



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Production végétale

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
SAHRAOUI Brahim

Le : mardi 2 juillet 2019

Mécanisation des opérations culturales du palmier dattier, Situation et perspectives ; essai de proposition d'un nouveau système.

Jury :

Dr.	BOUKHALFA Hassina-Hafida	MCA	Université de Biskra	Président
M.	BOUKEHIL Khaled	MAA	Université de Biskra	Encadreur
M.	KHECHAÏ Salim	MAA	Université de Biskra	Examineur

بسم الله الرحمن الرحيم
والصلاة والسلام على أشرف المرسلين، سيدنا ونبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين،
ومن تبع هداه بإحسان إلى يوم الدين، الحمد لله أولاً وآخراً
أما بعد:

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*Les deux êtres les plus chères au monde pour toute leur tendresse et les sacrifices
consentis à mon éducation et à ma formation.*

Ma mère et Mon père

*Pour leurs patiences, leurs encouragements et pour tout ce qu'ils m'ont donné
A tout mes chères frères, Youcef (Bilal) et Maher, ma chère sœur Chourouk,*

A ma grande famille

A toutes mes amis

*A mes chères collègues et amis sans exceptions de section d'Agronomie
A tous mes ami(e)s du département d'agronomie.*

Remerciements

Remerciements

Tous d'abord, louange à **Allah** seigneur des mondes le tout miséricordieux, le très miséricordieux, je ne peux jamais le remercier bien comme il faut, gloire à lui.

De toute évidence, ce travail de recherche n'est pas exclusivement issu de nos contemplations.

Raison pour laquelle, je voudrais adresser mes plus profonds remerciements à mon professeur, **Boukehil Khaled** pour tous ses grands efforts.

Nous tenons aussi à remercier tous les membres du jury, la docteur **Boukhalifa Hassina-Hafida** et le docteur **Khechäï Salim** d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Je tiens à remercier aussi **tous mes profs**, pour leur soutien et conseils tout le long de mon cursus universitaire.

Nous sommes très reconnaissantes à toutes les personnes qui ont Contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire par leurs aides et leurs encouragements.

Merci à vous tous.

SOMMAIRE

Liste des figures	4
introduction generale	1
Problématique	3
CHAPITRE I : Techniques et conduites culturelles du palmier dattier.....	5
I.1 Introduction	5
I.2 Opérations culturelles de palmier dattier.....	5
I.3 Au niveau du sol.....	6
I.3.1 Les étapes de création d'une palmeraie	6
I.3.2 Préparation du terrain pour l'installation d'une palmeraie	7
I.3.3 Multiplication du palmier dattier.....	10
I.3.4 Transplantation des palmiers	13
I.3.5 Travail du sol d'entretien.....	14
I.3.6 Fertilisation.....	15
I.4 Au niveau du stipe	16
I.5 Au niveau de la couronne (production des dattes)	16
I.5.1 Pollinisation.....	16
I.5.2 La descente des Régimes.....	17
I.5.3 Limitation du nombre des régimes	17
I.5.4 Le Ciselage des Régimes.....	18
I.5.5 Fixation (attachement) des régimes.....	18
I.5.6 Protection des dattes contre la pluie et l'humidité (Ensachage)	19
I.5.7 Taille des palmes et nettoyage des vergers phoenicicoles.....	19
I.5.8 Récolte	19
I.6 Conclusion.....	20
CHAPITRE II : Généralités sur la mécanisation agricole	21

II.1 Introduction	21
II.2 L'importance de la mécanisation	21
II.3 Bref histoire de l'évolution de la mécanisation.....	22
II.3.1 Mécanisation	22
II.3.2 Motorisation	26
II.4 Les spécificités de la mécanisation en arboriculture fruitière	27
II.5 Conclusion :	28
CHAPITRE III : La mécanisation de la production phoenicicole	29
III.1 Introduction.....	29
III.2 Exemple de la mécanisation utiliser dans les palmeraies de la région de Ziban	29
III.3 Méthodes de récolte alternative	29
III.4 Machines terrestres	30
III.4.1 La plate-forme en forme de U.....	33
III.4.2 La récolteuse algérienne	34
III.4.3 Robot de terrain autonome, pulvérisateur et pollinisateur.....	35
III.5 Machines à base d'arbres.....	36
III.5.1 Échelles	36
III.5.2 Grimpeurs automatique d'arbres	36
III.6 Pollinisateurs :.....	38
III.6.1 Al-Nahreen pollinisateur.....	38
- Pollinisatrice de HAWALA	39
- Pollinisatrice de KHALID	39
- Pollinisatrices AMERICAINES :	39
- Pollinisatrice ISKAINDARIA de pression d'airs	39
- Pollinisatrice de HAMOURABI.....	40
- Pollinisatrice de JAPONAISE	40
- Pollinisatrice de BEBEL.....	40

III.6.2 Polinisateur algerien	41
III.7 Les pulvérisateurs	41
III.8 Autres machines.....	42
III.9 Des outils mécaniques manuels	42
III.10 Conclusion	44
CHAPITRE IV : Approches THEORIQUES.....	45
IV.1 Introduction	45
IV.2 Analyse sur la mécanisation de palmier dattier	45
IV.3 Problématique des opérations culturales de palmier dattier	47
IV.4 Principe de grimpage	47
IV.4.1 Problèmes de grimpage en phœniciculture.....	48
IV.5 Conclusion	53
CHAPITRE V : Proposition d'un nouveau système.....	54
V.1 Introduction.....	54
V.2 Critères de réponse du système aux besoins	54
V.3 Méthodologie de la conception	55
V.4 Etude conceptionnelle d'une passerelle auto déplaçable	56
V.4.1 Description générale de la passerelle auto déplaçable	56
V.4.2 Description générale du fonctionnement du système fixation-Rotation.....	57
V.4.3 Principe de déplacement au niveau de la parcelle	59
V.4.4 Restrictions	60
Conclusion générale.....	62
References bibliographiques.....	64

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Une palmeraie au Ziban.</i>	5
<i>Figure2: Schéma de l'anatomie du palmier dattier (Munier, 1973).</i>	6
<i>Figure3: Présentation de différentes strates au niveau d'un oasis (Sedra, 2003).</i>	7
<i>Figure4: Exemple d'un Oasis El-Amri et Bordj Ben Azzouz, Biskra (Google Earth 2018).</i> .	8
<i>Figure5: Trous de plantation (1x1x1) m³ 'Touggourt' et (2x4x1m) m³ 'Foughala'.</i>	8
<i>Figure6: Méthode d'irrigation localisée (Garbati et al., 2012).</i>	9
<i>Figure7: Méthodes d'irrigation par gravité (Sedra, 2003).</i>	10
<i>Figure8: La méthode traditionnelle du sevrage (Garbati et al. 2012).</i>	11
<i>Figure9: Outils de sevrage (Sedra, 2003).</i>	11
<i>Figure10: Système moderne "mist-system" d'enracinement de petits rejets et de rejets aériens sevrés sous des conditions d'humidité et de température contrôlées (Sedra, 2003).</i>	12
<i>Figure11: Système d'enracinement de petits rejets et de rejets aériens sevrés puis plantés en sachets individuels, à l'aide des hormones de rhizogénèse (Sedra, 2003).</i>	12
<i>Figure12: Différentes étapes de transplantation de jeunes palmiers jusqu'à la reprise des arbres (Sedra, 2003)</i>	13
<i>Figure13: Différentes étapes de transplantation de palmiers adultes jusqu'à la reprise des arbres (Sedra, 2003)</i>	14
<i>Figure14: Travail du sol d'entretien (Nourani, 2016).</i>	15
<i>Figure 15: Pollinisation traditionnelle (Anonyme, 2018).</i>	17
<i>Figure 16: Ciselage et limitation de nombre de fruits (Source : PEYRON, 1994).</i>	18
<i>Figure 17: Attachement des régimes (Nourani, 2016).</i>	18
<i>Figure 18: Nécessaire de grimpage (El Aida) et leur utilisation (Nourani, 2016).</i>	20
<i>Figure 19: Serpette (Nourani, 2016).</i>	20
<i>Figure 20: Potentiel de la mécanisation agricole en matière de réduction de pénibilité du travail.</i>	22
<i>Figure 21: Exemple sur l'évolution de la mécanisation agricole.</i>	24
<i>Figure 22: Semoir de riz antique.</i>	25

Figure 23: Mécanisation du travail du sol à l'intérieure d'une palmeraie (Garbati et al., 2012).....	27
Figure 24: Ameublissement avec rétro chargeur (Nourani, 2016).	29
Figure 25: Organigramme des différentes méthodes de récolte alternative (Shamsi, 1998).	30
Figure 26: PSS-F. (Ali et al., 1993).....	31
Figure 27: PSS-C (Ali et al., 1993)	31
Figure 28: Palm Service System PSS-A (Ali, et al., 1993)	31
Figure 29: PSS-A en fonctionnement (Ali et al., 1993)	31
Figure 30: PSS-G (Ali, et al., 1993)	32
Figure 31: PSS-D (Ali, et al., 1993)	32
Figure 32: PSS-I. (Ali, et al., 1993).....	32
Figure 33: Deux dessins isométriques pour le système développé (Fadel, 2005).	33
Figure 34: Schéma de la récolteuse (Nourani, 2016).....	34
Figure 35: Schéma représentatif d'un robot qui pulvérise et pollinise les dates (Shapiro, et al., 2009).	35
Figure 36: Échelles (Garbati et al., 2012).....	36
Figure 37: Échelles en schéma (Garbati, 2012).....	36
Figure 38: Vue de dessus de la machine (Shamsi, 1998).	36
Figure 39: Machine à base d'arbre (Mazlouzadeh, et al., 2007).	37
Figure 40: Appareil pour faire monter un arbre (Keramat Jahromi, et al., 2008).	37
Figure 41: Schéma de principe du système d'application de pollen (Ibrahim, et al., 1987).	38
Figure 42: Schéma de principe du pollinisateur Al Nahreen (Ibrahim, et al., 1987).	38
Figure 43: L'appareil de pollinisation semi mécanique (Bel Aroussi, 1994 in bel aroussi, 2008).....	40
Figure 44: Pollinisatrice de HAWALA (Boubekri, 2008).....	40
Figure 45: Pollinisatrice de HAMORABI (Boubekri, 2008).....	40
Figure 46: Pollinisatrice AMERICAINE (Boubekri, 2008).	40

Figure 47: Pollinisatrice de KHALED (Boubekri, 2008).....	40
Figure 48: Pollinisatrice de BEBEL in (Boubekri, 2008).....	40
Figure 49: Pollinisateur (Nourani, 2016).....	41
Figure 50: Les pulvérisateurs portés par le camion ou par un tracteur agricole (Nourani, 2016).....	41
Figure 51: Moteur de pompage d'eau et un puits d'eau d'irrigation chez Laadjal.....	42
Figure 52: Élagueur (Nourani, 2016).....	42
Figure 53: Élagueur pneumatique (Nourani, 2016).....	42
<i>Figure 54: Arracheuse manuelle de palmes (Mosttan, 2005).....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 55: Récapitulatif des opérations culturales pratiquées à différents niveaux d'un un palmier dattier.....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 56: Photo représentative de deux modes de grimpeurs.....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 57: Principe de grimpage (Guettaf et Hadid, 2011).....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 58: Grimpeur d'un palmier dattier d'une grande longueur avec des pieds nu sans dispositifs de sécurité (Scozzari, 2007).....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 59: Ascension d'un palmier dattier d'environ 7m de hauteur avec une échelle extensible.....</i>	<i>49</i>
<i>Figure 60: Photo représentatif d'un engin destiné pour les travaux de la phœniciculture.....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 61: Machine de recolte des dattes sèches par vibration.....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 63: Exemple de l'avantage des nacelles phœnicicoles.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 62: Exemple de conception des nacelles en utilisant la CAO.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 64: Exemple d'un système de récolte des dattes sèches «Stipe secoueur».....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 65: Plate forme aérienne fixe (pays de golf).....</i>	<i>53</i>
<i>Figure 66: Passerelle fixée en deux palmiers dattiers.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 67: Exemple d'une plate-forme fixe en KSA.....</i>	<i>58</i>
<i>Figure 68: Schéma représentatif de la rotation de la passerelle.....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 69: Les deux modes de déplacement de la passerelle auto-déplaçable.....</i>	<i>59</i>

INTRODUCTION GENERALE

"Il est encore temps pour faire un bilan et voir si les dispositifs installés ainsi que leurs choix sont judicieux ; depuis le temps (1988) un bilan devrait être dévoilé sur l'agriculture saharienne (Etsouri, 2004 in Boukehil, 2004).

En un peu plus d'un demi-siècle, l'agriculture a subi une profonde mutation, surtout avec l'arrivée de la mécanisation et son évolution rapide. La révolution industrielle dans les pays de la zone climatique tempérée a conduit à l'utilisation des machines dans tous les domaines, dans les campagnes leur intervention se développe, c'est à la fois une nécessité pour l'augmentation de la productivité humaine, et de la production, compte tenu d'un nombre décroissant de producteurs pour un total de consommateurs en augmentation, et pour répondre au besoin d'amélioration du mode de vie de l'agriculteur, élément psychologique déterminant: L'expérience montre que cela est irréversible et que l'équipement en machines de l'agriculture s'accélère de façon permanente (**Labrousse, 1966**).

Jusqu'à un passé récent l'Agriculture saharienne a été une activité vivrière assurant la stabilité des établissements humains malgré l'hostilité du milieu naturel (**Lakhdari, 2010**). L'agriculture mondiale est aujourd'hui confrontée à de multiples enjeux qui génèrent ou appellent à de profondes transformations des systèmes agricoles. Elle doit répondre à une demande alimentaire croissante tout en s'inscrivant dans le principe de développement durable (**Bernard, 2011**).

L'Algérie est l'un des principaux pays phoenicicoles dans le monde. Il est classé troisième à l'échelle mondiale avec une production annuelle d'environ plus 1 million de tonnes (**FAOstat, 2018**), et une superficie évaluée à de plus de 167 000 hectares pour un nombre de palmiers estimé à plus de 18,6 millions (**Anonyme; 2018**).

L'évolution des surfaces progresse d'une année à une autre ; mais celle de la production ne suit pas l'évolution de ces surfaces (**Babahani, 2010**).

Certains chercheurs travaillant sur la mécanisation du palmier dattier s'attèlent à développer des dispositifs qui aident à la pollinisation (**Perkins et Rurkner, 1974 ; Ibrahim et al, 1987; Yahia, 2009 ; Mostaan et al, 2010**), à la taille des palmes (**Mosttan, 2005 ; Ismail et Al-Gaadi, 2006**) et au traitement phytosanitaire (**Abass et al, 2006 ; Shapiro et al, 2009**) alors que d'autres essaient de concevoir des dispositifs facilitant l'accès de l'opérateur au sommet du

palmier (Abdalla et al, 1986 ; Hassan et al, 1986 ; Al-Suhaibani et al, 1988; Shamsi, 1998 ; Fadel, 2005 ; Keramat et al, 2008; Garbati Pegna, 2008) (Nourani, 2016).

Notre constat sur terrain et à travers l'analyse de diverses documentations qui s'intéressent à la mécanisation des opérations culturales du palmier dattier, nous a dévoilés son importance dans le processus de la production. C'est dans cette optique que s'inscrit notre problématique du travail. Nous souhaitons proposer à la fin une solution, qui vise de résoudre le problème de la main-d'œuvre.

Ce manuscrit se structure en quatre chapitres. Le premier chapitre traite directement les principaux techniques de la conduite culturale du palmier dattier. Le deuxième chapitre est un petit voyage dans le monde de la mécanisation agricole «généralités», bref histoire et évolution. Le chapitre trois est consacré pour notre problématique de travail, situation et l'expérience de la mécanisation des opérations culturale en phœniciculture. Chapitre quatre est consacré pour la partie théorique de notre conception. Chapitre cinq traite la partie solution proposée : proposition d'un nouveau système de mécanisation en phœniciculture.

En fini le travail par une conclusion générale.

PROBLEMATIQUE

Les conclusions acquises de notre étude bibliographique, les discussions entamées avec les phœniculteurs et avec les spécialistes académiques sur la problématique de la mécanisation du palmier dattier, réaffirme que la mécanisation des opérations culturales de palmier dattier est devenue une urgence surtout face au manque de la main d'œuvre qui ne cesse de s'accroître de plus en plus avec l'extension exponentielle des mises en valeurs phœnicicoles en zone saharienne.

La majorité des tâches des opérations culturales du palmier dattier (Ciselage, pollinisation, Limitation du nombre des régimes, Traitements phytosanitaires, Descente des régimes, Ensachage, Récolte, ...etc.), sont pratiqués au sommet, c'est-à-dire à une hauteur de la surface du sol qui est en fonction de l'âge du palmier dattier et de la palmeraie. Les méthodes d'intervention demeurent jusqu'à l'heure actuelle, traditionnelle. Pour commencer les opérations culturales, le phœniculteur doit monter ou grimper au sommet du palmier dattier, là où toutes les opérations s'effectuent. Monter pour faire des travaux au sommet puis descendre à la fin demande une main d'œuvre en bonne santé, expérimentée ou du métier. Donc grimper déjà est une tâche qui devient pénible dans le temps, puis qu'il ne s'agit pas d'un seul palmier mais de toute la palmeraie !.

Sur la base de ces réflexions, on conclue que les concepteurs des machines qui existent sur le marché ont donné beaucoup d'importance pour résoudre le problème de pénibilité de la tâche d'un grimpeur. Malgré l'existence de ces machines sur le marché international, ces engins restent toujours une solution locale du pays phœnicicole. Ces technologies, restent loin d'être à la portée de nos phœniculteurs. Les raisons sont multiples (économiques, sociologiques, ...etc.). On ajoute le problème de la manière qu'elle procède le concepteur ou l'innovateur pour mécaniser les opérations culturales du palmier dattier !.

La solution donc sera présente dans un nouveau système rassemblant les avantages des autres systèmes existant et répondant en parallèle à nos besoins socio-économiques et prenant en considération les spécificités de phœniculture et les conditions dictées par le milieu de la culture.

Ainsi, ce qui sera mis en lumière tout le long de notre travail aura pour but principal de résoudre le problème de la mécanisation des opérations culturales du palmier dattier en commençant par résoudre le problème de grimpage et aussi les autres opérations du sommet. C'est sur ce point que nous nous concentrerons.

La proposition d'un nouveau système de mécanisation des opérations culturales du palmier dattier va répondre à un ensemble des exigences de la problématique en question.

CHAPITRE I : TECHNIQUES ET CONDUITES CULTURALES DU PALMIER DATTIER

I.1 Introduction

La connaissance des techniques de la conduite culturale du palmier dattier est très importante pour mettre le point sur les étapes les plus apposés par un phoeniculteur, pour réussir sa saison culturale et avoir une bonne production de dattes.

Ce qui suit relate les différentes et les plus importantes phases de la conduite culturale du palmier dattier dans le but d'extraire les problèmes et les obstacles.

I.2 Opérations culturales de palmier dattier

D'une manière générale les façons culturales essentielles sont (CMGP, consulté le 01/04/2018)¹

- Taille d'entretien qui consiste à éliminer les organes des appareils végétatif et reproductif en voie de dessiccation ou n'ayant qu'une activité physiologique très restreinte ;
- Gestion de la floraison/nouaison/ éclaircissages des régimes ;
- Lutte contre les ravageurs et maladies ;
- Irrigations fertilisations régulières ;
- Récolte ;
- Entretien de brise vent pour les jeunes plantations.



Figure 1: Une palmeraie au Ziban.

¹ Fiche culture palmier dattier <http://www.cmgp.ma/wp-content/uploads/2016/12/Dattier.pdf>

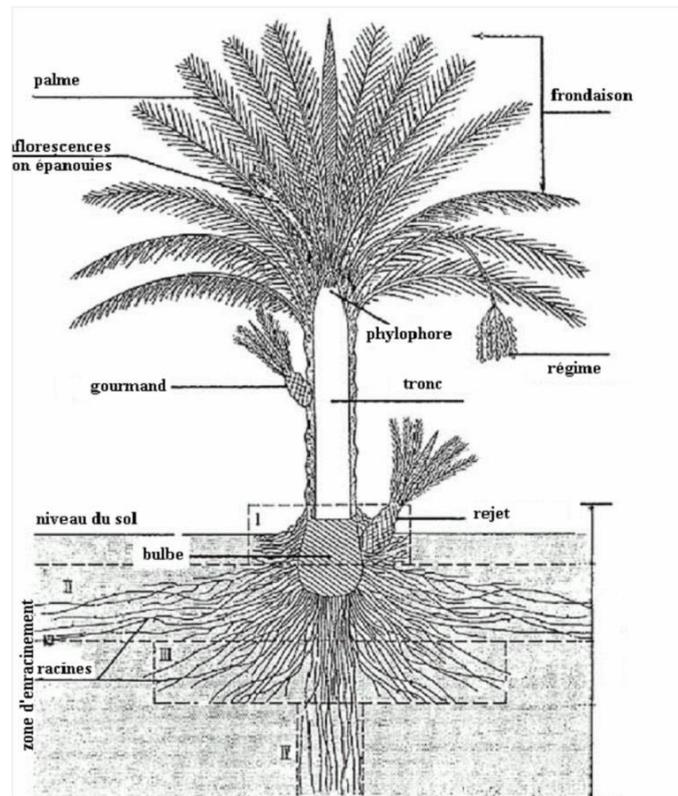


Figure2: Schéma de l'anatomie du palmier dattier (Munier, 1973).

I.3 Au niveau du sol

I.3.1 Les étapes de création d'une palmeraie

Etapes et conditions techniques de création d'une oasis selon (Sedra, 2003)

- a. Choix du site ;
- b. Définition des propriétés et des caractéristiques physico-chimiques et biologiques du sol ;
- c. Définition, installation des équipements techniques et aménagement de l'infrastructure ;
- d. Choix d'un système de culture :
 - Le système monoculture du palmier dattier
 - Le système à deux strates végétatives
 - Le système à trois strates végétatives

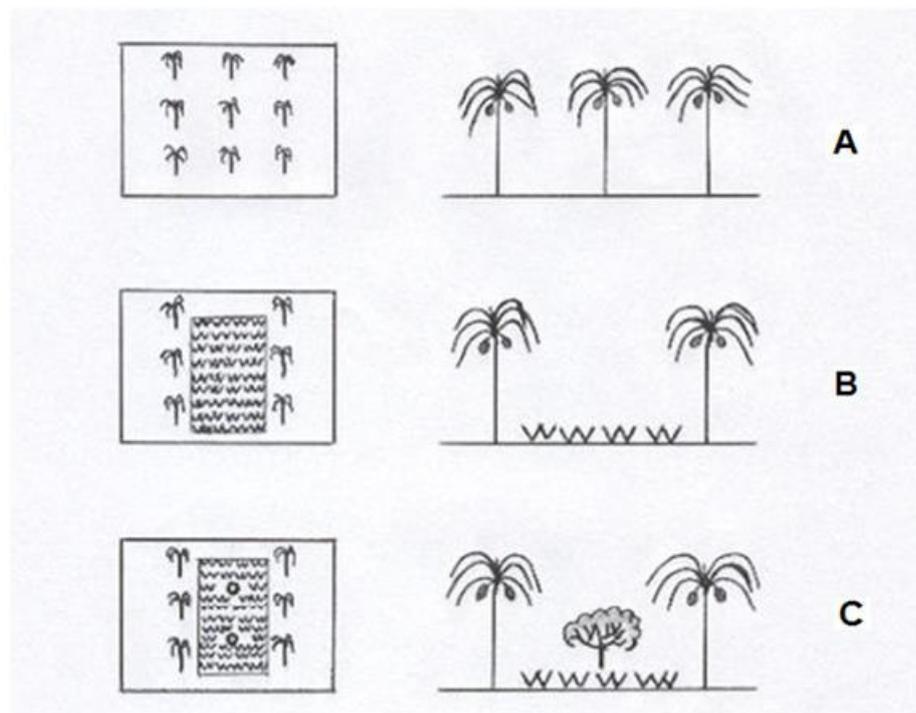


Figure3: Présentation de différentes strates au niveau d'un oasis (Sedra, 2003).

I.3.2 Préparation du terrain pour l'installation d'une palmeraie

I.3.2.1 Préparation du sol

Le labour préparatoire doit s'effectuer plusieurs mois avant la plantation. Si le sous-sol est de même nature que la partie supérieure du sol, il est possible d'exécuter un labour de défonce. Si par contre, le sous-sol est argileux ou finement sableux. On ne pratique qu'un labour superficiel. Pour les sols légers, au lieu du labour, on creusera des trous d'un mètre cube à l'emplacement des arbres. Si le terrain est dur, on utilisera l'explosif agricole. Au préalable, l'emplacement des plants futurs sera marqué à l'aide de piquets (3 dont 2 piquets guides). Chaque fois qu'il sera possible, on incorporera à la terre de rebouchage des trous de plantation une fumure organique. On utilisera ce que l'on trouvera sur place, comme les vieilles peaux, les cornes d'animaux qui seront mises au fond des trous (**Toutain, 1967**).

L'installation d'un réseau de drainage est devenue plus qu'obligatoire comme confirme un rapport du ministère de l'agriculture et du développement rural sur le drainage en Algérie².

²<http://insid.dz/realisation/did/D6.pdf>

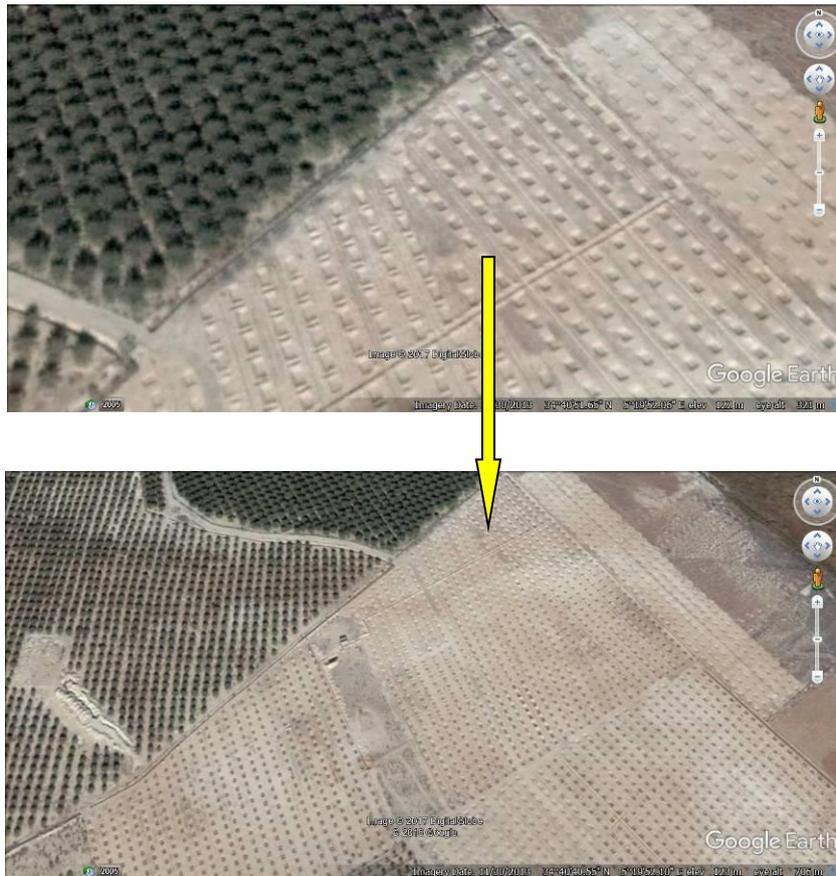


Figure4: Exemple d'un Oasis El-Amri et Bordj Ben Azzouz, Biskra (Google Earth 2018).



Figure5: Trous de plantation (1x1x1) m3 'Touggourt' et (2x4x1m) m3 'Foughala'.

I.3.2.2 Mise en place du système d'irrigation

Les phoeniculteurs irriguent leurs palmiers dattiers tantôt avec les eaux superficielles, tantôt avec les eaux d'origine souterraine ou avec les deux à la fois. La phœniculture utilise les eaux de rivières à écoulement permanent (Draâ, Ziz, Rheris...) par

des prises d'eau (épis, barrages...) prolongées d'une séguia qui amène par gravité l'eau d'irrigation aux champs. Elle capte les sources dont l'eau est amenée par une seguia principale qui se ramifie pour alimenter des majènes ou bassins d'irrigation à partir desquels on distribuera l'eau aux palmiers dattiers (Ziban, Tassili-N'Ajjer...). Les nappes phréatiques sont également exploitées par des puits (à poulie, à balancier, à motopompe) dans beaucoup d'endroits de la zone phœnicicole d'Afrique du Nord. Les norias ne se rencontrent que dans le Nord du Sahara (Tafilalt, Oued Righ)...

La phœniciculture utilise aussi dans plusieurs régions la foggara (khetarra - galerie souterraine) qui, dans sa partie amont, collecte l'eau du sous-sol et l'amène en surface, par une pente appropriée, en tête du terrain planté (Touat, Gourara, Tidikelt, Sarro...). Une variante de la foggara est le fossé drainant creusé dans le lit de l'oued ; il est souvent très peu couvert en amont (puits communicants) et à ciel ouvert ensuite. On trouve aussi des puits artésiens dont l'eau jaillit en surface sous l'effet de la pression hydrostatique et arrose de nombreuses palmeraies (Oued Righ, Ouargla, Tidikelt, El Golea...). (**Toutain, 1967**)

Il y a deux méthodes principales d'irrigation, la méthode d'irrigation par gravité (traditionnelle) et la méthode d'irrigation localisée. La figure qui suit représente les possibilités d'installation des deux méthodes au niveau d'une nouvelle mise en valeur.



Figure6: Méthode d'irrigation localisée (Garbati et al., 2012).

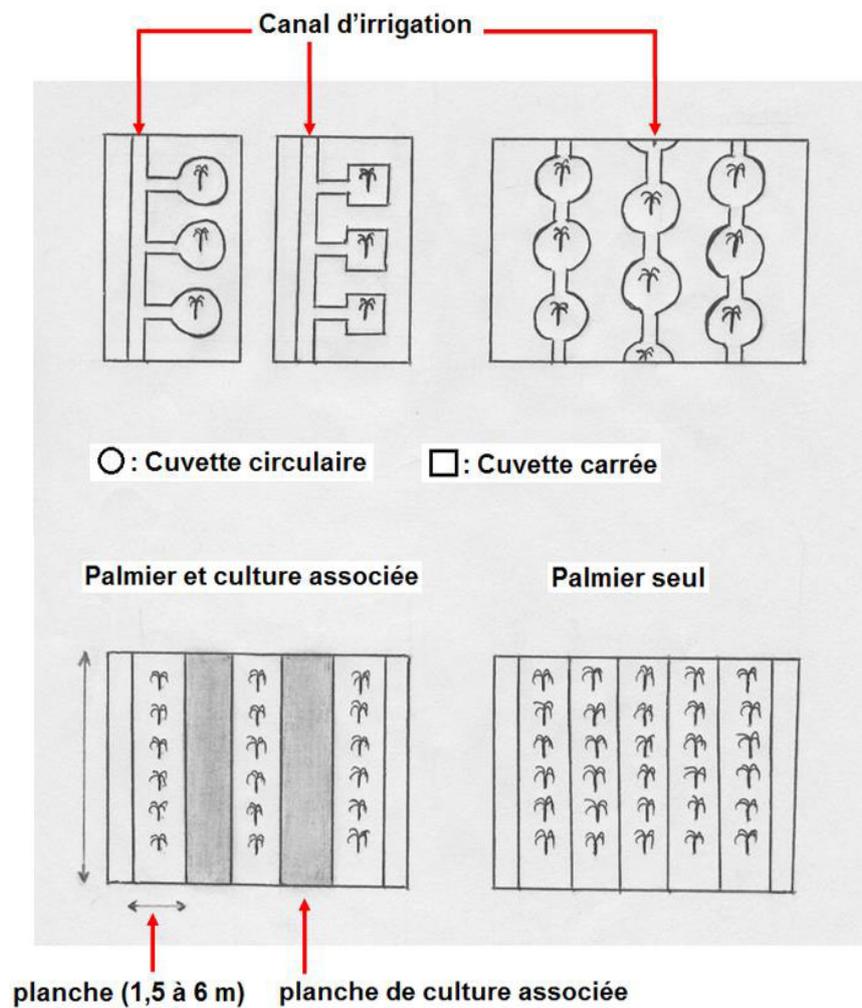


Figure7: Méthodes d'irrigation par gravité (Sedra, 2003).

I.3.3 Multiplication du palmier dattier

Multiplication et plantation des rejets ou 'Djebbars ou Rkebs'

C'est une multiplication végétative du palmier, qui permet une reproduction pratiquement conforme et une transmission génétique fidèle des caractères des parents. (Sedra, 2003)

I.3.3.1 Pratiques de sevrage

Cette opération a pour but de séparer le rejet du pied-mère par une coupe nette à l'endroit de son point d'attache. Il faut éviter les arrachements, les meurtrissures, les hachures, les blessures, les éclatements, les ébranlements, de façon à mettre tous les atouts pour une bonne reprise de notre côté. Tous les tissus lésés sont des portes d'entrée à la pénétration de maladies causées par des bactéries et des cryptogames, trouvant dans ce

milieu un terrain d'élection. On utilisera, pour accomplir cette opération, une pince à Djébar, sorte de bêche tranchante avec fer légèrement bombé et un manche rigide de façon à pouvoir frapper dessus à l'aide d'une masse (Toutain, 1967).



Figure8: La méthode traditionnelle du sevrage (Garbati et al. 2012).



Figure9: Outils de sevrage (Sedra, 2003).

I.3.3.2 Enracinement des rejets

Cette technique est pratiquée pour des rejets aériens appelés "Rkebs" ou de petits rejets de faible poids, qui n'auraient sans doute pas de chance de reprendre en milieu réel, dans le cas de la plantation directe (Sedra, 2003).

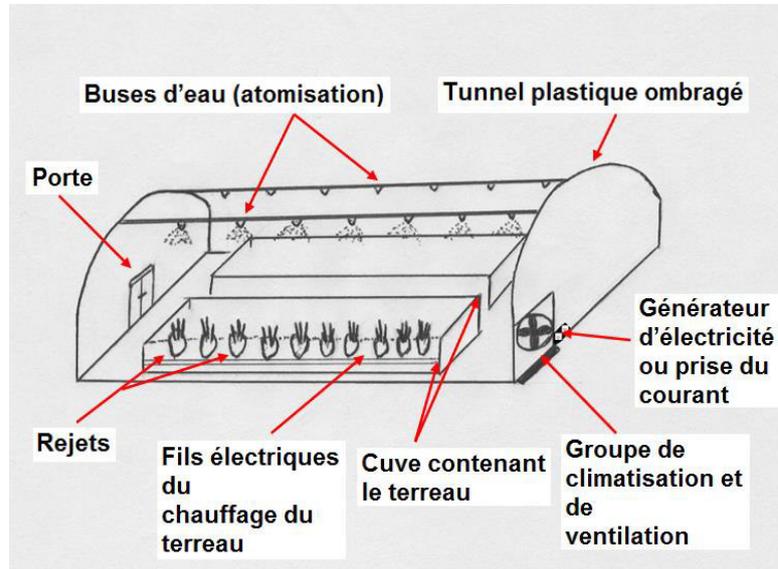


Figure10: Système moderne "mist-system" d'enracinement de petits rejets et de rejets aériens sevrés sous des conditions d'humidité et de température contrôlées (Sedra, 2003).

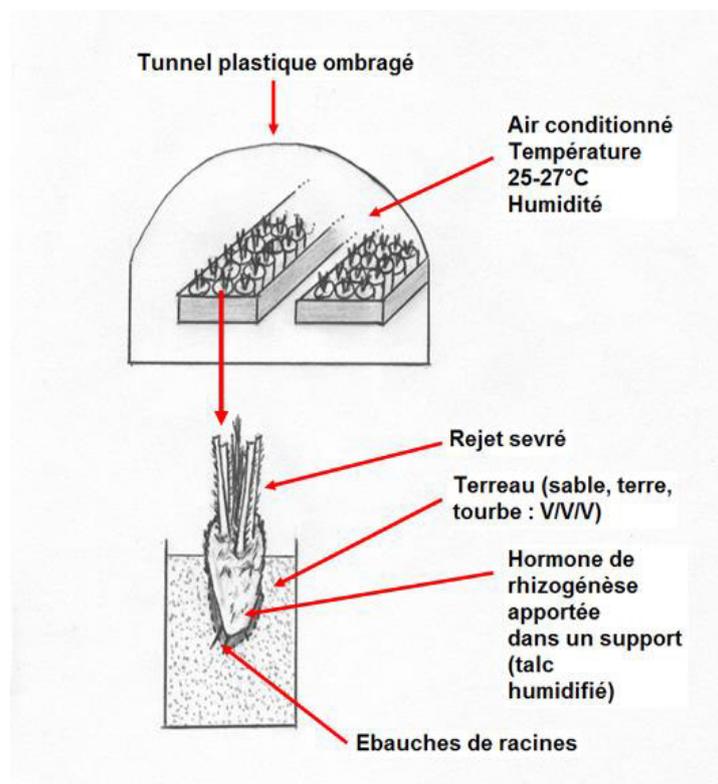


Figure11: Système d'enracinement de petits rejets et de rejets aériens sevrés puis plantés en sachets individuels, à l'aide des hormones de rhizogénèse (Sedra, 2003)

I.3.4 Transplantation des palmiers

Selon (Sedra, 2003), la transplantation des palmiers est pratiquée pour plusieurs raisons:

- Restructurer des vergers phoenicicoles ;
- Corriger les densités des arbres (éclaircissage ou combler les trous des rejets non repris par des remplacements) ;
- Embellir des jardins publics ou privés, des villas et des avenues urbaines.

Cette opération nécessite une main d'œuvre qualifiée et de gros moyens surtout pour les palmiers adultes.

Le rejet doit être protégé des canicules du soleil et des effets desséchants du climat. Il sera enveloppé soit de Lif, soit entouré d'un abri de palmes ou de roseaux fichés en terre et en couronnes (Toutain, 1967).

La figure qui suit schématise les différentes étapes de transplantation des jeunes palmiers et des palmiers adultes productifs.

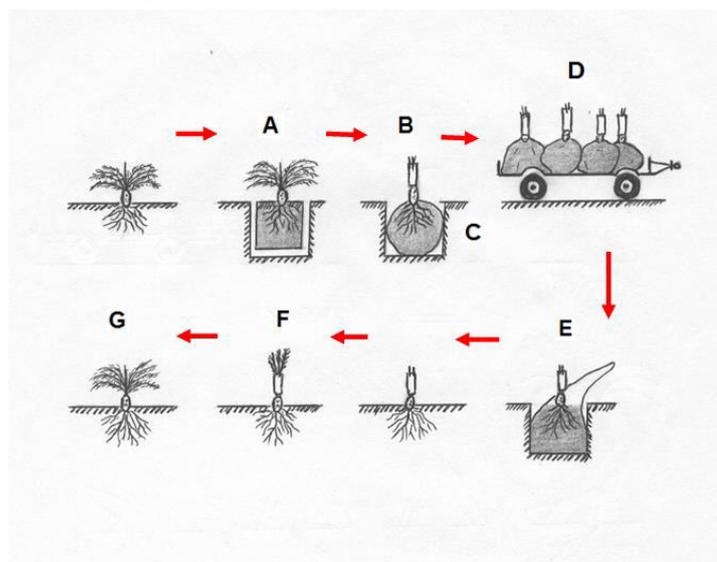


Figure12: Différentes étapes de transplantation de jeunes palmiers jusqu'à la reprise des arbres (Sedra, 2003)

A : Creuser tout autour à 60 cm du tronc un fossé de 80-100 cm de profondeur. **B** : Protection des palmes réduites en nombre et en dimension à l'aide d'un tissu en jute ou de plaque pliable en roseaux. **C** : Motte de terre (environ 1 m³) autour du pied du palmier entouré avec un film en plastique. **D** : Transport des palmiers à transplanter sur une remorque tractée ou à l'aide d'un camion. **E** : Film plastique retiré de la motte. **F** :

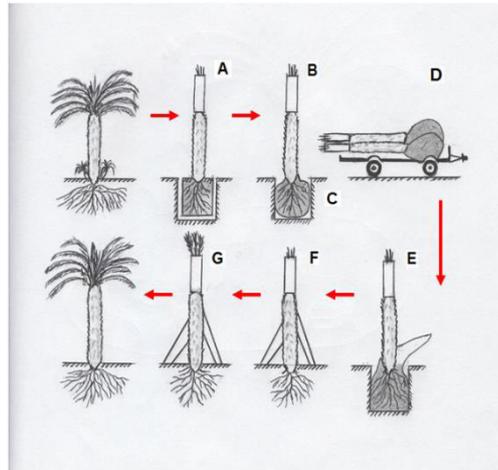


Figure 13: Différentes étapes de transplantation de palmiers adultes jusqu'à la reprise des arbres (Sedra, 2003)

A : Creuser tout autour à 60 cm du tronc un fossé de 80-100cm de profondeur.

B : Protection des palmiers réduites en nombre et en dimension à l'aide d'un tissu en jute ou de plaque pliable en roseaux. **C :** Motte de terre (environ 1,5-2 m³) autour du pied du palmier entouré avec un film en plastique. **D :** Transport des palmiers à transplanter sur une remorque tractée ou à l'aide d'un camion. **E :** Film plastique retiré de la motte. **F :** Poteaux en bois permettant de maintenir le tronc du palmier en vertical pour éviter sa chute ou son inclinaison (à cause du vent violent) jusqu'à la reprise de l'arbre. **G :** Sortie et développement des jeunes palmes vertes indiquant le début de la reprise des arbres. **H :** Palmier repris.

1.3.5 Travail du sol d'entretien

Le travail du sol est l'un des opérations vitales et nécessaires pour les palmiers. Cette opération est nécessaire pour aérer les racines et exposer le sol au soleil ainsi que pour éliminer les adventices et les plantes parasites.

Le travail du sol se fait généralement en hiver après la récolte, associé au processus du nettoyage et de fertilisation des oasis et par des équipements traditionnelles (Tondeuses, merlin, ...etc.) ou par les mécanisations agricoles (tracteur, charrue) (Centre Technique des Dattes (CTD))³

³<http://www.ctd.tn/fr/fertilisation-et-travail-du-sol-181.html> (CTD, consulté le 05 /04/2018)



Figure14: Travail du sol d'entretien (Nourani, 2016).

I.3.6 Fertilisation

Il y a deux modes de fertilisation : organique et minérale

I.3.6.1 Fertilisation organique

La fumure organique a plusieurs intérêts : elle favorise l'activité microbienne du sol, permet l'amélioration de sa rétention en eau et de sa structure, et fournit des éléments nutritifs essentiels (surtout l'azote) et de nombreux oligoéléments fertilisants. Dans le cas de l'apport de la fumure organique, il est conseillé d'épandre 5 à 240 kg de fumier par arbre sur la surface autour de l'arbre (rayon de 1 à 2 m) en fonction de l'âge de l'arbre suivi d'un binage de la cuvette. Il est à signaler, que la zone des racines qui alimentent le mieux les palmiers, comprend une surface qui s'étale jusqu'à 2 m de rayon tout autour du tronc. Pour un palmier adulte, le fumier et la potasse peuvent être apportés et enfouis dans des tranchées autour du tronc de l'arbre de 20 à 40 cm de largeur et de 20 à 30 cm de profondeur et distantes du tronc de 70 à 100 cm ; et ce à raison d'une ou deux tranchées tous les 2 à 3 ans.

Ces fertilisants sont apportés en une seule fois, une semaine ou quelques semaines après la récolte des dattes. Du fumier supplémentaire peut être apporté en surface en cas de cultures associées (Sedra, 2003)

I.3.6.2 Fertilisation minérale

Comme le fumier, les fertilisants minéraux dont la nature et la quantité peuvent être apportés par épandage tout autour du tronc de l'arbre, dans un rayon de 1 à 2 m, ensuite enfouis en profondeur de 10 à 30 cm, en fonction de l'âge des palmiers. Il est conseillé de ne pas utiliser un outil de labour ou de binage profond (supérieur à 20 cm), pour éviter de couper et de blesser les racines d'absorption présente entre 20 et 60 cm et qui jouent un rôle nutritionnel d'absorption atteignant 50% d'eau absorbée. En outre, vu que l'eau d'irrigation

(source, rivière, ... etc.) apporte une quantité de fertilisants et que le fumier fournit également des éléments fertilisants, les doses conseillées (surtout l'azote) de la fumure minérale peuvent être réduites quand celle-ci est apportée en combinaison avec le fumier ou l'engrais vert (Sedra, 2003).

I.4 Au niveau du stipe

Coupe des pétioles des palmes (Cornaf) pour éviter les parasites et pour le nettoyage du palmier à l'aide d'une scie et coupe des gourmands pour les planter ou pour éviter la compétition entre le palmier et leurs gourmands (nettoyage du tronc).

I.5 Au niveau de la couronne (production des dattes)

I.5.1 Pollinisation

Selon (Sedra, 2003), la pollinisation traditionnelle consiste à :

1. Dégager les épillets des inflorescences femelles ;
2. Déposer au milieu de ces épillets 2 à 3 épillets de fleurs mâles mûres et les fixer légèrement par un lacet de folioles entre les épillets femelles. Certaines variétés du palmier ayant de grandes spathes comme les variétés Bouzeggar, Bouslikhène, Mejhoul et Saïr-Layalate, nécessitent plus de 5 épillets mâles pour polliniser chacune de leurs 108 spathes. L'utilisation du coton renfermant les grains de pollen peut remplacer les épillets mâles. Le saupoudrage avec une poire en caoutchouc contenant les grains de pollen peut également assurer la pollinisation. Un gramme de pollen est suffisant pour polliniser 10 à 15 inflorescences femelles.
3. En général, 2 à 4 arbres mâles (bons pollinisateurs) suffisent pour polliniser 100 arbres femelles soit un hectare de palmiers distants de 10 m. Cette technique nécessite une main d'œuvre importante : 4 à 10 ascensions par palmier durant la période de pollinisation, au rendement de 50 à 60 spathes femelles pollinisées par jour, c'est-à-dire 5 à 6 palmiers femelles par jour ce qui revient à 20 jours de main d'œuvre par hectare en supposant qu'un hectare comprend 100 à 120 palmiers.



Figure 15: Pollinisation traditionnelle (Anonyme, 2018).

I.5.2 La descente des Régimes

La pratique du courbement des régimes consiste à faire pencher les régimes entre les palmes en leur assurant une distribution et une position uniformes autour du palmier. Cette pratique offre l'avantage d'une bonne exposition des dattes au soleil et au vent, tout en évitant le chevauchement des épillets entre eux et avec les palmes ainsi que la blessure des dattes par les épines des palmes. Normalement, le courbement doit s'effectuer avant la lignification des régimes soit 3 à 4 semaines après la nouaison des fruits, afin d'éviter leur cassure au niveau de la base et d'assurer un équilibre de poids de régimes en haut de l'arbre. En outre, le courbement des régimes vise également à faciliter les opérations de protection des régimes contre la pluie, les insectes et les oiseaux (Sedra, 2003).

I.5.3 Limitation du nombre des régimes

Jusqu'à l'âge de 6 ans, il est recommandable de supprimer toutes les inflorescences du jeune palmier, car elles provoqueraient un ralentissement de sa croissance. A 8 ans, on peut conserver 4 régimes ; à 10 ans : 6 ; à 12 ans : 8 ; à 15 ans : 10. Un palmier adulte vigoureux peut porter 15 à 18 régimes.

Il existait un rapport entre la surface foliaire et le nombre de régimes. De façon à soulager le palmier souffrant, il sera bon de limiter le nombre de régimes afin de ne pas précipiter son déclin. Le choix des régimes à enlever portera en particulier sur les inflorescences mal fécondées, sur celles qui sont en surnombre d'un côté (équilibre de l'arbre), sur celles qui sont les moins bien fournies (souvent les inflorescences précoces et tardives). La limitation est une taille qui s'effectue juste après la fécondation (Toutain, 1967).

I.5.4 Le Ciselage des Régimes

Considéré comme une opération nécessaire dans l'itinéraire technique de cette culture, le ciselage consiste à limiter le nombre de fruits par régime selon certaines mesures bien étudiées et à des moments bien déterminés afin d'obtenir de gros fruits et éviter la maturation trop échelonnée et aussi permettre une meilleure aération et un éclaircissage des fruits (Benziouche, et al., 2010).

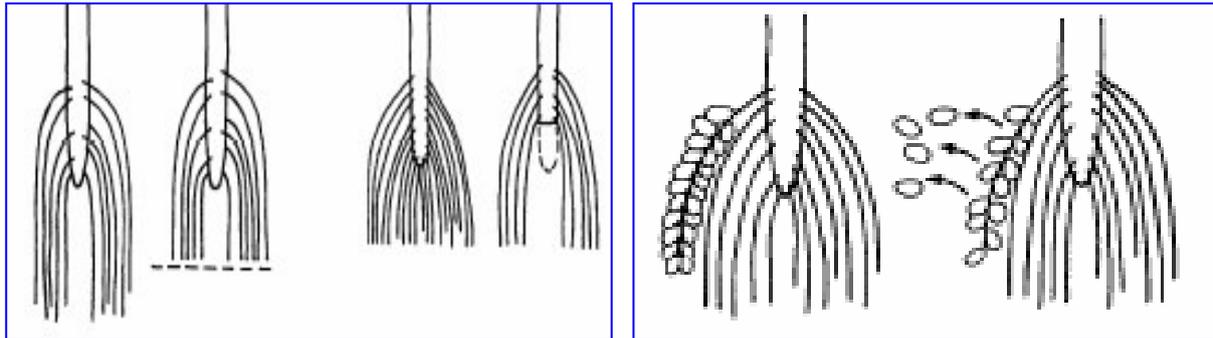


Figure 16: Ciselage et limitation de nombre de fruits (Source : PEYRON, 1994).

I.5.5 Fixation (attachement) des régimes

Les vents peuvent balancer les régimes contre le tronc et les palmes, ce qui cause des dégâts sur les dattes. Pour éviter cela, les régimes sont attachés directement sur les palmes les plus proches (Nourani, 2016).



Figure 17: Attachement des régimes (Nourani, 2016).

I.5.6 Protection des dattes contre la pluie et l'humidité (Ensachage)

Les pluies automnales peuvent endommager les dattes qui sont arrivées au stade de maturité de ce fait certains phoeniculteurs ensachent le régime avec un film plastique perforé; ce dernier assure également la protection contre les oiseaux et les insectes (**Nourani, 2016**).

I.5.7 Taille des palmes et nettoyage des vergers phoenicoles

D'après (**Toutain, 1967**), chaque année, la couronne inférieure des palmes du palmier dattier sèche et il faut l'enlever. Certains préconisent de retirer la palme complète, Cornaf compris, pour supprimer les refuges des parasites. D'autres pour des questions de protection du tronc (blessures, froid...) scient le « Cornaf » à son étranglement la première année, et en deuxième année le coupent en sa grande largeur.

Après la récolte des dattes, à la reprise des parcelles, le fellah doit enlever les bois morts (hampes, spathes, palmes cassées...), attacher les rejets pour faciliter le travail dans les planches, supprimer les « Rekeb ». Si les rejets sont gros (plus de 20 kg), en sevrer quelques-uns pour soulager le pied-mère et les élever en pépinière. Le sevrage ne doit pas être systématique mais équilibré et progressif. Si l'on désire retarder la croissance de certains rejets attachés au pied mère, il faut rabattre leur appareil foliaire. La quantité de rejets produits varie avec les variétés de palmier dattier.

I.5.8 Récolte

La récolte des dattes s'effectue de l'été à l'automne ; elle varie selon divers facteurs tenant de la variété, du climat et des exigences commerciales (**Toutain, 1967**) Elle se fait d'une manière générale par la coupe du régime à l'aide d'une serpette puis le jet de ce régime sur une bâche étalée à la base du palmier. Mais pour les variétés destinées à la commercialisation, le régime est descendu soigneusement par une corde (**Nourani, 2016**).

Les prochaines figures représentent les moyens traditionnels et manuels utilisés au niveau de la couronne.



Figure 18: Nécessaire de grimpage (El Aida) et leur utilisation (Nourani, 2016).



Figure 19: Serpette (Nourani, 2016).

I.6 Conclusion

A travers cette revue bibliographique sur les différentes techniques et phases d'opérations culturales du palmier dattier on conclut l'importance de la mécanisation de ces opérations pour améliorer la production des dattes. Ainsi, le chapitre qui suit traite l'importance de la mécanisation agricole.

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LA MECANISATION AGRICOLE

II.1 Introduction

En un peu plus d'un demi-siècle, l'agriculture a subi une profonde mutation, surtout avec l'arrivée de la mécanisation et son évolution rapide.

L'agriculture mondiale est aujourd'hui confrontée à de multiples enjeux qui génèrent ou appellent à de profondes transformations des systèmes agricoles. Elle doit répondre à une demande alimentaire croissante tout en s'inscrivant dans le principe de développement durable (**Bernard, 2011**).

Les opérations agricoles mécanisées ne cessent d'évoluer, surtout pour les cultures stratégiques, qui possèdent une grande importance alimentaire et économique, l'exemple des céréales et les cultures maraichères. Le suivant chapitre résume l'importance de la mécanisation d'une manière générale et l'évolution la mécanisation en agriculture.

II.2 L'importance de la mécanisation

La mécanisation a le potentiel :

- d'accroître la production ;
- d'améliorer le timing des opérations,
- d'élargir l'application d'énergie à l'amélioration du traitement des cultures,
- de l'irrigation et des infrastructures,
- de compenser les pénuries de main-d'œuvre et d'alléger la pénibilité du labeur,
- elle est particulièrement importante selon **Dellenbach et Legros (2001)**, surtout lorsque la main-d'œuvre vieillit et se féminise.

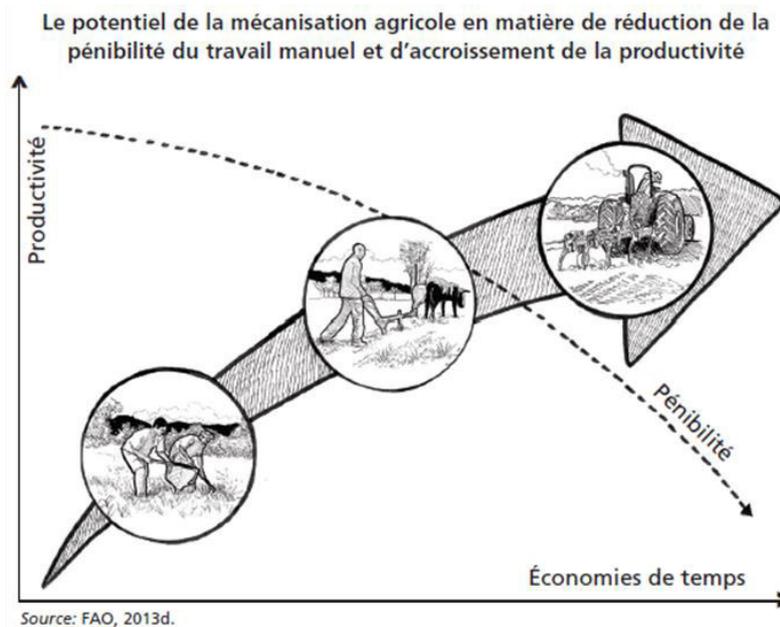


Figure 20: Potentiel de la mécanisation agricole en matière de réduction de pénibilité du travail.

Comment la mécanisation et la motorisation ont été introduites en agriculture, en deux siècles tout au plus, pour arriver à la situation que nous connaissons aujourd'hui (Dellenbach et Legros, 2001).

II.3 Bref histoire de l'évolution de la mécanisation

II.3.1 Mécanisation

II.3.1.1 Difficultés du progrès

Le progrès, comme toujours, effraie un peu et se heurte parfois à la résistance des hommes. Face à une des premières moissonneuses, des ouvriers agricoles s'écrièrent : « ça ce ne sont pas des machines à couper les récoltes mais des machines à couper les bras ». Mais, le travail de la terre est difficile et cela se voit jusque dans l'expression « la terre est basse ». Les agriculteurs ont compris très tôt l'intérêt de la mécanisation. Mais ils se sont heurtés à quatre difficultés majeures (Dellenbach et Legros, 2001):

- D'abord des difficultés purement techniques. Aujourd'hui, nous avons dans l'œil l'organisation de toutes sortes de machines. Il nous semble simple et logique de voir un tracteur tirer sa faucheuse sur le côté, en roulant sur la partie du terrain où l'herbe a déjà été coupée. Mais, cette solution n'était pas évidente a priori. Ainsi, pour éviter que les bêtes de trait massacrent le blé qu'il s'agissait de couper, la machine à

moissonner de l'éco-sais Bell était actionnée par deux chevaux qui, attelés à l'envers sur un limon, la poussaient devant eux ;

- Ensuite, le machinisme n'a pu réellement progresser que lorsque le fer a remplacé le bois. Mais, dans ce domaine. Jusque-là, toutes sortes de solutions concevables ne pouvaient être appliquées faute de tiges et lames suffisamment résistantes. Le plus extraordinaire, pour les observateurs du 19^{ième} siècle, a sans doute été le remplacement du bois par le fer pour la fabrication des engrenages dans les forges et les moulins ;
- En troisième lieu, le moteur manquait. On disposait seulement de la force des hommes et de la force des animaux. Pour bien comprendre ce qu'est un moteur moderne, il faut savoir que le travail fourni par un homme utilisant toutes ses forces pendant une journée de dix heures, est réalisé par un moteur en consommant seulement, une tasse de fioul. En l'absence de moteur, les premières moissonneuses batteuses étaient tirées par 10 et même 15 paires de mules. La force de traction faisait tourner les roues qui étaient crantées pour ne pas patiner. Ces roues étaient reliées à toute la mécanique et la faisaient fonctionner. Faute de moteurs utilisables au champ, on en revint à des moissonneuses simples qui ramassaient à la fois grains et pailles, la séparation des deux étant faite à la ferme. Là on travaillait à bras, avec des fléaux ou on utilisait une batteuse, actionnée par des chevaux au manège. Plus tard, des moteurs à vapeur ou électriques furent utilisés ;
- Une dernière difficulté ralentit le progrès de la mécanisation : le manque de capitaux. Pour acheter une machine coûteuse, il faut des moyens, donc de grosses propriétés. Mais en l'absence de machines, un homme ne peut cultiver que fort peu de surface. La propriété, en faire valoir direct, dans les temps préindustriels était donc petite. La mécanisation a accompagné l'exode rural. Elle ne pouvait précéder cet exode.

II.3.1.2 Quelques belles innovations

Quelques inventions ont révolutionné l'agriculture. Il est souvent difficile d'identifier parfaitement les auteurs et les dates correspondantes. En effet, une chose est d'avoir l'idée d'une amélioration technologique, une autre est de la concrétiser d'une manière opérationnelle. Plusieurs décennies sont souvent nécessaires pour mettre au point une machine. Pendant ce temps, différents constructeurs, partant de la même idée, font leurs propres tentatives. Certaines représentent des ajouts notables à l'idée initiale. Dans ces conditions, les noms que nous donnons plus loin, sont parmi les plus connus, mais ils ne doivent pas masquer le fait que des milliers d'inventeurs ont fait progresser le machinisme agricole. Voyons quelques-unes de ces étapes essentielles du progrès (**Dellenbach et Legros, 2001**):

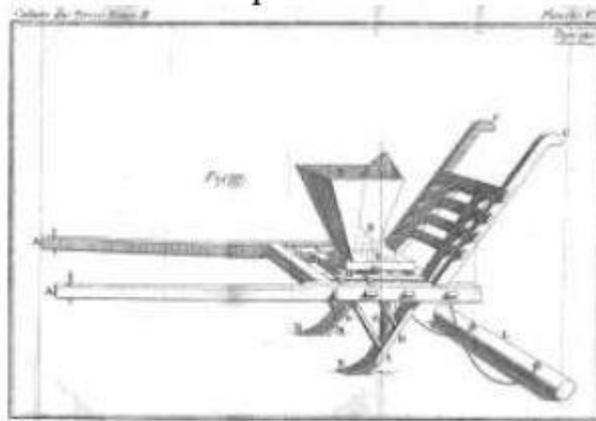
La charrue. Des araires sont dessinés sur les murs des tombeaux d'Egypte. En Europe, des gravures rupestres semblent attester de l'utilisation de cet outil vers 2000 avant J.C. Mais l'interprétation des dessins est contestée. Une charrue est représentée sur la tapisserie de Bayeux qui date de 1086. Pendant la Révolution, les esprits s'échauffent et on cherche à mettre au point la charrue à bras, tirée facilement par des femmes et des enfants. Mathieu de Dombasle, entre 1815 et 1830, perfectionne différents types de charrues qu'il vend dans sa « Fabrique d'instruments aratoires ». Vers 1840, apparaît le brabant réversible, entièrement métallique. Son nom vient de son utilisation antérieure dans les Flandres. Elle sera équipée d'une rasette à partir de 1870.



Figure 21: Exemple sur l'évolution de la mécanisation agricole.

- **Le semoir en ligne.** Il sert à aligner les semences de céréales ce qui a deux avantages décisifs. D'une part, la quantité de semence nécessaire, est réduite au strict minimum, ce qui augmente le rendement, au sens précis du terme (nombre de grains

récoltés divisé par nombre de grains semés). Par ailleurs, le semis en ligne permet de désherber à une époque où l'on disposait de binettes mais pas d'herbicides.



Semoir imaginé pour le riz par Duhamel du Monceau en 1753 et sans doute jamais réalisé

Figure 22: Semoir de riz antique.

- **La moissonneuse.** Depuis les débuts de l'agriculture, l'homme était obligé de récolter le blé à la faucille. D'une main, il tenait une poignée d'épis, de l'autre, il coupait. Il n'était pas question d'utiliser une faux, au moins pour faire du bon travail car la faux secouait trop les tiges de blé et provoquait l'égrainage, synonyme de diminution de rendement. Certains journaliers tombaient d'épuisement. Des bricoleurs avaient imaginé de couper le blé en faisant tourner plusieurs faux montées sur le même axe vertical. Mais la paille s'enroulait autour de l'axe et le système ne fonctionnait pas. La première moissonneuse, celle de l'Anglais Gladstone date de 1806. Mais on doit à l'Américain McCormick, l'invention à la fois de la lame de faucheuse et d'un type de moissonneuse efficace. La lame est en acier. Elle est constituée de couteaux métalliques triangulaires qui cisailent par un mouvement latéral réalisé à grande vitesse, comme dans les tondeuses de nos coiffeurs. Elle est mue par les roues de l'engin. On compte 20 allers-retours de la lame pour un tour de roue de la moissonneuse. L'innovation est datée de 1831 mais le système fut progressivement perfectionné. McCormick le monta sur une machine tirée et non pas poussée par les animaux de trait. Il inventa un dispositif pour faire glisser latéralement les tiges coupées de manière qu'elles tombent sur le sol sur le côté afin d'éviter leur piétinement par les bêtes au tour suivant. Il bénéficia des essais de Bell dont il retint le moulinet en lattes de bois destiné à courber vers la lame les tiges à couper. Mais il fallut du temps, 40 ans en fait, pour obtenir une machine efficace et

fiable. Les essais, sur les blés mûrs, ne peuvent pas se faire à longueur d'année. L'inventeur vint à l'exposition universelle de 1867 en même temps que 23 autres fabricant de moissonneuses. L'emportant sur ses concurrents, McCormick reçut le premier prix du concours international. Les agriculteurs lui firent un triomphe : il leur donnait les moyens de moissonner un ha en deux heures et demie avec seulement un homme et deux chevaux.

- **La batteuse.** Depuis les débuts de l'agriculture, le blé était battu à la main, ou plutôt au fléau, sur des aires de battage. L'homme était efficace. Son œil suivait l'avancement du travail de séparation du grain et de la paille. Bien manié, le fléau était un bon instrument. Le bois qui le constituait était souple et faisait rebondir la paille ce qui était favorable à la séparation du grain. Ensuite on utilisait un tarare, appareil muni d'un tamis oscillant et d'une soufflerie pour séparer le grain de ses enveloppes. La mise au point d'une batteuse était forcément difficile techniquement. Mais quand les problèmes furent résolus, dans le dernier quart du 19^{ème} siècle, les avantages parurent décisifs. La perte de grain était réduite à peu de choses. La vitesse du travail était accrue et il était possible de débiter jusqu'à 400 hectolitres de blé par jour avec une machine bien servie par un personnel nombreux. Enfin, la force des bras était remplacée par celle de la vapeur. Bien entendu, on rencontrait des problèmes. Il arrivait que le feu de la machine à vapeur se communique à la paille de la machine à battre !.

II.3.2 Motorisation

II.3.2.1 Utilisation de la vapeur

Tout a commencé avec la machine à vapeur. On sait que l'idée d'une force motrice liée à la vapeur est due à Denis Papin (1647-1712). Son mémoire, publié en 1687 avait pour titre : « Description et usage de la nouvelle machine à élever l'eau ». De l'eau chauffée produisait de la vapeur qui faisait monter un piston, puis la vapeur était évacuée et le piston, en redescendant, élevait une charge par l'intermédiaire d'une poulie. Mais c'est le mécanicien écossais James Watt (1736, 1819) qui mit au point la première machine à vapeur à peu près efficace, entre 1769 (dépôt du brevet) et 1776 (mise en service de l'appareil). En 1800, le brevet de base de Watt tomba dans le domaine public, ce qui permit à d'autres inventeurs de perfectionner la machine à vapeur. L'anglais Richard Trevithick (1771-1833) introduisit l'emploi de la haute pression de vapeur et créa des moteurs à la fois lourds et compacts. La vapeur continua d'être utilisée jusqu'en 1930 pour équiper des tracteurs industriels de forte

puissance et aussi des rouleaux compresseurs, le poids étant alors un avantage (**Dellenbach et Legros, 2001**).

II.3.2.2 Moteurs à combustion interne

En 1883, le moteur à pétrole de l'ingénieur Gottlieb Daimler ouvre la voie à l'utilisation des moteurs à combustion interne. On a fait une tentative en direction des semi-diesels, moteurs sans soupapes qui pouvaient utiliser à peu près n'importe quel carburant (huile, essence, etc.). Tournant lentement, ils étaient d'une résistance à toute épreuve. Mais ils étaient très difficiles à démarrer, très bruyants et faisaient subir aux hommes et à toutes les pièces accessoires des vibrations infernales.

Peu à peu le diesel s'est imposé bien que son fort taux de compression en rende parfois le démarrage difficile. Les premiers *tracteurs à essence* apparurent vers 1892, mis au point en Amérique par la société Case. Ils furent importés en France en 1894 lors d'un concours agricole (**Dellenbach et Legros, 2001**).



Figure 23: Mécanisation du travail du sol à l'intérieure d'une palmeraie (Garbati et al., 2012).

II.4 Les spécificités de la mécanisation en arboriculture fruitière

La spécificité de la mécanisation en arboriculture fruitière est conditionnée surtout par la protection du végétal, cette condition ça va donner une variable ajoutée pour celui qui veut faire une étude conceptuel d'une nouvelle machine. Le nombre d'interventions n'est pas semblable à celui du palmier dattier, mais le travail du sol il est primordial.

Les possibilités d'innovation apparaissent réduites car les marchés sont très limités et les coûts de recherche développement et très élevé. Le développement d'un nouveau produit est souvent le fruit d'améliorations de l'existant. La diversité des structures de production fruitière conduit à des demandes très diverses : la machine doit souvent être adaptée à l'exploitation (**Hennion et André, 2015**).

II.5 Conclusion :

L'agriculture a subi une profonde évolution en matière de mécanisation et motorisation des opérations agricoles, mais cette évolution n'a pas été évoluée de la même vitesse par rapport la filière de l'arboriculture. Ainsi la phœniciculture, malgré son importance en Algérie, souffre jusqu'à lors actuelle d'absence de la mécanisation des différentes opérations culturales.

CHAPITRE III : LA MECANISATION DE LA PRODUCTION PHOENICICOLE

III.1 Introduction

La mécanisation en phœniciculture est très importante, à travers ce chapitre nous allons exposer l'expérience de la mécanisation des opérations culturales du palmier dattier des pays phœnicicoles à l'échelle internationale avec la modeste expérience algérienne, sur laquelle nous allons tirer des conclusions.

III.2 Exemple de la mécanisation utiliser dans les palmeraies de la région de Ziban

Les agriculteurs utilisent le rétro chargeur pour les travaux du sol, pour la création d'une nouvelle palmeraie et pour les travaux d'entretien de chaque année.



Figure 24: Ameublissement avec rétro chargeur (Nourani, 2016).

III.3 Méthodes de récolte alternative

L'organigramme qui suit résume les différentes méthodes de récolte d'après **Shamsi (1998)**. C'est une autre point de vue, représentant une approche au typologie des méthodes de la technicité et la mécanisation possible dans la phœniciculture.

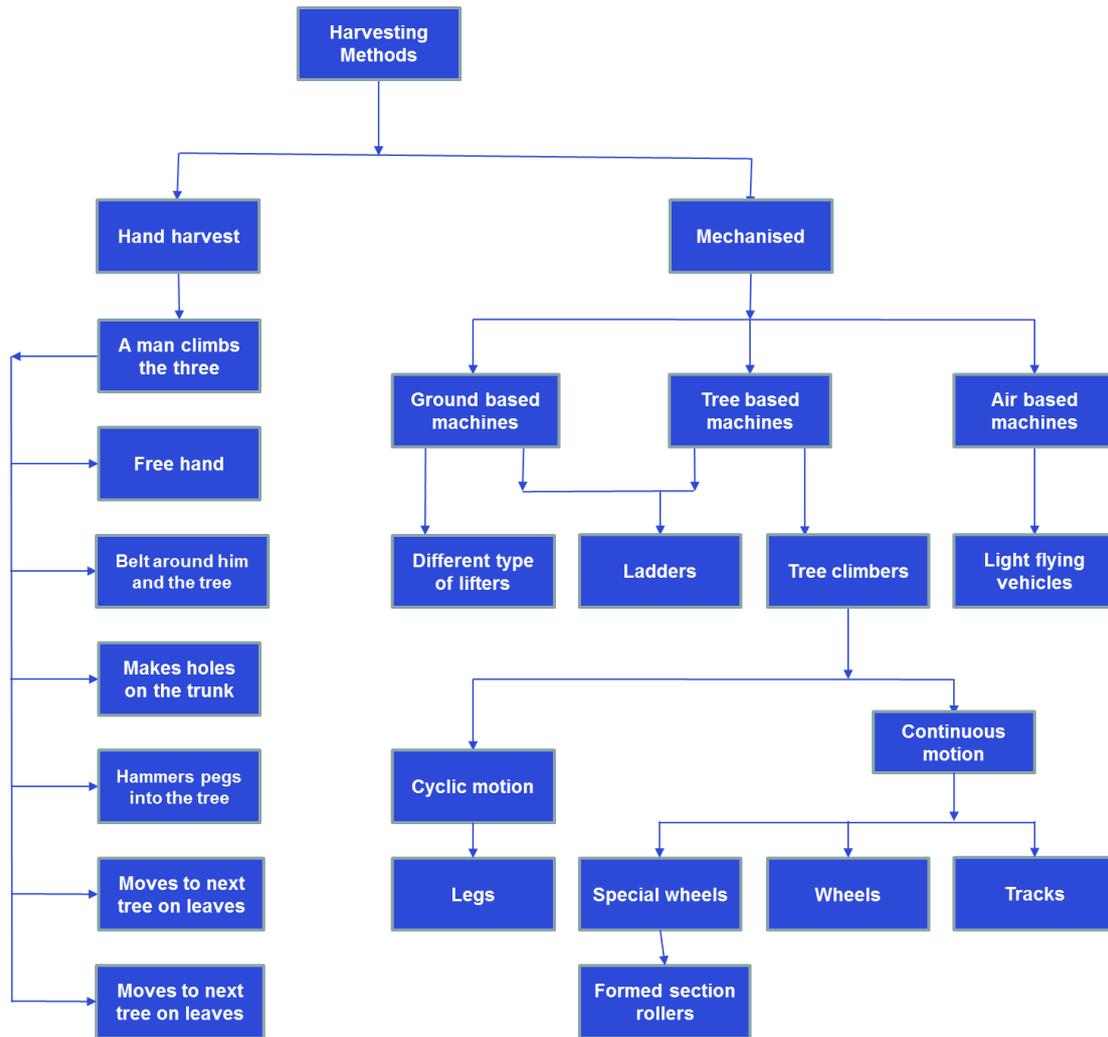


Figure 25: Organigramme des différentes méthodes de récolte alternative (Shamsi, 1998).

III.4 Machines terrestres

Selon Ali, et al., (1993), des critères de conception sont présentés pour le développement des machines qui vise l'entretien des couronnes de palmiers. Une plate-forme de service générique est introduite, avec une remorque universelle pour le transport, et le positionnement de la plate-forme.

Six différents systèmes de traitement de palmier dattier (PSS = Palm Service System) sont présentés par les figures qui suivent. Les systèmes de machines sont proposés en KSU. Il est conclu que toutes les nouvelles machines PSS possèdent un potentiel suffisant selon Ali, et al., (1993).

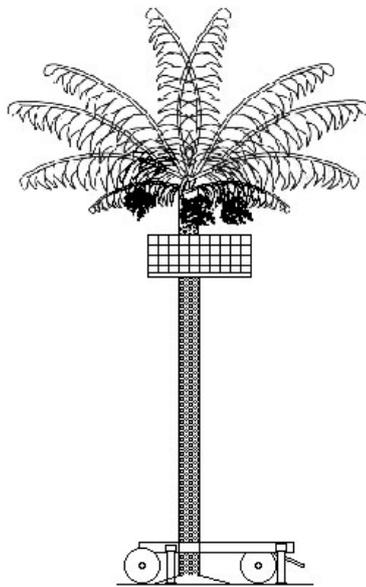


Figure 28: Palm Service System PSS-A (Ali, et al., 1993)

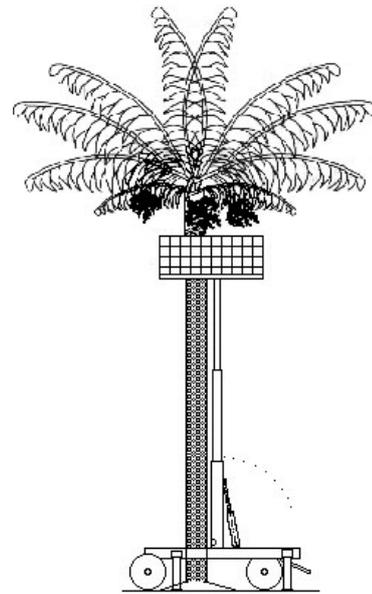


Figure 29: PSS-A en fonctionnement (Ali et al., 1993)

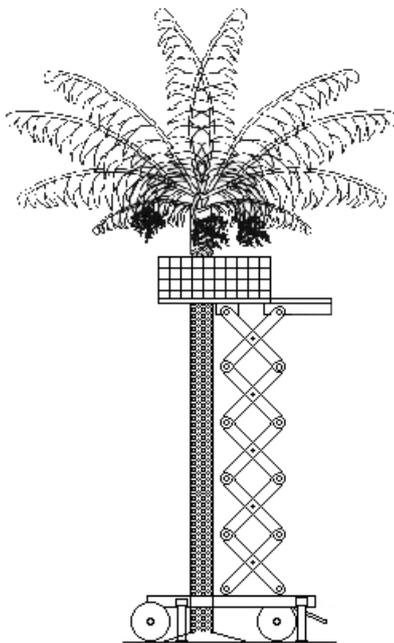


Figure 26: PSS-F. (Ali et al., 1993)

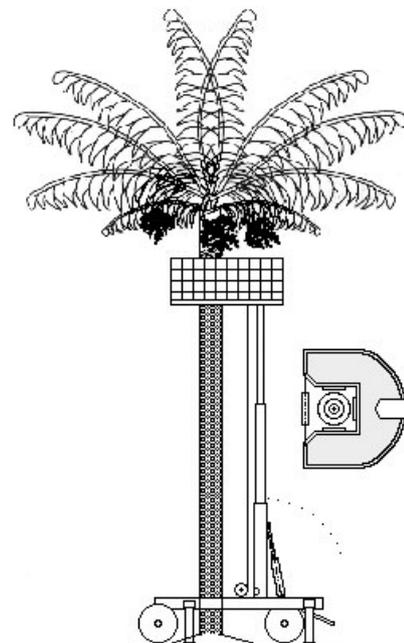


Figure 27: PSS-C (Ali et al., 1993)

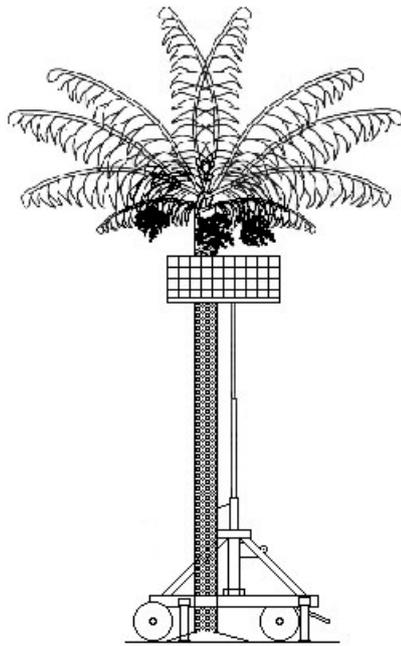


Figure 31: PSS-D (Ali, et al., 1993)

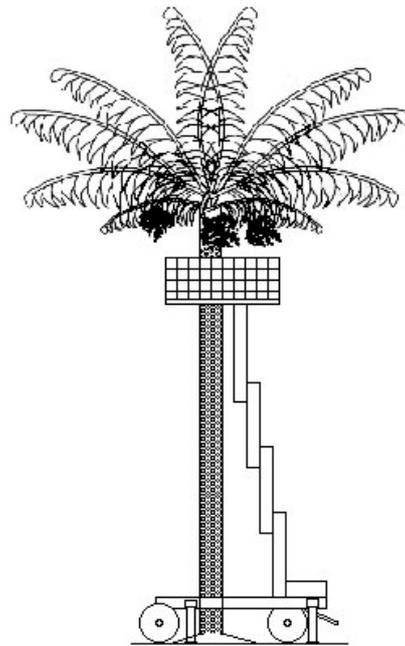


Figure 32: PSS-I. (Ali, et al., 1993)

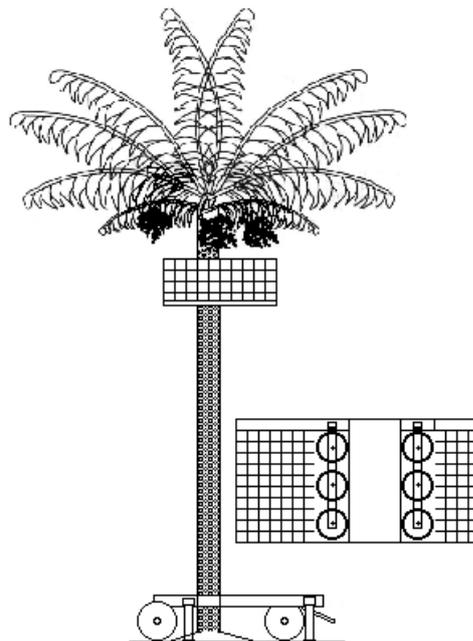


Figure 30: PSS-G (Ali, et al., 1993)

III.4.1 La plate-forme en forme de U

La plate-forme de service est en forme de U donne au travailleur la capacité à parcourir la majorité de l'arbre pour effectuer confortablement les différentes opérations. Le pont peut être plié Vers le bas pour aider l'opérateur à contourner l'arbre, puis se plié quand la machine est prête à bouger. La plate-forme est équipée d'une commande hydraulique, Treuil de fil à commande continue. Pour garder la plate-forme aussi bien que possible, un nivellement mécanique est développé. Il se compose de deux liaisons à quatre barres (**Fadel, 2005**).

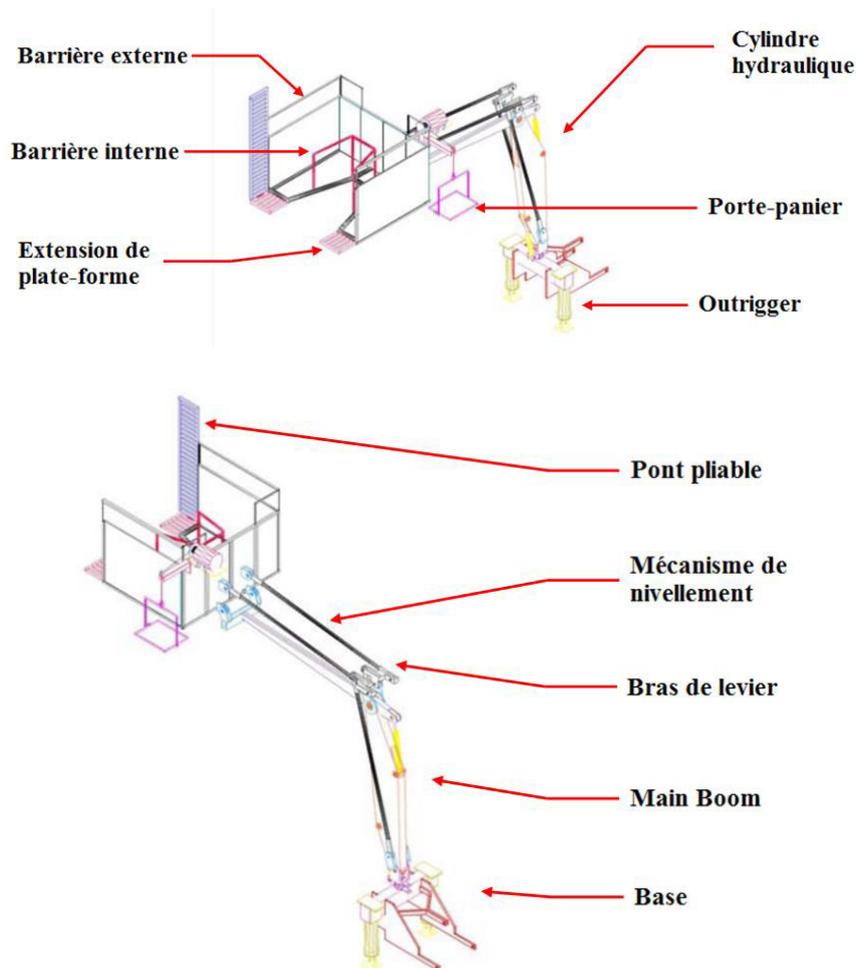
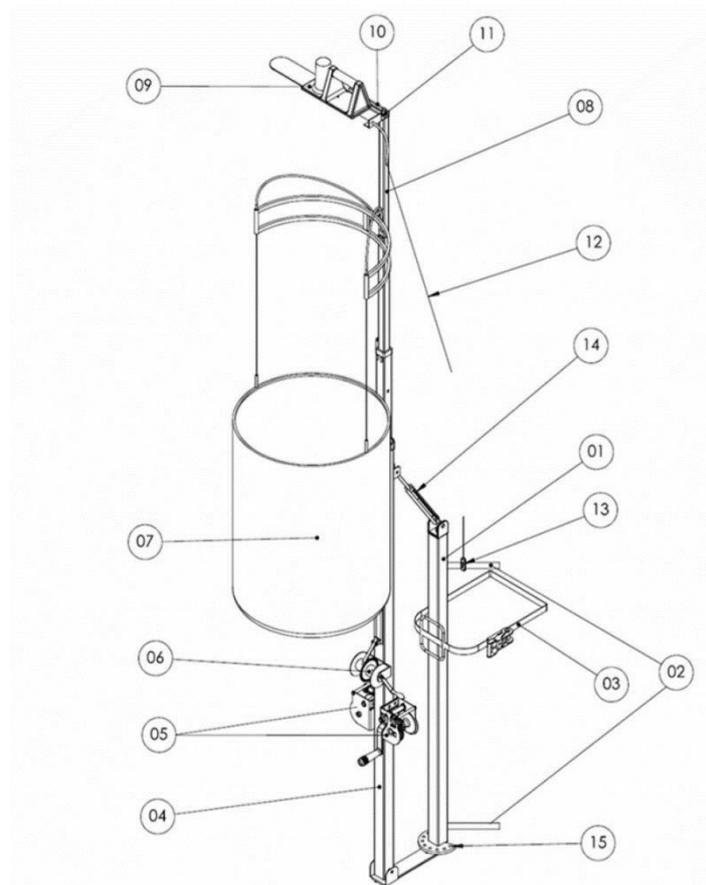


Figure 33: Deux dessins isométriques pour le système développé (Fadel, 2005).

III.4.2 La récolteuse algérienne

Le châssis est la structure rigide qui supporte tous les éléments constitutants de la machine et qui assure sa fixation sur le tronc du palmier. Il est constitué d'un tube carré de 50 mm de largeur et 1300 mm de longueur et muni de 4 pieds en forme d'arc au niveau des extrémités ; ces pieds prennent appui sur le tronc pour assurer la stabilisation de la machine ; deux axes sont fixés aux extrémités du tube qui portent les articulations (articulation supérieure et inférieure). Une sangle d'arrimage assure la fixation du châssis sur le tronc ; cette sangle passe par un anneau rectangulaire soudé au milieu du châssis. (Nourani, 2016).



01	Châssis	06	Enrouleur	11	Ressort du rappel
02	Pieds	07	Panier	12	Fil du Tirage
03	Sangle d'Arrimage	08	Support du Panier	13	Interrupteur
04	Mât Téléscopique	09	Scie à chaîne électrique	14	Articulation supérieure
05	Treuil Manuel	10	Bras supporte la scie	15	Articulation inférieure

Figure 34: Schéma de la récolteuse (Nourani, 2016).

III.4.3 Robot de terrain autonome, pulvérisateur et pollinisateur

Un prototype réduit a été conçu et se compose d'un contrôle visuel Bras robotique qui guide le jet d'un pulvérisateur monté directement dans les grappes de date, complètement autonome et à courte distance. Cet appareil robotique peut être remorqué par un tracteur standard exploité par un seul conducteur, sans travailleur humain fonctionnant dans les hauteurs. Le système a été modélisé mathématiquement, et l'effet de chaque composant sur la performance globale a été évalué par simulation. Les résultats ont été utilisés pour le réglage des paramètres expérimentaux du contrôleur système. Des expériences ont été faites pour évaluer la performance de suivi du système, de suivi guidé visuellement sur un seul arbre et une piste de 10m de long à une distance de 6m, ces dimensions ont été inspirées d'un verger typique (Shapiro et al., (2009)).

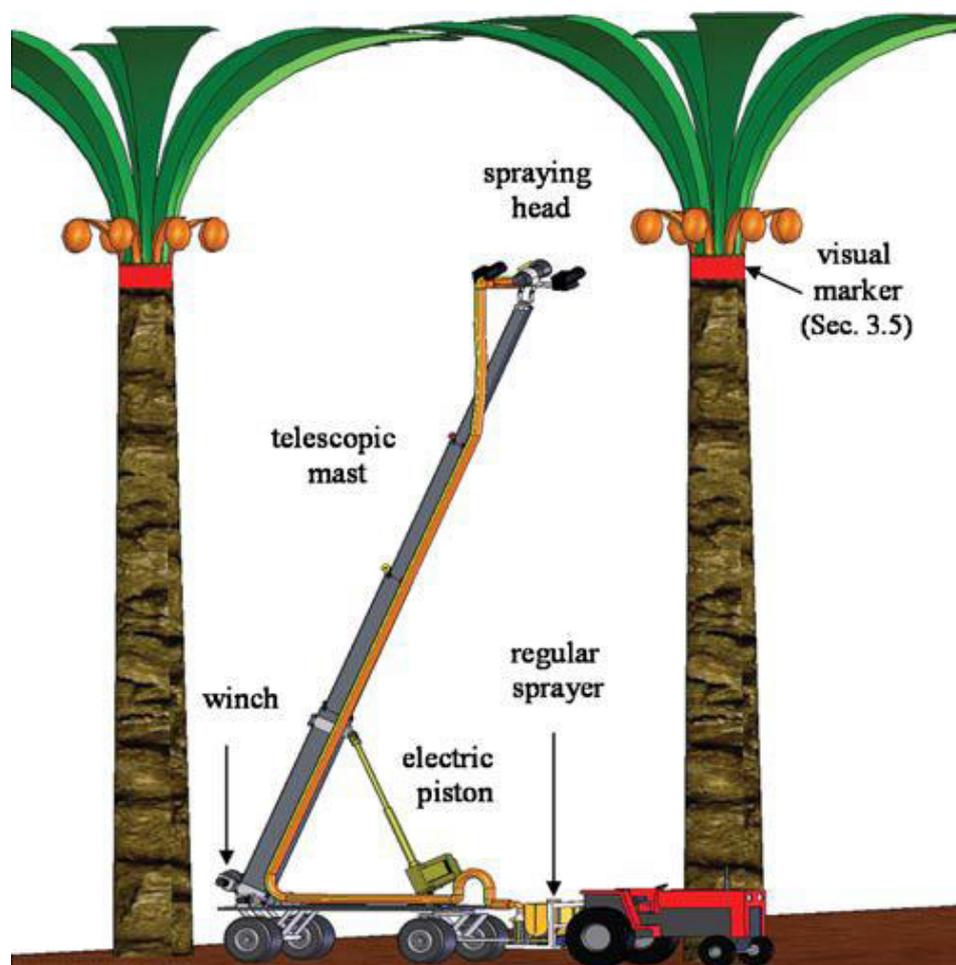


Figure 35: Schéma représentatif d'un robot qui pulvérise et pollinise les dattes (Shapiro, et al., 2009).

III.5 Machines à base d'arbres

En fonction de la classification mentionné par l'organigramme précédent (Shamsi, 1998) on distingue :

III.5.1 Échelles



Figure 37: Échelles en schéma (Garbati, 2012)



Figure 36: Échelles (Garbati et al., 2012)

III.5.2 Grimpeurs automatique d'arbres

Il est exploité Et contrôlé à partir du sol qui améliore la sécurité de l'opérateur. Une théorie de la traction verticale pour ce type de machine a été développée en fonction de la taille de l'arbre et les caractéristiques de la surface et la taille et le poids de la machine qui peuvent être utilisés pour la récolte des dattes de palmier dattier (Shamsi, 1998).

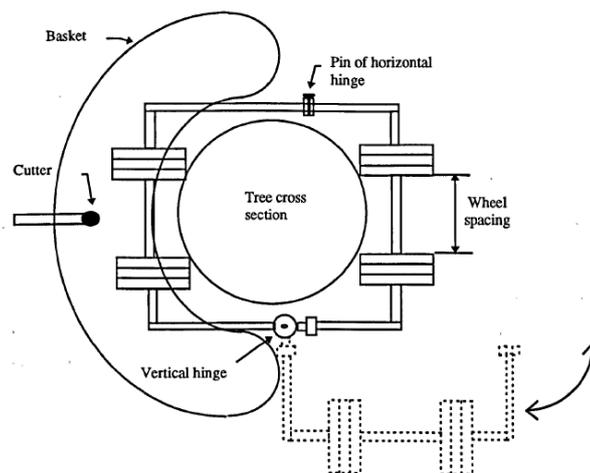


Figure 38: Vue de dessus de la machine (Shamsi, 1998).

La figure présente aussi une autre machine à base d'arbre

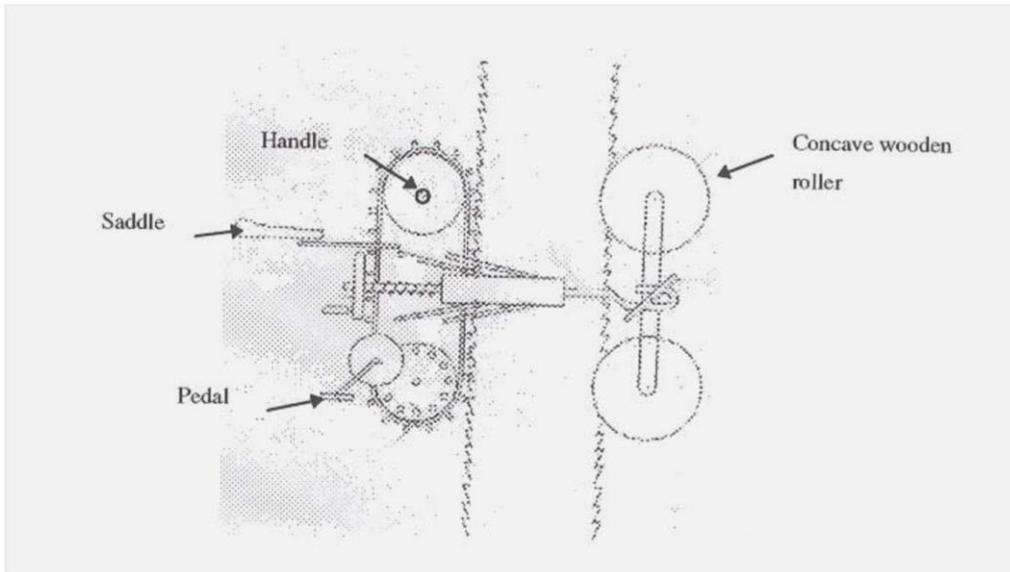


Figure 39: Machine à base d'arbre (Mazlounzadeh, et al., 2007).

C'est une innovation d'un appareil pour faire monter dans un arbre et pour effectuer des opérations spéciales au sommet. C'est une machine qui se connecte au tronc de l'arbre, elle et l'utilise comme support. Une réduction de la taille et du poids de cette machine est importante afin de l'utiliser dans les jardins de palmier est qui sont cultivées avec d'autres arbres. La machine proposée a été conçue par le logiciel informatique SolidWorks (**Keramat Jahromi, et al. 2008**).

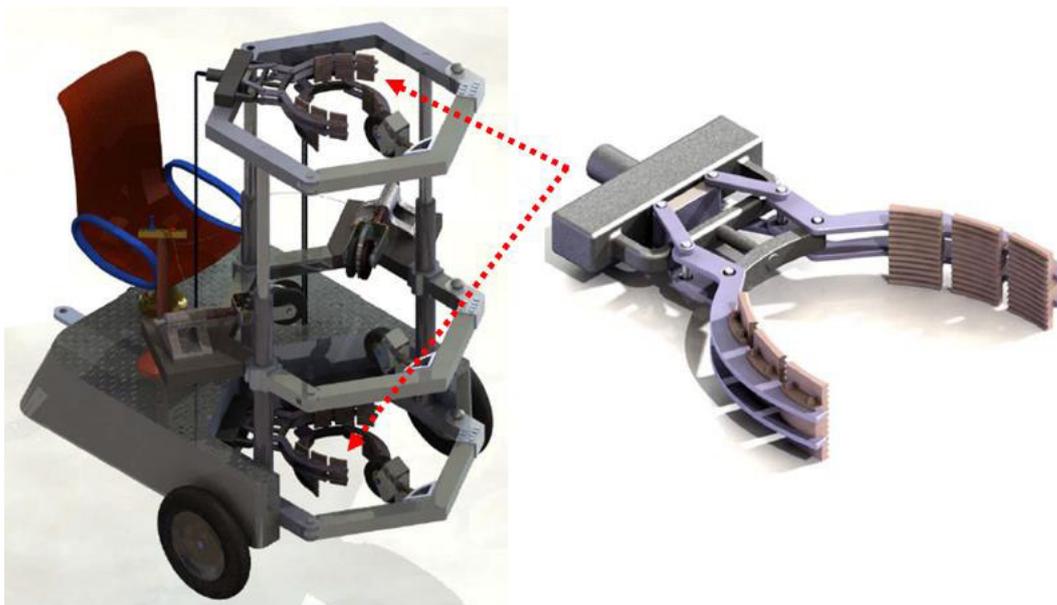


Figure 40: Appareil pour faire monter un arbre (Keramat Jahromi, et al., 2008).

III.6 Pollinisateurs :

III.6.1 Al-Nahreen pollinisateur

Al Nahreen pollinisateur est constitué d'un compresseur d'air entraîné par un moteur, monté sur un petit Handpulled chariot à deux roues. Le système est équipé de tubes en aluminium pour transporter le mélange au pollen zone floraison. Évaluation du rendement sur le terrain du système a prouvé ses performances supérieures par rapport aux éléments existants systèmes de pollinisation mécanique. Les résultats expérimentaux ont montré une augmentation considérable de l'efficacité sur le terrain, la capacité de champ et le nombre d'arbres qui peuvent être pollinisés par saison. En outre, la réduction considérable des besoins de main-d'œuvre, et coût de la pollinisation sont indiqués. Le nouveau pollinisateur se caractérise également par une grande fiabilité et efficace avec le contrôle de la dose d'application de pollen, réduisant ainsi le gaspillage de pollen de défauts minimum et surmonter associée à d'autres insectes pollinisateurs au niveau du sol (**Ibrahim, et al., 1987**).

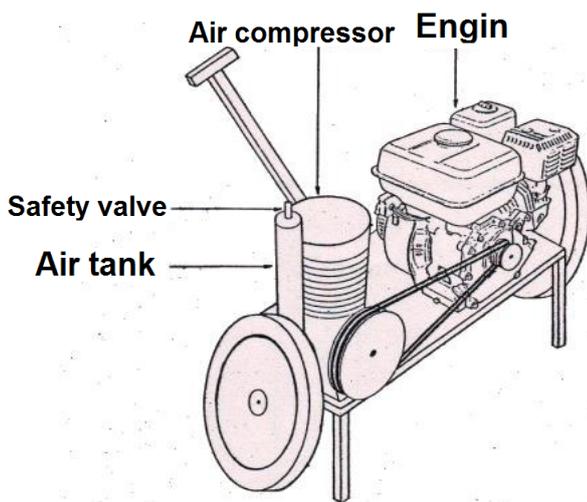


Figure 41: Schéma de principe du système d'application de pollen (Ibrahim, et al., 1987).

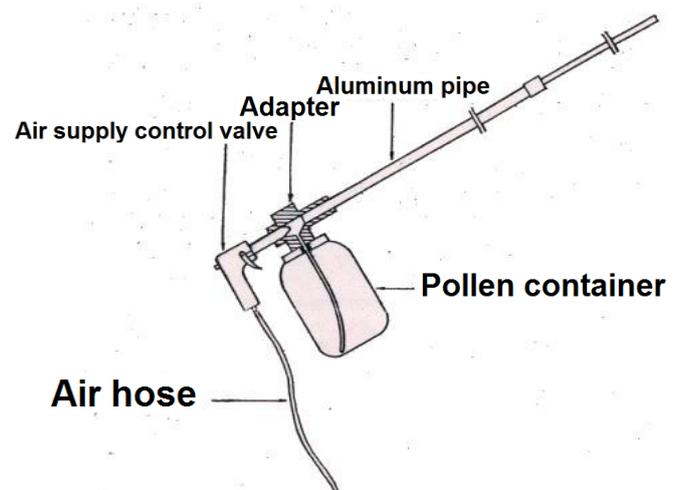


Figure 42: Schéma de principe du pollinisateur Al Nahreen (Ibrahim, et al., 1987).

A partir de l'essai de (**Bel Arrousse, 1994**), a conclu que la technique (semi-mécanique) ne garantie pas un bon résultat par rapport à la technique manuelle sur le taux de nouaison (**Boubekri, 2008**).

La pollinisation mécanique, diminue les efforts et les accidents signalés durant l'opération de la pollinisation traditionnelle. La pollinisation mécanique est une pollinisation effectuée par l'utilisation des appareils mécaniques, ces appareils sont différents par leur mode de fonctionnement selon (**Boubekri, 2008**).

Selon (**Boubekri, 2008**), à Biskra, un essai en 1984 a été réalisé pendant deux années successives sur deux variétés pour choisir le meilleur appareil pollinisateur, et leur influence sur le taux de nouaison, la quantité des dattes par apport la pollinisation manuelle, utilisés pour réussir la fécondation artérielle des inflorescences des dattiers femelles. Ils sont utilisés les appareils suivants :

HAWALA ;

KHALID ;

AMERICAINNE ;

ISKAINDARIA à pompe.

Et en 1985 sont utilise ;

HAWALA ;

BEBEL ;

HAMOURABI ;

JABONAISE (**El bikkr 1972 in Boubekri ,2008**).

➤ Caractéristique de chaque appareil

- Pollinisatrice de HAWALA

Constitué d'un petit soufflet de caoutchouc, fonctionne par une visse à pression reliev par un tube d'aluminium d'hauteur peut aller jusqu'à 8m, leur utilisation et très facile (**El bikkr, 1972 in boubekri, 2008**).

- Pollinisatrice de KHALID

Constitué par un cylindre à pression, relié par le contenu du mélange, et un tube d'aluminium de 8m, leur fonction manuelle va créer une pression (**El bikkr 1972 in Boubekri, 2008**).

- Pollinisatrices AMERICAINES :

Constitué d'un moteur de 4 chevaux, un récipient de mélange de pollen, tube d'Aluminium de 08 m, porté à dos (**El bikkr 1972 in Boubekri, 2008**).

- Pollinisatrice ISKAINDARIA de pression d'airs

Constitué de tube de caoutchoucs, résiste à forte pression de 40 m, ce dernier lié à autre tube d'aluminium de 8 m à 10m. Cet appareil utilisé dans les vergers (**El bikkr 1972 in Boubekri, 2008**).

- Pollinisatrice de HAMOURABI

Constitué d'un moteur d'une force de 4 chevaux et souffleur d'air attaché par une cave
(El bikkr 1972 in Boubekri, 2008).

- Pollinisatrice de JAPONAISE

- Pollinisatrice de BEBEL

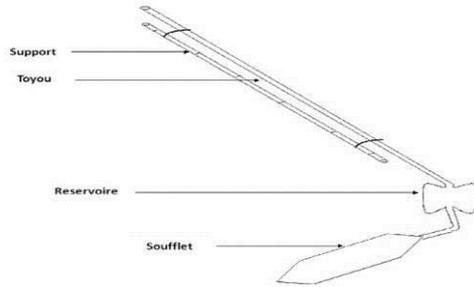


Figure 43: L'appareil de pollinisation semi mécanique (Bel Aroussi, 1994 in bel aroussi, 2008).

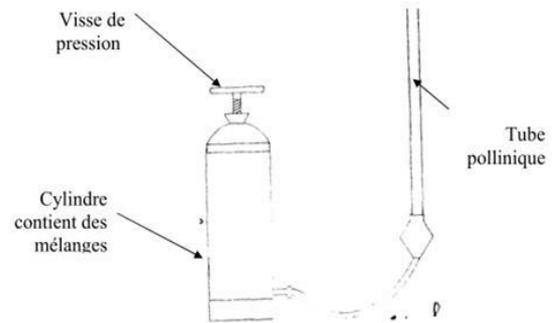


Figure 44: Pollinisatrice de HAWALA (Boubekri, 2008).

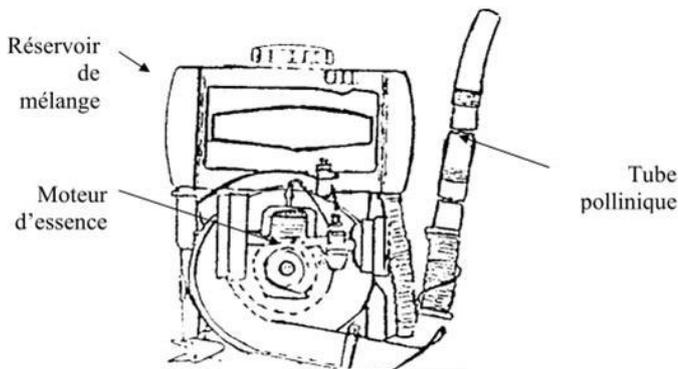


Figure 46: Pollinisatrice AMERICAINE (Boubekri, 2008).

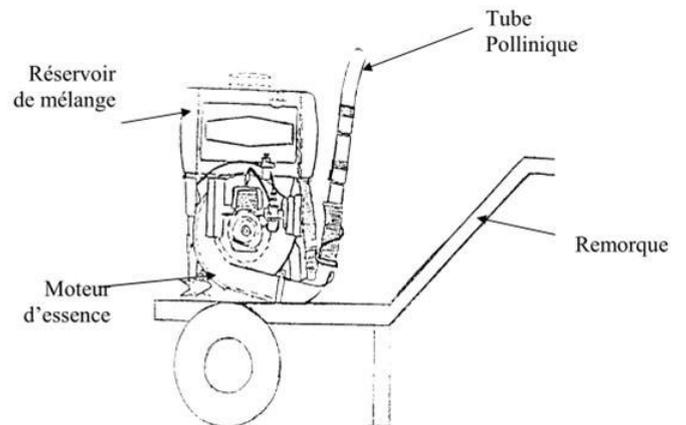


Figure 45: Pollinisatrice de HAMORABI (Boubekri, 2008).

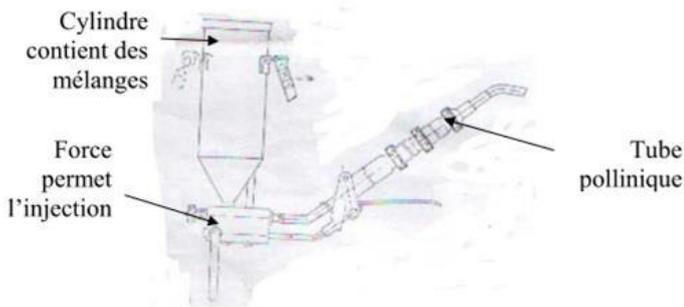


Figure 48: Pollinisatrice de BEBEL in (Boubekri, 2008).

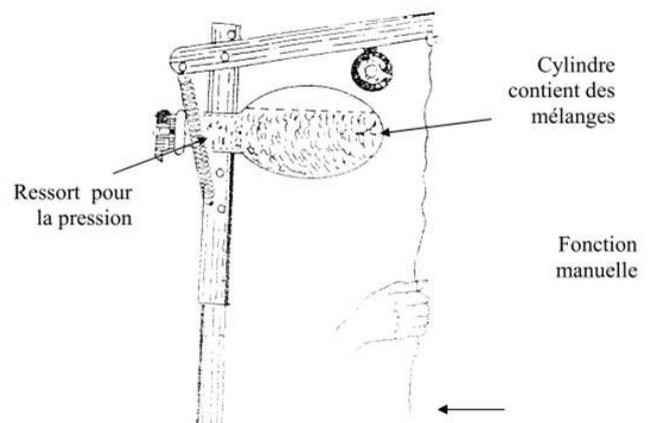


Figure 47: Pollinisatrice de KHALED (Boubekri, 2008).

III.6.2 Polinisateur algérien

Le pollinisateur réalisé, est constitué d'une poudreuse à main et d'une perche télescopique de 6 mètres de long. A la tête de la perche, l'un des deux bras de la poudreuse est fixé, l'autre est libre et muni d'un fil de tirage ; entre ces deux bras, nous avons placé deux baguettes en plastique en forme d'arc (Nourani, 2016).



Figure 49: Pollinisateur (Nourani, 2016)

III.7 Les pulvérisateurs

Les pulvérisateurs portés par le camion ou par un tracteur agricole, le principe et de pulvériser en avancement, ils sont utilisés surtout pour la lutte phytosanitaire.



Figure 50: Les pulvérisateurs portés par le camion ou par un tracteur agricole (Nourani, 2016).

III.8 Autres machines

Une pompe est l'une des techniques de base au niveau d'un oasis.



Figure 51: Moteur de pompage d'eau et un puits d'eau d'irrigation chez Laadjal.

III.9 Des outils mécaniques manuels

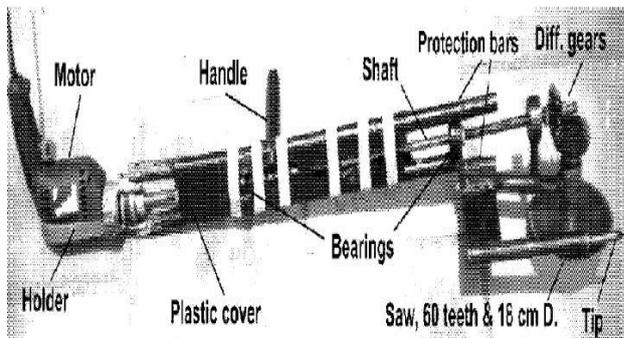


Figure 52: Élagueur (Nourani, 2016)



Figure 53: Élagueur pneumatique (Nourani, 2016)

Mosttan (2005), a mis au point une arracheuse manuelle de palmes qui se compose d'une barre en aluminium de 1.5 m, d'un mécanisme de pinces, de deux lames enclenchées par une pédale et de deux câbles pour transmettre le mouvement de la pédale aux pinces.

Le résultat de l'évaluation de ce dispositif a révélé que la section d'une palme dure 3 minutes au lieu de 10 minutes avec l'ancienne méthode. La hauteur maximale de travail de cet appareil est de 2,5 m.

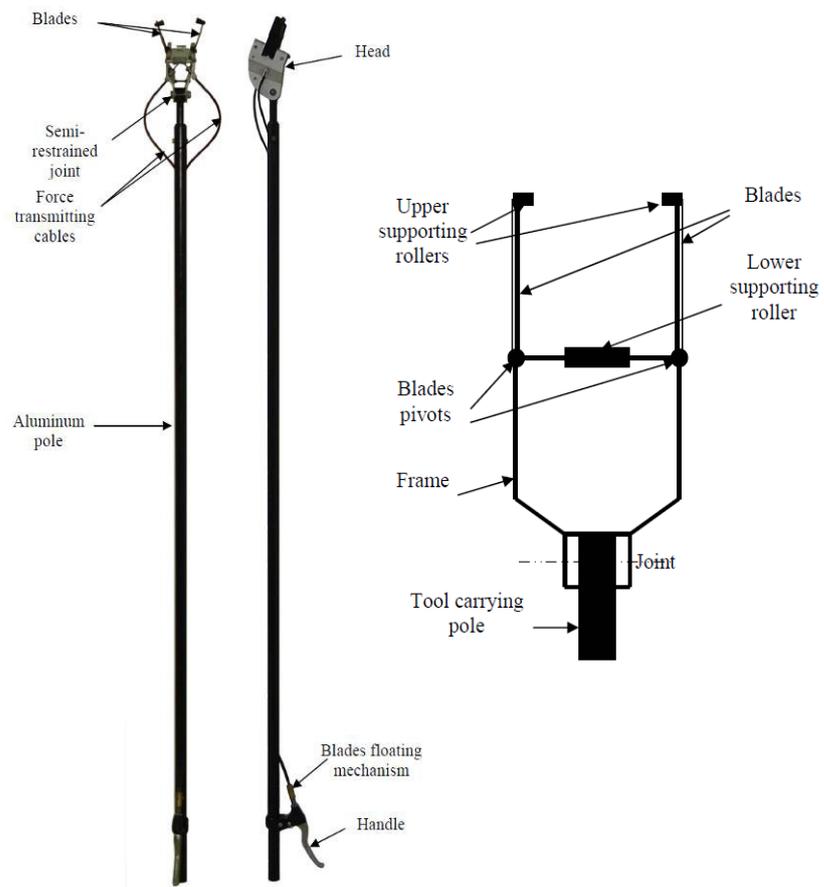


Figure 54: Arracheuse manuelle de palmes (Mosttan, 2005)

III.10 Conclusion

Le constat pratique et bibliographique montre une absence casé totale de la mécanisation durant toutes les phases de la production de datte particulièrement au niveau de la couronne en Algérie. Les opérations culturales restent jusqu'à l'heure actuelle traditionnelle, l'agriculteur fait beaucoup d'effort en montant et en descendant, avec tous les risques du travail au sommet du palmier dattier.

CHAPITRE IV : APPROCHES THEORIQUES

IV.1 Introduction

Ce chapitre est consacré pour la problématique de la mécanisation des opérations culturale du palmier dattier. Nous allons traiter la problématique du grimpage.

IV.2 Analyse sur la mécanisation de palmier dattier

A travers notre modeste étude bibliographique et nos connaissances pratiques sur la situation de la mécanisation des opérations culturales appliquées en phœniciculture et en Algérie d'une manière générale et à Biskra spécialement. Nous avons sortie avec l'analyse suivante : les travaux du palmier dattier se réalisent sur trois niveaux : l'ensemble des techniques et opérations culturales du palmier dattier sont résumés dans le schème global qui suit :

La figure qui suit résume clairement les différentes opérations effectuées durant la saison phoenicicole avec la précision du niveau de l'intervention culturale.

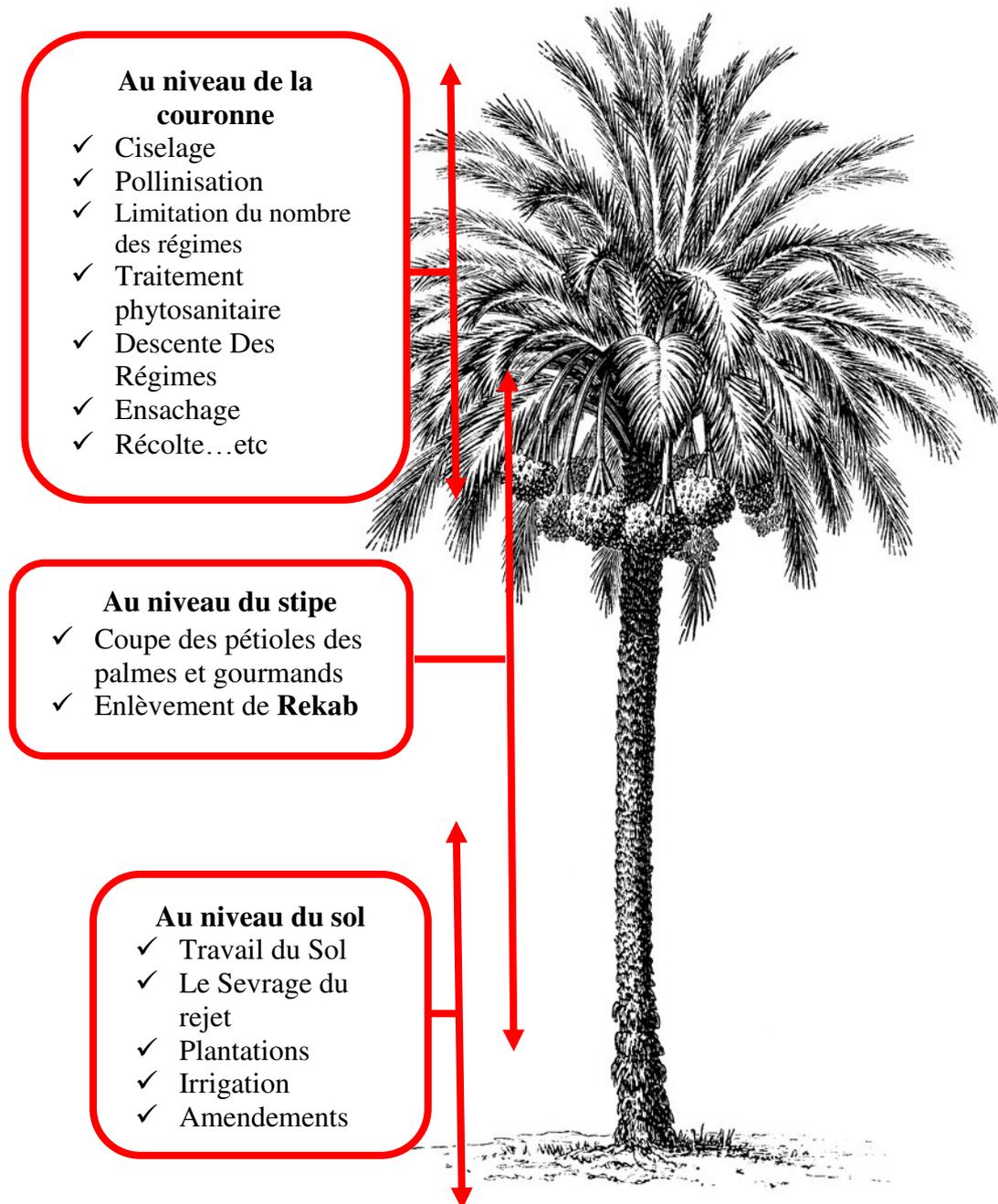


Figure 55: Récapitulatif des opérations culturales pratiquées à différents niveaux d'un un palmier dattier.

IV.3 Problématique des opérations culturelles de palmier dattier

Toutes les opérations culturelles qui touchent directement le palmier dattier en plein production sont pratiquées au sommet de cette plante. Toutes ces opérations sont pratiquées traditionnellement. L'acte le plus important pour réaliser une opération et l'acte de monter ou grimper. Cette pratique demande une main d'œuvre en bonne santé, expérimentée ou de métier.



Figure 56: Photo représentative de deux modes de grimpeurs.

IV.4 Principe de grimpage

L'escalade développe de nombreuses qualités physiques, comme la force musculaire, la souplesse, l'endurance musculaire, l'équilibre et de bonnes capacités psychomotrices. Elle sollicite particulièrement la musculature des bras, du tronc et des jambes (**Wikipédia**).

C'est le premier geste initiant l'escalade à soulever la corde par les mains. La corde qui forme le côté du triangle devient l'hypoténuse rapprochant ainsi l'opérateur plus du tronc (voir figure). La corde avec une position plus haute constitue un point d'appui sur lequel tire les deux mains avec le pied sur le tronc. Avec ces trois points d'appui le pied bas se trouve libéré et peut se déplacer vers le haut pour s'appuyer sur le tronc (**Guettaf et Hadid, 2011**).

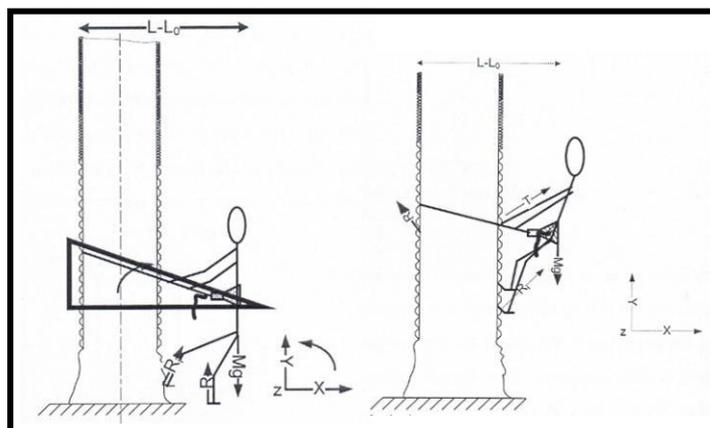


Figure 57: Principe de grimpage (Guettaf et Hadid, 2011).

IV.4.1 Problèmes de grimpage en phœniciculture

Avec les pratiques actuelles de monte et descend à chaque fois on réalise une opération au sommet de palmier dattier, la tâche est pénible pour les phœniculteurs mais elle est vitale et indispensable. Ces derniers, sont obligés de grimper plusieurs fois durant l'année culturale de Deglet Nour par exemple au moins **six fois** (monte et descend), l'opération de pollinisation prend l'appart du lion 3 fois en moyen par saison culturale.

Réflexion

Supposant que la hauteur moyenne du palmier dattier est de 6m, le grimpeur doit parcourir 6m d'aller et 6m de retour, donc 12m pour un seul palmier et pour une seule opération. Pour une seule opération le grimpeur fournit beaucoup d'effort musculaire pour monter, pour ne pas tomber et pour se déplacer autour de la couronne pour accomplir son opération efficacement.



Figure 58: Grimpeur d'un palmier dattier d'une grande longueur avec des pieds nus sans dispositifs de sécurité (Scozzari, 2007)

Calcul imaginaire de distance parcouru par un grimpeur durant l'année culturale :

Présumant qu'on a une palmeraie de 100 palmiers dattier, la hauteur est supposée de 6m. Le phœniculteur grimpeur doit monter :

- ✓ 3 fois pour la pollinisation ;
- ✓ 1 fois pour l'attachement ;
- ✓ 1 fois pour la récolte ;
- ✓ 1 fois pour le toilette du palmier.

Il grimpe 6 fois par saison culturale pour un seul palmier, donc 12m de monte et descend : Pour 100 palmiers il parcourt 120mètre.

$6 \times 120 = 720\text{m}/100 \text{ palmiers/an}$. Cette distance est proche de 1km d'escalade.

Mécanisation de grimpage

Mécaniser le grimpage du palmier dattier déjà est une solution qui va solutionner tous les autres opérations qui se pratiquent à la tête du palmier dattier.

IV.4.1.1 Quelques exemples de mécanisation de grimpage

Nous avons essayé de faire une synthèse des solutions proposées à l'échelle internationale. Ce que nous allons présenter est un petit voyage informatif très simple qui ne présente pas tous ce qui existe dans le domaine ; mais c'est un appui avec des étapes réfléchies pour expliquer à la fin notre modeste innovation. En allant de simple solution avec un petit exemple vers les systèmes les plus compliqués ou les engins les plus lourds.

A. Pourquoi pas un escalier ?

Solutionner le grimpage a commencé par des simples mécanismes, l'exemple d'un escalier est une proposition de base.



Figure 59: Ascension d'un palmier dattier d'environ 7m de hauteur avec une échelle extensible.

Avantages :

- Faciliter le grimpage,
- Opération devient rapide.

Inconvénients :

- Problèmes de sécurité ;
- Pour de déplacement de l'escalier à chaque fois en change on passe à un autre palmier.

B. Des machines et engins lourdes « nacelle »

Les engins conçus se sont des machines élévatrices, ils règlent le problème de grimpage, ces dernières sont connu par nom « nacelle » (**Figure 60**). Les nacelles phœnicicoles sont inspirées des nacelles utilisées pour des travaux réalisés au niveau des bâtiments et travaux publiques et utilisés aussi par les pompiers pour sauver la vie des gens (incendie...etc.). Ces machines sont très lourds, rendent la palmeraie comme un chantier des travaux publiques !. Sa cherté aussi, n'encourage pas les phœniciculteurs d'investir dans ce type d'engins, malgré le manque de main d'œuvre enregistré chaque année culturale. Et avec les nouvelles mises en valeur le problème de main d'œuvre ne cesse de s'accroître.



Figure 60: *Photo représentatif d'un engin destiné pour les travaux de la phœniciculture.*

Source : <http://www.afon.com/products/date-machines> 25/06/2019 (18:39)



Figure 61: *Machine de récolte des dattes sèches par vibration.*

Source : <http://www.aravard.org.il/portfolio-view/machinery-and-technology/#prettyPhoto> 25/06/2019 (18 :47)

Avantages des nacelles

- Facilite le grimpage ;
- Elimine le problème de la longueur de palmier dattier ;
- Réaliser toutes les opérations de la couronne aisément ;
- Règle le problème de la main saisonnière ;
- Réduit les couts de production ;
- Respect des délais.



Figure 63: Exemple de l'avantage des nacelles phoenicicoles.

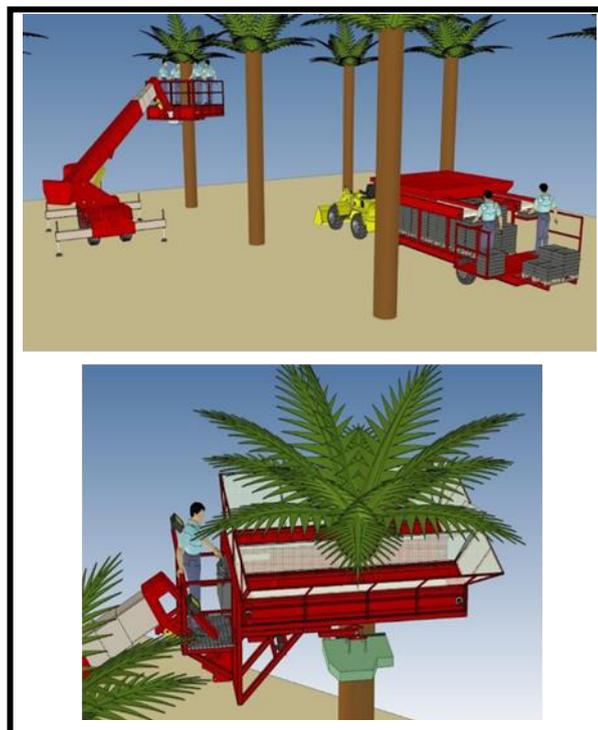


Figure 62: Exemple de conception des nacelles en utilisant la CAO.

Source : <https://www.hollandagrimachinery.nl/dates-machinery/> 25/6/2019 (18 :08)



Figure 64: Exemple d'un système de récolte des dattes sèches «Stipe secoueur».

Cet exemple représente l'une des systèmes conçus spécialement pour la récolte des dattes sèches en Palestine. C'est un système qui se base sur le principe de secouage inspiré des machines de récoltes en arboriculture l'exemple de l'olivier.

Inconvénients

Le problème de ces machines en arboriculture comme en phœniciculture, ils doivent respecter la sécurité des tiges et de l'arbre en générale. L'acte de secouer peut-être agressif pour le stipe et le palmier dattier. Le concepteur doit respecter la nature de palmier dattier.

C. Plate-forme fixe aérienne

Les concepteurs par le biais de cette proposition, visent de mettre l'ouvrier très à l'aise, réduit l'effort de l'ouvrier. Parmi ces propositions on a trouvé un système fantastique dans un pays de golf, ils ont construit une plate-forme géante fixe avec des escaliers (**Figure 65**), cette dernière est probablement une plate-forme utilisée par des chercheurs pour suivre toutes les opérations culturales de la couronne et tout le cycle végétatif du palmier dattier.

Avantages :

- Facilite le suivie de tout le cycle du palmier dattier ;
- Maitriser les opérations culturales du palmier dattier.

Inconvénients

- C'est un système fixe. Elle n'est pas pratique pour une palmeraie ;
- Couteuse (structure géante).



Figure 65: Plate forme aérienne fixe (pays de golf).

IV.5 Conclusion

Certes nous n'avons pas cité tout les cas, mais nous avons touché plus les principes les plus adoptés dans le domaine de mécanisation des opérations culturales du palmier dattier. A travers cette revue bibliographique rapide on conclu que ces deniers présentes un grand danger pour les sols agricoles des palmeraies, problèmes lies au tassement, ils dégradent la qualité du sol puisque ces engins vont transformer la palmeraie en un chantier ; ils éliminent dans le temps les cultures intercalaires ; leurs chertés, lui rend aussi non sollicités par les phoeniciculteurs.

CHAPITRE V : PROPOSITION D'UN NOUVEAU SYSTEME

V.1 Introduction

La culture du palmier dattier est la colonne vertébrale du système de production oasien en Algérie. Notre objectif principal est de proposer une solution aux opérations culturales en fonction de toutes les propositions que nous avons vues. Le constat pratique ; ainsi notre approche théorique met l'accent sur le problème de base ; sur lequel nous allons édifier notre modeste proposition. Les opérations culturales restent jusqu'à l'heure actuelle traditionnelle, l'agriculteur fait beaucoup d'effort en montant et en descendant, avec tous les risques du travail au sommet de palmier.

Il est temps de penser à d'autres types de systèmes de mécanisation pour les palmeraies tout en respectant réellement nos besoins socio-économiques, nos conditions climatiques, pédologiques, hydrauliques et culturales.

V.2 Critères de réponse du système aux besoins

Le développement de la mécanisation des opérations culturale du palmier dattier est une condition vitale pour l'amélioration de la production des dattes quantitativement et qualitativement. Cette mécanisation est condamnée à répondre à des critères de réponse aux besoins des zones phoenicoles et des besoins de phoeniculteurs ; la proposition doit répondre à :

- La culture de palmier dattier ;
- Le coût d'investissements ;
- Les conditions de culture dans ces zones ;
- La technicité des agriculteurs ;
- Le problème de la main d'œuvre saisonnière.

*** Conception d'un nouveau système d'opérations culturale du palmier dattier adapté**

La nécessité de concevoir un système de mécanisation des opérations du palmier dattier adapté aux besoins socio-économiques en premier lieu et aux diverses conditions en second lieu semble une urgence pour donner un nouveau souffle au développement de la phœniciculture en Algérie.

Un plan d'action qui respect l'aspect multi-cultural d'une palmeraie ou « Djanan » assuré par un système de déplacement entre les palmiers dattiers semble très avantageux. « » entre les couronnes des palmiers voisins dans la palmeraie tend à donner plus et de palmier et un autre palmier voisin au sol le long des heures de travail des ouvriers phoenicicoles.

** Proposition d'une*

L'introduction d'un nouveau système de mécanisations des opérations réalisé au sommet de palmier dattier succédant aux systèmes déjà préposés doit dépasser tous les inconvénients de ces derniers. Nous avons passé en revue les avantages et les limites de ces systèmes proposés.

V.3 Méthodologie de la conception

La conception du système répond à des exigences du système de production traditionnel, elle s'adapte aux différentes conditions du terrain et exigences du palmier dattier.

Avant d'entamer toutes tentatives de conception, il est impératif d'établir un plan du travail visant l'aspect théorique et l'aspect pratique du système.

D'après **Lewkowitch; Montmayeur in Boukehil, 2004**, la conception comporte plusieurs étapes qui se résument en :

Problématique :

1. Nécessité d'une conception :
 - L'évaluation concerne quoi ?
 - Résultats attendus de l'évaluation.
2. Etude fondée correspond-elle aux analyses réelles des besoins ?
3. Etablissement du cahier de charges et des caractéristiques préliminaires correspondants à la description des fonctions que remplirait le système.

Maquette :

1. Cette étape correspond à la réalisation d'une ou plusieurs fonctions du système ; elles sont considérées comme représentatives de celui-ci.
2. Ecriture des caractéristiques propres au système conçu correspondant à la description détaillée des fonctions réalisées par le système (interprétation des résultats).

Prototype :

Ecriture des caractéristiques finales qui correspondent à la description détaillée des fonctions réalisées par le système.

Réalisation industrielle du système

La méthodologie de travail adoptée consiste à prendre en considération les étapes citées précédemment avec les modifications suivantes :

- Problématique et étude théorique ;
- Maquettage ;
- Prototypage ;
- Réalisation industrielle du système.

V.4 Etude conceptionnelle

V.4.1 Description générale

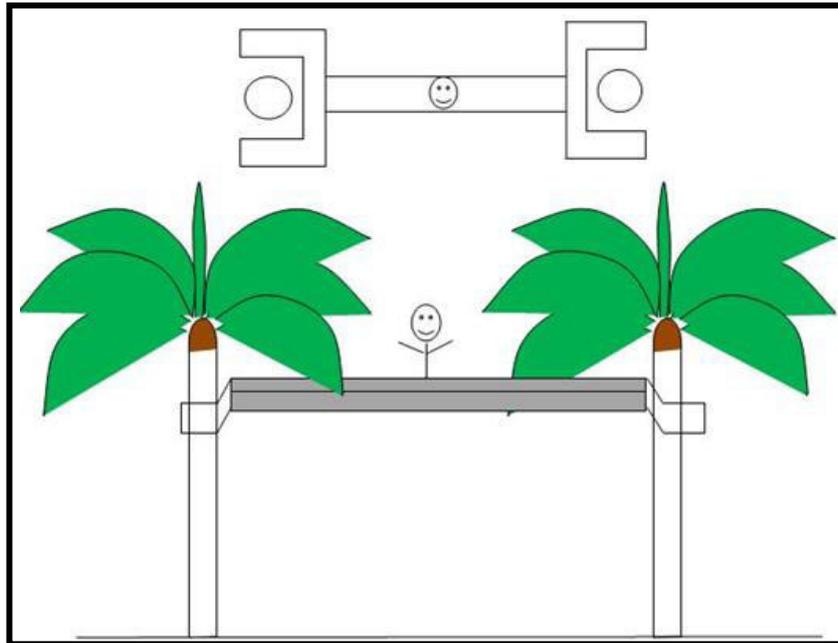


Figure 66:

1. Fixation
Rotation
3. Variation de
Connexion-
Déplacement

V.4.2 Description générale de fonctionnement du système

1- Système de fixation de la passerelle

Le système de
d'une manière convenable qui respecte la nature du tronc (blessures et assure la sécurité de
l'agriculteur)



Figure 67: Exemple d'une plate-forme fixe en KSA.

Source : <https://www.shamco.info/dates-machinery/> 26/06/2019 (17 :50)

2- Système

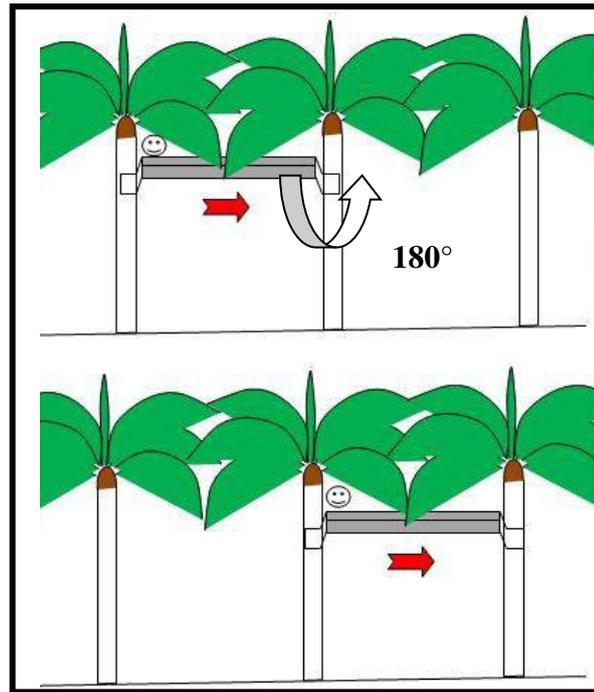


Figure 68: Schéma représentatif

V.4.3 Principe de déplacement au niveau de la parcelle

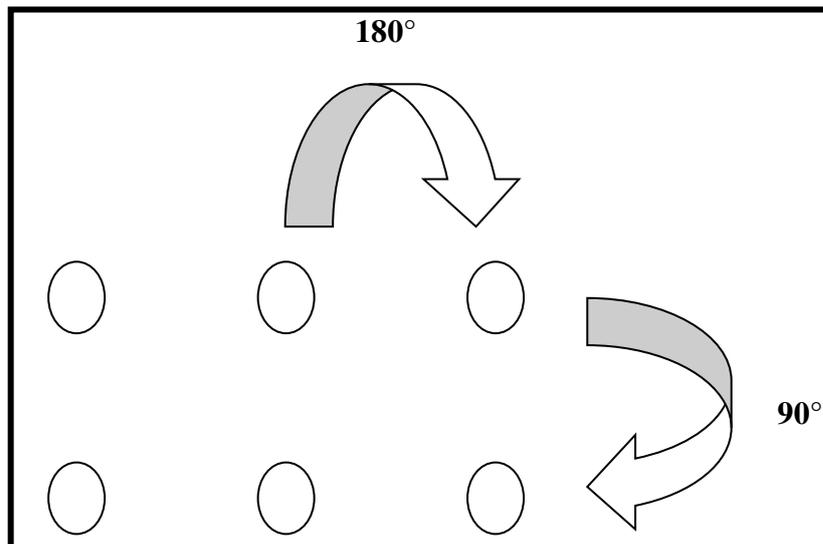


Figure 69: Les deux modes

V.4.4 Restrictions

Pour la conception, certaines restrictions doivent être prises en considération pour assurer le bon fonctionnement .

→ Une partie du cahier de charge technique

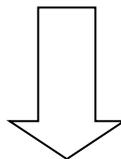
Ne pas endommager le faux tronc = La charge de la machine elle-même

Il faut prendre en considération :

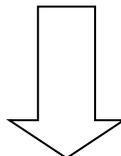
+ La charge du personnel (ouvriers)

+ La charge des équipements manuels

+ La charge de la récolte unitaire



→ La résistance du stipe doit être supérieure >> à la somme des pressions
produites par portés



$$RS \gg \sum P$$

Dans ces conditions la structure :

- ✓ En une forme d'une structure spatiale ;
- ✓ Construite par une matière légère et résistante ;
- ✓ Préférer les mécanismes à base de câbles et de télécommande.

CONCLUSION GENERALE

La culture du palmier dattier est la colonne vertébrale du système de production oasien en Algérie. Malgré son importance, elle souffre jusqu'à l'heure actuelle d'une absence quasi totale de la mécanisation aux différentes opérations culturales de palmier dattier. Le constat pratique et bibliographique montre une absence totale de la mécanisation durant toutes les phases de la production de datte particulièrement au niveau de la couronne en Algérie. Les opérations culturales restent jusqu'à l'heure actuelle traditionnelle, l'agriculteur fait beaucoup d'effort en montant et en descendant, avec tous les risques du travail au sommet du palmier dattier.

Le développement de la mécanisation des opérations culturale du palmier dattier est une condition vitale pour l'amélioration de la production des dattes quantitativement et qualitativement.

Sur la base de ces réflexions, on conclue que les concepteurs des machines qui existent sur le marché ont donnés beaucoup d'importance pour résoudre le problème de pénibilité de la tâche d'un grimpeur. Malgré l'existence de ces machines sur le marché international, ces engins restent toujours une solution régionale spécifique pour chaque pays phoenicicole. Ces technologies restent loin d'être à la portée de nos phoeniciculteurs. Les raisons sont multiples (économiques, sociologiques, ...etc). Les concepteurs des machines destinées pour la phoeniciculture ne pensent qu'à résoudre le problème d'un seul palmier puis généraliser la solution ce qui a créé beaucoup de problèmes. Alors que notre conception prend en considération la palmeraie premièrement pour résoudre le problème du palmier dattier secondement.

Pour ancrer un nouveau système de mécanisation du palmier dattier ayant les normes dictées par le milieu et les besoins socio-économiques.

Des moyens plus avancés pour une réalisation future sont indispensables pour affronter les conditions diverses du terrain et voir la possibilité de réaliser et d'installer un protocole expérimental plus sophistiqué.

L'avancement dans notre conception et réflexion, a fait surgir des problèmes qui ont enrichis nos connaissances ainsi qu'ils nous ont mis devant des problèmes réels. Ces derniers

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ali thwainy, Akyurt mehmet et Abu-mansour t. M., 1993. Choice of a service system for palm trees [Revue]// Journal of Islamic Academy of Sciences. - [s.l.] : Agricultural Technology, 1993. - pp. 73-81.

Babahani, 2010. La recherche sur le palmier dattier au département des sciences agronomiques de Ouargla : situation et perspectives. Recueil. Workshop sur l'Agriculture Saharienne : Enjeux et Perspectives Université Kasdi Merbah – Ouargla - le 03 mai 2010.

Babahani, 2010. La recherche sur le palmier dattier au département des sciences agronomiques de Ouargla : situation et perspectives. Recueil. Workshop sur l'Agriculture Saharienne : Enjeux et Perspectives Université Kasdi Merbah – Ouargla - le 03 mai 2010.

Benziouche Salah Eddine et Chehat Foued, 2010. La conduite du palmier dattier dans les palmeraies des Zibans [Revue]// European Journal of Scientific Research. - [s.l.] : EuroJournals Publishing, 2010. - 4 : Vol. 42. - pp. 644-660.

Bernard Hennion et Nicolas André, 2015. Mécanisation en l'arboriculture fruitière : Besoins et verrous. Synthèse Mars 2015. Ctifl.

Boubekri Fatiha, 2008. Synthèse bibliographique sur les différentes techniques de la pollinisation du palmier dattier (l'I.N.R.A.de Touggourt) [Conférence]. - 2008.

Boukehil khaled, 2004. Conception et réalisation d'une prise d'eau et d'énergie pour une rampe frontale. Mémoire de magistère / Ecole nationale supérieure agronomique (ENSA). - ALGER : [s.n.], 2004.

Dellenbach et Jean-Paul Legros, 2001. Données historiques sur le développement du machinisme agricole. Académie des sciences et lettres de Montpellier. Séance du 19/11/2001. Conférence n°3763.

Fadel Moustafa A., 2005. Development of a tractor-mounted date palm tree service. - [s.l.] : Emir. J. Agric. Sci., 2005.

FAOstat, 2018. Rapport annuelle.

Firenze Istituto Agronomico per l'Oltremare Università degli Studi di Italian machinery and equipment for date palm field operations [Revue] / éd. Francesco Garbati Pegna Massimo Battaglia, Carlo Bergesio. - **2012.** - www.libyandates.com.

Garbati Pegna Francesco, Massimo Battaglia, Carlo Bergesio, 2012. Italian machinery and equipment for date palm field operations. Istituto Agronomico per l'Oltremare. Edited by Francesco Garbati Pegna, Massimo Battaglia, Carlo Bergesio. Edited by University of Florence 2012.

Garbati Pegna F., 2008. Self-moved ladder for date palm cultivation [Conférence] // Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems. - Ragusa : [s.n.], 2008. - francesco.garbati@unifi.it.

Ibrahim A.A., Al-Shaikhly K.J et Yousif Y.G, 1987. Development of a new ground level pollinator for date palm [Rapport] / Agric Water Reso.Res. - Baghdad : [s.n.], 1987. - <http://www.iraqi-datepalms.net>.

Jennifer Bernard 2011. Conception de systèmes de production innovants dans une dynamique d'intensification laitière - Cas des exploitations de polyculture-élevage relevant des périmètres de la réforme agraire dans le municiple d'Unai-MG, Brésil. Agronomie. Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier - AGRO M, 2010. Français.

Keramat Jahromi M, Mirasheh R et Jafari A, 2008. Proposed Lifting Model for Gripper Date Palm Service Machines [Revue] // the CIGR Ejournal. - Karaj : [s.n.], October 2008. - University of Tehran.

Labrousse G., 1966. Les exigences de la mécanisation agricole dans les pays en voie de développement. Congrès ACIER 1966. Luxembourg- les 25-26 et 27 octobre 1966.

Lakhdari F., 2010. Rôle de la Recherche / Développement dans la durabilité et la performance des agro systèmes sahariens. Recueil. Workshop sur l'Agriculture Saharienne : Enjeux et Perspectives Université Kasdi Merbah – Ouargla - le 03 mai 2010.

Mazlounzadeh S.M et Shamsi Mohsen, 2007. Evaluation of alternative date harvesting methods in Iran [Revue] // Acta horticulturae. - Kerman : [s.n.], 2007. - 44 : Vol. 736.

Mosttan Ahmed, 2005. Development of date palm dethroning device [Conférence] // International conference on Mango and Date Palm: culture and export. - Faisalabad : University of agriculture, 2005.

Nourani Ahmed, 2016. Etude conceptuelle des machines et proposition des techniques pour différentes opérations culturales en phoeniciculture [Rapport] : Thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences agronomiques / Ecole nationale supérieure agronomique (ENSA). - ALGER : [s.n.], 2016.

Sedra moulay hassan, 1998. Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc techniques phoénicoles et création d'oasis [Revue]. - Rabat : INRA, 2003.

Shamsi Mohsen, 1998. Design and development of a date harvesting machine [Rapport] : PhD thesis / University of Cranfield. - UK : [s.n.], 1998.

Shapiro Amir, Korkidi Eran et Demri Amnon, 2009. Toward elevated agrobotics:development of a scaled-down prototype for visually guided date palm tree sprayer [Revue] // Journal of Field Robotics / éd. Periodicals Wiley. - 2009. - pp. 572–590. - www.interscience.wiley.com.

Toutain G., 1967. Le palmier dattier culture et production [Revue] // Al Awamia. - Rabat a Tanger : Editions Marocaines et internationale, 25 Octobre 1967. - pp. 84-151.

LIENS

- <http://www.afron.com/products/date-machines> 25/06/2019 (18:39)
- <http://www.aravard.org.il/portfolio-view/machinery-and-technology/#prettyPhoto> 25/06/2019 (18 :47)
- <https://www.hollandagrimachinery.nl/dates-machinery/> 25/6/2019 (18 :08)
- <https://www.shamco.info/dates-machinery/> 26/06/2019 (17 :50)
- <http://www.ctd.tn/fr/fertilisation-et-travail-du-sol-181.html> (CTD, consulté le 05 /04/2018)
- <http://www.cmgp.ma/wp-content/uploads/2016/12/Dattier.pdf> 18/07/2019 (08 :34)
- <http://insid.dz/realisation/did/D6.pdf> 18/07/2019 (08 :34)