemps, les constructeurs de faucheuses-conditionneuses ne cessent de développer ces dispositifs conçus principalement pour les tracteurs à deux ou quatre roues motrices de puissance supérieure à 60 Cv. Ces machines ont pour rôle essentiel, la coupe et le conditionnement, d'où l'itinéraire d'utiliser au maximum les capacités des tracteurs par l'attelage d'outils à l'avant et à l'arrière. Ainsi ils permettent de combiner plusieurs opérations en augmentant la largeur de travail pour une même opération. Par ailleurs, l'évolution technique du fauchage et du conditionnement des fourrages a été rapide au cours de ces dernières années. On a assisté à l'apparition de nouveaux matériels plus performants, et à l'augmentation des besoins en puissance. Cette évolution s'explique par l'accroissement de la taille des exploitations agricoles et la diminution de la main d'œuvre. Suite à cette évolution, les prix de ces machines alourdissent les charges d'exploitation chez les moyens et les petits agriculteurs (Dulphy et Michalet, 1975).

Compte tenu de l'évolution récente de ces outils, et dans le cadre de la nouvelle stratégie de développement des opérations culturales dans les meilleures conditions, et vu l'augmentation de la production en matière fourragère, ce travail propose l'étude, la conception et la réalisation d'un conditionneur de fourrage à poste fixe. Le recours à la conception de cette machine représente en effet une solution pour satisfaire au besoin des petits agriculteurs à superficie et rendement en fourrage limités (Demarquilly, 1995).

## 2. La conservation des fourrages

La croissance des plantes prairiales s'arrête pendant les saisons sèches, qui durent de deux mois par an dans les zones les plus favorables (pays tropicaux humides) à presque dix mois dans les régions subdésertiques chaudes ou froides. Durant ces périodes où l'herbe ne pousse pas, les

éleveurs sont confrontés aux difficultés d'alimenter leur cheptel (Soltner, 1989). En Tunisie, l'herbe sèche, le feuillage des arbres fourragers et les résidus de culture sont généralement les seuls aliments utilisés pendant la saison sèche, mais les pertes de poids des animaux peuvent être importantes (Nefzaoui et Chermiti, 1989). En Europe et dans tous les pays à hiver marqué, la conservation des fourrages s'est développée et cela d'autant plus que l'élevage devenait plus intensif et nécessitait le développement de fourrages cultivés spécialement pour être stockés (ensilage de maïs par exemple), afin d'assurer la couverture permanente des besoins des animaux.

La conservation des fourrages se pratique de deux façons :

- La voie sèche, le plus souvent par fenaision, qui consiste à amener le fourrage à une teneur en matière sèche supérieure ou égale à 85 %. A ce niveau de teneur en matière sèche, la plante est déjà morte, ses enzymes sont devenus inactifs et le développement des moisissures devient impossible, car elles ne disposent plus de suffisamment d'eau pour rester actives et se multiplier.
- La voie humide, c'est-à-dire l'ensilage, où la stabilisation du fourrage n'est obtenue que s'il y a anaérobiose (l'absence d'oxygène supprime en effet les bactéries et moisissures aérobies putréfiantes) et une acidité suffisante pour empêcher la fermentation butyrique, elle-même putréfiante, mais anaérobie aussi (Muller, Micold. Dozias et Peccatte, 1992).

Dans les deux cas, ces pratiques nécessitent généralement les mêmes opérations initiales de coupe, de fanage et d'andainage. Selon les itinéraires de récolte, le temps disponible, les conditions climatiques et la disponibilité des équipements, la coupe, le fanage mécanique et l'andainage peuvent être réalisés en opérations séparées ou en opérations combinées avec des faucheuses-

conditionneuses-andaineuses. L'action de ces machines conduit à accélérer la dessiccation (conditionnement) et à former un andain aéré :

- pour le fourrage destiné à l'ensilage en coupe fine ou par autochargeuse, cet andain est directement repris par les récolteuses-hacheuses.
- pour le fourrage destiné à l'enrubannage, l'obtention d'une teneur suffisante et homogène en matière sèche peut nécessiter de retourner les andains (1/2 tour) avec un andaineur, voire d'effectuer un fanage préalable.
- pour la récolte par la voie sèche, on réalise un ou plusieurs fanages mécaniques intermédiaires et un andainage final avant d'effectuer le ramassage. Si les conditions climatiques le permettent, on peut se contenter de retourner les andains réalisés avec une faucheuse-conditionneuse-andaineuse.

### 3. La fenaison et le conditionnement

Selon Suttie (2004), la fenaison est la pratique la plus ancienne qui conduit à stabiliser le fourrage en le séchant sous l'action combinée de l'air et du soleil. Suivant la teneur en matière sèche de départ du fourrage vert à conserver, il faut évaporer 2 à 5 kg d'eau par kg de matière sèche.

D'après Ballard (2009), en situation climatique favorable, la dessiccation s'effectue en deux phases :

- une phase de dessiccation rapide, au départ, car l'eau est perdue par les stomates et parce qu'une partie (les 2/3 environ) de l'eau des tiges migre vers les feuilles qui se dessèchent plus vite que les tiges
- une phase de dessiccation lente, pour l'eau restante (1/3 environ) qui doit être évacuée à travers la cuticule dont la partie externe cireuse est très imperméable.

Au moment de la coupe, les plantes fourragères contiennent de 75 à 85 % d'eau. Une grande partie de cette eau doit

être éliminée, afin d'obtenir un produit apte à être conservé par la voie sèche (teneur en eau inférieure à 15 à 20 %) ou par la voie humide. En étudiant le principe de la fenaison, on observe que l'eau contenue dans les limbes ou les feuilles s'évacue assez rapidement sous l'action du soleil et du vent ; en revanche, celle contenue dans les tiges est nettement plus difficile à évacuer, car leur rapport surface/volume est plus défavorable que pour les feuilles; de plus, la cuticule cireuse des parois externes des tiges est très imperméable.

Le conditionnement consiste à dégrader mécaniquement la structure des tiges par pliage, frottement, laminage, broyage, chocs, percussion, lacération ou écrasement.

Ces actions mécaniques conduisent à une altération de la cuticule, à un accroissement de la porosité des tissus, à une augmentation de la surface d'évaporation (favorables aux échanges gazeux) et finalement à une vitesse de séchage des tiges voisine de celle des feuilles.

L'agressivité du conditionnement doit être cependant mesurée, afin d'éviter les pertes dues à la création de jus, au morcellement des tiges et à l'arrachement ou à l'émiettement des feuilles. Il convient donc de surveiller la qualité du travail obtenu et de corriger si nécessaire les réglages, sachant que les résultats sont très dépendants de la nature du fourrage, de sa densité, du mode de conditionnement et de la vitesse d'avancement de la machine.

En plus des actions mécaniques sur les tiges et les feuilles, le conditionnement conduit aussi à la formation d'un andain suffisamment aéré pour faciliter la circulation de l'air et les échanges gazeux. Il convient d'éviter un tronçonnement trop important des tiges qui a pour effet d'entraîner un affaissement de l'andain et une réduction de son aération.

Si les conditions météorologiques sont favorables, le conditionnement réduit le temps de séjour du fourrage sur le sol, la

récolte est ainsi plus rapidement mise à l'abri et de meilleure qualité grâce à la réduction des pertes d'éléments nutritifs. Toutefois, si le fourrage conditionné perd plus vite son eau, il devient beaucoup plus sensible aux aléas climatiques; en cas de pluie, un lessivage des éléments les plus solubles est à craindre, d'autant plus que le fanage est avancé.

Le conditionnement est particulièrement indiqué pour les graminées à grosses tiges et les légumineuses; on estime que, par beau temps, le conditionnement mécanique peut conduire à gagner en 36 heures sur le temps de séchage du foin, 10 à 15 points de matière sèche, en plus, par rapport au fanage naturel ; cet écart varie bien entendu en fonction des conditions atmosphériques : soleil, vent, humidité du sol et hygrométrie de l'air.

Le conditionnement est réalisé au moment de la coupe en utilisant une faucheuse-conditionneuse. La faucheuse est généralement rotative et le système de conditionnement peut être soit du type à rouleaux, à doigts, à brosses ou à fléaux.

Les premières machines de conditionnement n'étaient pas combinées aux faucheuses. Elles comportaient des rouleaux métalliques, plus ou moins agressifs, entre lesquels passait le fourrage ; elles effectuaient un travail très énergique et brutal, avec pertes de feuilles et de jus. Leur utilisation séparée augmentant la durée des chantiers, elles ont été rapidement abandonnées au profit de conditionneuses associées aux faucheuses. Vers 1962 sont apparues des faucheuses-conditionneuses-andaineuses à barre de coupe alternative et à système de conditionnement à doigts ou à rouleaux. Ces machines ont sensiblement simplifié les chantiers en permettant d'effectuer en un seul passage coupe, conditionnement et andainage ; la seule limite étant le fonctionnement des barres de coupe alternatives, peu aptes aux vitesses élevées et aux fourrages denses. Depuis 1975, les

faucheuses-conditionneuses à systèmes de coupe rotatifs (disques ou tambours) se sont développées et ont supplanté les autres types.

Les faucheuses-conditionneuses peuvent être portées ou traînées, et elles utilisent les mêmes systèmes de coupe que les faucheuses rotatives. Les systèmes de conditionnement peuvent être classés en quatre groupes : le conditionnement à rouleaux, le conditionnement à doigts, le conditionnement à brosses et le conditionnement à fléaux.

Les systèmes conditionneurs peuvent être, soit amovibles afin de changer de mode de conditionnement, soit escamotables afin de supprimer temporairement le conditionnement.

Selon la destination du fourrage (pressage sec, ensilage,...), il convient, au moment de la coupe et du conditionnement, d'adapter la forme et le volume des andains aux caractéristiques des organes de ramassage des machines, tout particulièrement pour les presses à balles cylindriques : andains réguliers, de forme plutôt rectangulaire ayant une largeur égale soit à la moitié de la largeur du ramasseur, soit à sa pleine largeur.

Dans tous les cas, les faucheuses-conditionneuses sont pourvues, à l'arrière, de dispositifs qui permettent de réaliser différentes formes d'andains et de les localiser sur le sol pour tenir compte du passage des roues du tracteur et, le cas échéant, de les regrouper en fonction du mode d'organisation du chantier de récolte. Par conditionnement des fourrages, on entend tout traitement des fourrages qui permet d'accélérer la vitesse de séchage sur champ, réduisant ainsi les pertes lors de la récolte et de la conservation.

Le conditionnement peut être obtenu par:

- Laminage: le fourrage est laminé sur toute la longueur de la tige entre deux rouleaux lisses appliqués plus ou moins fortement l'un contre l'autre.
- Ecrasement: les tiges sont écrasées et pliées en certains points, entre des rouleaux cannelés.

- Laminage et écrasement: association d'un rouleau cannelé assurant le pliage et d'un rouleau lisse réalisant l'aplatissement.
- Hachage: la matière est lacérée par des fléaux.

Il est important d'avoir un fourrage de haute qualité pour un élevage performant. A cet effet le conditionnement garanti les points suivants :

- un temps de séchage plus court qui diminue les risques météorologiques.
- la valeur énergétique est améliorée jusqu'à 10% - économie en compléments nutritifs.
- l'ensilage est de meilleure qualité par une diminution rapide du pH.
- en supprimant ou en diminuant le fanage, on réduit les heures de travail et le fonctionnement de l'exploitation se simplifie.
- un conditionnement doux réduit les pertes de feuilles pour des fourrages fragiles. le pourcentage d'azote sera ainsi supérieur dans l'ensilage.
- moins de déplacement dans le champ, protection de la couche végétale.

Mais il reste à savoir que, les prix des conditionneurs de fourrages sont très élevés et ils ne sont pas à la portée de tous les agriculteurs, le recours à un modèle qui garanti les mêmes tâches mais avec des prix acceptables peut être intéressant pour les petits paysans du Nord-Ouest de la Tunisie (Ben Salem, 2002).

#### 4. matériels et méthodes

##### 4.1. Présentation du prototype

Le recours à la conception d'un conditionneur de fourrage à poste fixe représente une solution pour répondre aux besoins des petits agriculteurs à superficie et rendement en fourrage limités. Vu les prix élevés de ces machines, et inaccessible à l'agriculteur, le laboratoire de productions fourragère et pastorale de

l'Institut national Agronomique de Tunisie « INAT » et l'Office de Développement Sylvo-Postoral du Nord-Ouest « ODESYPANO », ont entamé la conception et la fabrication d'un conditionneur à fourrages à poste fixe pour le conditionnement et la conservation de la production de fourrage des petits agriculteurs. Après la coupe, il est primordial d'accélérer les pertes en eau du fourrage de façon à limiter les risques imputables aux conditions météorologiques. D'une façon générale, les feuilles dessèchent très vites alors que les tiges conservent leur eau beaucoup plus longtemps. Le conditionnement à donc pour but essentiel le « fissurage » des tiges de façon à laisser l'air y pénétrer. Cela permet d'accroître les chances de réussir le fourrage dans les zones humides. Un bon conditionnement réduit le temps de séchage de 30 à 50 %.

L'objet de ce travail consiste à étudier, concevoir, et réaliser un conditionneur de fourrage à poste fixe qui permet l'aplatissement et l'écrasement du fourrage vert en vue d'accélérer sa dessiccation. Comme pour conditionneurs montés sur tracteurs, cette machine doit réaliser le même travail demandé ainsi la possibilité du réglage de l'effort optimum de conditionnement et d'assurer tous les moyens de protection aux utilisateurs.

Nous allons examiner ces différents problèmes en vue de concevoir le prototype à réaliser. Suite aux sollicitations imposées, nous essayons d'aborder le calcul relatif composants, qui définissent l'ordre de grandeur des pièces et facilitent la représentation des plans.

##### 4.2. Calcul pré-dimensionnel

Suite au calcul fait précédemment, et pour une réalisation satisfaisante du prototype, nous avons besoin :

1. un moteur électrique asynchrone monophasé d'une puissance 3 Cv, avec un régime de rotation 1400 tr/mn.

2. deux rouleaux de diamètre 180 mm.
3. une poutre UPN 80.
4. le diamètre de l'arbre de transmission est 35 mm.
5. palier à roulement de diamètre intérieur 35 mm.
6. pignon menant de 17 dents, alors que le pignon mené est 28 dentus,

pour un pas de 12.7 mm à double rangée.

7. un chaîne de transmission double de longueur 3000 mm

Le débit théorique de la machine est de 2.4 Kg/s, soit : 8.64 t/h.

### 4.3. Etude technico-économique

**Tableau 1.** Estimation de coût du prototype

Code	Nombre	Désignation	Quantité	P.U. HT	Montant
U 80	02	FER UPN 80 EN 6.1	105.420	0.960	94.119
LAC3.2	01	TOLE NOIRE LAC 3MX1.5M 20/10	72	1.060	76.320
LACJ1.5	01	TOLE NOIRE LAC 1.5MX1.5 20/10	24	1.060	30.024
CR 18	1M	FER CREUX 18	2	10.000	20.000
E24R035	01	ACIER ETIRE COMPRIME E24 DIAM 35	15.4	1.407	21.668
E2425	1M	ACIE ETIRE E24-2 DIAM 25	4	1.600	6.400
PAS 12.7	01	CHAINE DOUBLE PAS 12.7	2.6	10.076	26.198
ATTPAS 12.7	02	ATTACHE		2.613	5.226
17DP12.7D	02	PIGNON DOUBLE 17DENTS PAS12.7		15.748	31.496
28DP12.7D	02	PIGNON DOUBLE 28 DENTS PAS12.7		20.384	40.768
UCP 207	04	PALIER		11.507	46.028
FAG 25	02	ROULEMENT		6.210	12.420
	01	MOTEUR		235.000	235.000
	12	BOULON 10x50		0.350	4.200
	14	BOULON 8x20		0.120	1.680
	08	BOULON 10x40		0.320	2.560
	02	BOULON 10x100		0.750	1.500
	38	RONDELLE 10		0.040	1.520
	08	ECOUS 24G		0.570	4.500
	08	RONDELLEL 24		0.230	1.840
	01	BOITE APP .1.MOD 450 Q1		4.000	4.000
	02	PRISE 2P PEF 45906		3.550	3.550
	01	FICHE AZ 4565		1.700	1.700
		GRILLAGE 10/10		12.000	12.000
TOTAL					685.000

Ce total (tableau 1) ne comprend pas la T.V.A, le prix de la machine s'élève à :

$$\text{Prix}_{\text{machine}} = \text{Total} + 18\% = 810 \text{ Dinars Tunisien}$$

Ce prix ne concerne que la fourniture pour lancer la réalisation du prototype, il reste à ajouter les charges de tournage, soudure, peinture et la main d'oeuvre. Par addition de toutes ces charges le prix de la machine est fixé à 2800<sup>DT</sup>.

### 4.4. Estimation du poids du conditionneur

1. Bâti = 66 kg
2. Trémie :  $P_{\text{trémie}} = 30 \text{ Kg}$
3. trappe de sortie :  $P_{\text{tunnel}} = 45 \text{ Kg}$ .
4. Tambour conditionneur :  $P_{\text{tambour}} = 30 \text{ Kg}$
5. Moteur + support :  $P_{\text{m+s}} = 26 \text{ Kg}$
6. Transmission :

$$P_{\text{transmission}} = P_{\text{dure}} + P_{\text{pignons}} = Lm_f + n.m_p = 3 \times 15 + 4 \times 1 = 85 \text{ Kg}$$



Ainsi, le poids de la machine est de l'ordre :  $P_T = \sum P = 205.5 \text{ Kg}$

## 5. Résultats et discussions

### 5.1. Essai du matériel

Après approbation du schéma d'ensemble du conditionneur de fourrage à poste fixe et compte tenu des différentes normes de représentation pris par les constructeurs,

les dessins nécessaires à la fabrication et au montage du prototype sont définis.

Ensuite, lorsque la réalisation est terminée, le prototype (figure 1) est soumis à des essais statiques et dynamiques de fonctionnement (à vide et à charge).

Eventuellement, des améliorations peuvent être apportées à certains mécanismes du prototype qui paraissent faibles.

Dans ce qui suit nous allons aborder tous ces aspects.



**Figure 1.** Le conditionneur de fourrage à poste fixe

#### 5.1.1. Essai statique et dynamique de fonctionnement

Le but principal des essais de fonctionnement est d'évaluer le prototype avant une mise à l'essai de conditionnement selon les critères suivants :

- Appréciation des différentes fonctions (suspension, transmission de mouvement,...)
- Comportement de l'ensemble de la machine.

Après l'assemblage final de la machine, nous avons fait fonctionner l'ensemble « à

vide » pendant 20 minutes, à un régime de 1400 tr/mn (régime du moteur électrique), après avoir effectué les réglages nécessaires.

Ces essais nous renseignent sur le fonctionnement de la chaîne cinématique et l'aptitude au fonctionnement de la transmission.

Des essais de changement de l'espace existant entre les deux rouleaux conditionneurs sont faites par glissement de deux paliers sur la partie supérieure du bâti. Ils nous renseignent du comportement du tendeur et la transmission en question.

Les différents essais effectués sur le prototype, ont montré

- stabilité du prototype au cours du fonctionnement
- au niveau de la chaîne cinématique, nous pouvons dire que le système retenu est satisfaisant avec un fonctionnement normal de toutes les composantes.
- facilité du réglage de la tension de la chaîne et glissement aisé du tendeur dans la lumière de réglage.
- rotation normale des deux rouleaux au sens contraire de l'extérieur vers l'intérieur.
- réglage facile de la distance entre les deux tambours conditionneurs par glissements des paliers sur le bâti.
- blocage de la chaîne de transmission après une durée de 20 minutes, une surchauffe de l'axe du tendeur a amené à la dilatation du métal (absence de graissage) ainsi blocage du pignon sur son axe.

Les modifications ont porté sur le tendeur de la chaîne et sa mise en rotation. La solution existante, consiste à ramener le tendeur en rotation sur son axe grâce à une bague, en ce qui concerne la nouvelle solution, consiste à remplacer la bague par des roulements à billes.

Nous avons remis la machine à l'essai de fonctionnement pendant une heure. Durant cette phase, nous avons tendance à remarquer la température de l'axe du tendeur contre la surchauffe. Le remplacement de la bague par des roulements à billes, nous a ramené à une marche normale et sécuritaire de la chaîne cinématique de transmission.

La réalisation des pièces et sous-ensembles du prototype n'ont pas posé de problèmes majeurs, elle a été faite en respectant les indications portées sur les plans de fabrications.

Cependant certains obstacles d'ordre fonctionnels sont apparus lors d'essai fonctionnel de la machine, que nous avons pu les surmontées.

Ces résultats étant acquis, reste les essais en charge par addition du fourrage pour la phase de conditionnement.

### 5.1.2. Essai de conditionnement

Le but de ces essais est principalement l'évaluation du prototype selon les critères suivants :

- comportement général du prototype au travail : bourrage, éclatement des tiges, état des feuilles,...
- appréciation de la qualité de travail.
- prévoir l'inclinaison du plan de sortie du fourrage écrasé.
- apprécier le débit de la machine.

Ce qui nous permet d'apporter d'éventuelles améliorations en cas de nécessité.

Les essais sont faits sur la plante de maïs.

### 5.2. Facteurs étudiés et variables mesurés

Selon le cas, nous étudions :

- l'état de la plante fourragère après passage entre les deux parois des tambours conditionneurs.
- la meilleure inclinaison de la trappe de sortie.
- Variation de l'espace existant entre les deux rouleaux conditionneurs. Cette aire est réglée par glissement d'un des tambours grâce au palier mouvant sur le bâti de la machine. Il suffit de desserrer les vis et ramener l'ensemble à l'arrière. Ce paramètre admet un effet sur la qualité du fourrage éclaté.
- Angle d'inclinaison de la trappe de sortie.
- Débit de fourrage écrasée en fonction du temps.



### 5.3. Paramètres observés

Les observations portent sur l'état final la plante fourragère après aplatissage et écrasement des tiges. Des appréciations permettent de juger le fonctionnement de la machine ainsi le souhaitable de cette conception.

Les premiers essais ont montré la sortie des tiges de maïs non éclatées. Ceci revient à l'insuffisance de l'effort optimum de conditionnement, donc il faut réduire l'espace entre les deux rouleaux.

Après réglages, les essais ont montré :

- Eclatement total de la tige du maïs, la tige est écrasée sur toute sa longueur et les points d'impact y étaient régulièrement répartis sur sa longueur. De plus au niveau des pliures, la cuticule était brisée et les tissus végétaux étaient en contact direct avec le milieu extérieur, ce qui favorise sa dessiccation.
- Aplatissage des feuilles sans être endommager.
- Absence de bourrage.
- Stabilité de la machine au cours du fonctionnement.

Et voici une vue sur l'état de la plante de maïs avant et après passage entre les deux rouleaux :

Pour élaborer cet essai, nous avons fixé une plaque pivotante sur la partie inférieure de la machine. Au cours du fonctionnement de la machine, nous étudierons la meilleure inclinaison de la plaque et qui garantie une évacuation satisfaisante du fourrage écrasé. Et voici un schéma de principe :

Après essai, nous avons adopté une trappe réglable pour le plan d'inclinaison.

Pour réaliser cet essai, nous avons pris 60 Kg de Luzerne. La durée de conditionnement de cette masse de fourrage est faite pendant 42 secondes. Donc notre machine admet un débit massique pratique égale à (1.4 Kg/s).

Dans les conditions spécifiques des essais, cette étude a montré la fiabilité de la machine sur le plan fonctionnel.

Au niveau du conditionnement, il s'avère que les résultats sont acceptables, et que dans son état actuel, le système de réglage de l'espace adopté entre les deux rouleaux est satisfaisant. En effet, un bon conditionnement est fonction de l'effort optimum réglé par l'utilisateur.

Après essai, on a pu élaborer la fiche technique du système (tableau 2):

**Tableau 2 : Fiche technique du prototype**

<b>Fiche technique du conditionneur de fourrage à poste fixe</b>	
Désignation	CFPFESK
Débit (Kg/s)	1.4
Rendement (t/h)	5.4
Source d'énergie	Energie électrique
Poids (Kg)	185.5
LHT (mm)	1410
IHT (mm)	1200
HHT (mm)	1860
Volume de la trémie (m <sup>3</sup> )	
Besoin en abri (m <sup>3</sup> )	6
Puissance exigée (Cv)	3



## 6. Conclusion

Les constructeurs de conditionneurs ne cessent de développer et d'améliorer des dispositifs conçus principalement pour les tracteurs agricoles. L'utilisation de ces machines accélère la dessiccation du fourrage vert ainsi sa mise en conservation mais ne tiennent pas compte du pouvoir d'achat des petits exploitants de ce matériel.

Dans ce cadre, la conception d'un conditionnement de fourrage pour des petites exploitations agricoles avec des prix raisonnables pourrait résoudre les problèmes de conservation du fourrage vert.

A cet égard, la détermination du schéma d'ensemble du prototype de conditionnement du fourrage à poste fixe a tenu compte de tous les paramètres techniques et économiques à fin d'aboutir à une solution optimale permettant de surmonter les problèmes de conservation et de stockage du Sulla chez les petits agriculteurs.

Au terme de cette étude, notre travail a consisté à concevoir, réaliser et tester un conditionneur de fourrage à poste fixe.

Suite aux essais de fonctionnement, la mise au point des diverses fonctions du prototype nous a permis d'aboutir à un ensemble fonctionnel

Concernant le fonctionnement de la chaîne cinématique, tous les composants sont mis en rotation sans problèmes, avec une stabilité totale de la machine.

En ce qui concerne les essais de conditionnement, le prototype a des possibilités d'adaptation aux divers types de fourrages. L'éclatement des tiges a été remarquable tous en évitant leurs effeuillages ce qui favorisent la pénétration de l'air, l'accélération de la dessiccation et la réduction du temps de séchage.

Les réglages au niveau de l'espace entre les deux rouleaux sont satisfaisants et simples à manipuler grâce à la lumière de réglage.

Des modifications majeures ont été faites dont le but de concevoir un matériel

robuste, esthétique, rentable et avec des coûts au minimum réduit.

Cette première phase d'étude étant terminée, il faut envisager des études plus détaillées en exigeant ce prototype à des essais de conditionnement durables dans le temps à fin de tenir compte des possibilités de fabrications par des usines spécialisées pour aboutir à un coût adapté aux besoins des utilisateurs.

## 7. Références

- Ballard V. (2009)** Analyse des valeurs alimentaires de la luzerne déshydratée en fonction du temps de préfanage. Coop de France Déshydratation. Paris. 34p.
- Ben Salem F. (2002)** Identification d'une Stratégie d'Amélioration et d'Intensification des Systèmes d'Élevage et Exploitation des Parcours dans la zone du Projet. Rapport de consultation. Projet GCP/TUN/028/ITA. 49p.
- Demarquilly C. (1995)** Le matériel de récolte des fourrages, ensilage et distribution. Collection Form agri. vol6, p394.
- Dulphy J. P. et Michalet B. (1975)** Influence de la machine agricole sur les quantités d'ensilage ingérées par des génisses et des moutons. Ann. Zootech. vol24, p757-763.
- Muller A. Micold. Dozias D. et Peccatte JR. (1992)** Foin ou ensilage pour les bovins en croissance en système herbager. INRA Productions animales. Vol. 5. N° 2. p121-126.
- Nefzaoui A. et Chermiti A. (1989)** Composition chimique et valeur nutritive pour les ruminants des fourrages et concentrés d'origine tunisienne. Annales de l'INRA. Tunisie. Vol 62, Fasc. B. 36p.
- Soltner D. (1989)** Alimentation des ruminants domestiques. Le rationnement des bovins, des ovins et des porcs. Collection sciences et techniques agricoles. p351.

**Suttie JM. (2004)** Conservation du foin et de la paille pour les petits paysans et les pasteurs. Collection FAO,

production végétale et protection des plantes N°29. 301p.