

# Petite motorisation et exploitations maraîchères de taille limitée du Sahel tunisien. Partie 1: Etude diagnostique

S. Chehaibi<sup>1,2</sup>, J.G. Pieters<sup>1</sup> & R.A. Verschoore<sup>1</sup>

Keywords: Motor hoe- Walking tractor- Low power machinery

## Résumé

*Les possibilités d'introduction de la petite motorisation dans le secteur maraîcher du Sahel tunisien ont été étudiées par la conduite d'une enquête auprès d'exploitants maraîchers de la région visant la collecte de données précises sur les caractéristiques de l'exploitation (taille et nombre de parcelles, spéculations pratiquées, mécanisation adoptée, etc.), et le diagnostic de la petite motorisation disponible sur le marché local (nature, puissance, etc.). Les résultats ont montré une dominance des exploitations de petite taille constituées pour la plupart de deux parcelles séparées et pratiquant plusieurs spéculations. Au niveau de ces exploitations qui sont gérées dans la majorité par des agriculteurs jeunes mais d'une grande expérience, seul le travail du sol était entièrement motorisé. La motorisation faisait appel à des engins de traction de taille et puissance importante (plus de 50 kW). Au niveau du marché local, la petite motorisation était représentée par des motohoues de puissance comprise entre 5 et 7 kW, des motoculteurs dont la puissance est comprise entre 6 et 10,5 kW et de deux types de petits tracteurs de puissance respective 12 et 16 kW. Il s'est avéré que toutes les opérations culturales motorisées disposaient des outils attelables correspondants. De même, plusieurs autres opérations pouvaient être motorisées (binage, butage, traitement phytosanitaire).*

## Summary

### Low Power Mechanisation and Small-scale Vegetable Production in the Tunisian Sahel Region. Part 1: Inquiry

*In this study, it was investigated to what extent low power mechanisation could be introduced in vegetable production in the Tunisian Sahel region by means of an inquiry held among local vegetable growers and at the mechanisation market. Data were collected as to acquire precise information on exploitation characteristics (number and area of the parcels, crops grown, adopted mechanisation, etc.) and on equipment available at the local market (type, power, etc.). The results demonstrated the predominance of small exploitations, which mainly consist of two separate parcels on which several crops are grown. Most exploitations were managed by young and well experienced farmers. Only soil preparation was found to be entirely mechanised. Mechanisation was mainly based on relatively large and high power tractors (typically more than 50 kW). The local machinery market of low power mechanisation was found to offer 5 to 7 kW motor hoes, 6 to 10.5 kW walking (two wheel) tractors and two types of small (four wheel) tractors of 12 and 16 kW. It was observed that equipment was available for all cultivation operations that are nowadays mechanised, while other operations as scuffling, ridging up, and phytosanitary treatments could still be mechanised.*

## Introduction

L'examen de l'évolution des superficies agricoles exploitées en Tunisie et de leur nombre, montre la présence d'un problème épineux pour le développement de ce secteur, à savoir le morcellement des exploitations. C'est la faible taille qui caractérise généralement les exploitations agricoles (2). En effet, les résultats d'enquêtes menées par le Ministère de l'Agriculture en 1961-62 et en 1994-95, ont montré que la moyenne des superficies agricoles a subi une nette régression due essentiellement au système d'héritage en vigueur. Ce phénomène est beaucoup plus ressenti au niveau des petites exploitations de taille inférieure à 5 ha, dont le nombre est passé de 133.000 unités en 1962 à 251.000 unités en 1995, entraînant ainsi une augmentation de leur nombre de 89% (2). En outre, la superficie totale des exploitations de moins de 5 ha a connu à l'échelle du pays,

une augmentation assez importante sur une période d'une trentaine d'années. Elle est passée de 318.000 ha en 1962, ce qui correspondait à 6% de la superficie agricole totale, à 471.000 ha en 1995, soit 9% de la superficie agricole totale, traduisant une croissance de 48% (2).

Au niveau des cultures irriguées, le secteur couvrait une superficie totale de 453.000 ha, soit 28% de la superficie totale agricole, et intéressait plus de 124.000 exploitants. Les cultures maraîchères qui représentent l'un des principaux axes du secteur ont connu aussi une augmentation continue au niveau des superficies. Elles sont passées de 86.900 ha en 1992 à 118.700 ha en 1999, ce qui représente un accroissement de 36,5% sur une période de 8 ans (1). Il convient de signaler que la majorité des superficies destinées au maraîchage sont situées au nord et au

<sup>1</sup> Department of Agricultural Engineering, Ghent University, Coupure Links 653, B-9000 Ghent, Belgium. Phone +32 9 264 61 88, fax +32 9 264 62 35, e-mail: Jan.Pieters@rug.ac.be

<sup>2</sup> Ecole Supérieure d'Horticulture, 4042 Chott-Mariem, Tunisie.  
Reçu le 28.11.02. et accepté pour publication le 31.01.03.

centre du pays. Ces superficies représentaient respectivement environ 47% et 44% des superficies agricoles dans ces zones (1). La taille de ces exploitations est en général réduite. On enregistre 28,7% d'exploitations maraîchères inférieures à 5 ha, 21,8% d'exploitations dont la taille est comprise entre 5 et 10 ha et 21,9% couvrant des superficies de 10 à 20 ha, soit au total 72,4% d'exploitations de taille inférieure à 20 ha (1).

Mais, si pratiquement toutes les opérations conduites au niveau des exploitations maraîchères de grande et moyenne taille sont généralement motorisées, elles sont limitées à la préparation du sol au niveau des exploitations de petite taille (1).

Les systèmes irrigués contrairement à bien d'autres systèmes, offrent la possibilité d'une plus grande intensification culturale en faisant appel à l'énergie mécanique (8). Cette dernière permet de faciliter les travaux, d'accroître la productivité du travail et le rendement des cultures (11), surtout lorsqu'elle est bien adaptée aux conditions d'utilisation (3). Une telle mécanisation devrait permettre l'obtention du volume de production requis par les normes sociales ou l'état du marché et sa réalisation au coût le moins élevé possible (9).

Dans la région du Sahel faisant partie du centre tunisien et groupant les gouvernorats de Sousse, Monastir et Mahdia, les exploitations maraîchères couvrent une superficie de 17.360 ha, ce qui représente environ 12% de la totalité de la superficie maraîchère dans le pays, et 27,30% de la superficie maraîchère du centre tunisien (1). Dans cette région, les opérations culturales mécanisées font appel à la motorisation classique de taille et de puissance importante (50 à 60 kW). Cette motorisation est confrontée à de nombreux problèmes dans le cas des parcelles de taille réduite à savoir:

- une mauvaise adaptation de la taille des engins aux surfaces travaillées, ce qui réduit le rendement des matériels et entraîne par conséquent des coûts élevés (6);
- une difficulté de travailler la totalité de la surface quand celle-ci se trouve sous serre à cause de la taille importante du matériel ce qui réduit la surface cultivable utile;
- un volume horaire d'utilisation annuelle faible entraînant la non-rentabilité des équipements surtout chez les propriétaires de matériel (5);
- un tassement du sol suite aux passages répétés (cultures intensives) d'engins lourds sur des sols généralement humides (cultures irriguées) (10).

Actuellement, l'application de la petite motorisation dans les pays développés (Japon, Italie, etc.) a permis de surmonter la plupart des problèmes posés par la mécanisation classique et le manque de main-d'œuvre au niveau des petites exploitations (4). C'est ainsi que l'étude de l'introduction de la petite motorisation dans la région du Sahel tunisien auprès des petits exploitants semble justifiable pour les raisons sus-indiquées.

L'objectif du présent travail consiste en un diagnostic de l'état actuel des exploitations maraîchères du Sahel et du marché local de la petite motorisation

visant une éventuelle adéquation entre les opérations conduites dans ces exploitations et le petit matériel motorisé disponible sur le marché.

## Matériel et méthodes

### 1. Diagnostic de l'état actuel des exploitations maraîchères du Sahel tunisien

Une enquête a été réalisée auprès des exploitants maraîchers du Sahel tunisien ayant pour but de collecter des données précises sur ces derniers (âge, niveau d'instruction, expérience professionnelle) et sur l'état actuel de leurs exploitations (taille, nombre de parcelles par exploitation, mécanisation adoptée, etc.). Un questionnaire a été élaboré auparavant pour servir de guide d'entretien avec les personnes contactées.

La population des maraîchers de la région de Sahel est estimée à 6932 exploitants en 2001, possédant généralement une ou plusieurs parcelles. Les exploitants étaient répartis dans la région comme suit:

- 3500 agriculteurs dans le Gouvernorat de Sousse;
- 2522 agriculteurs dans le Gouvernorat de Monastir;
- 910 agriculteurs dans le Gouvernorat de Mahdia (dans cette région nous avons considéré seulement les périmètres publics irrigués).

Il est à préciser que l'effectif des exploitants est variable d'une campagne à l'autre et même au cours d'une même campagne, en fonction du nombre d'adhérents aux organismes qui géraient la distribution de l'eau d'irrigation.

Pour effectuer l'enquête, nous avons opté pour un taux de sondage de 10% du nombre total des agriculteurs de chaque Gouvernorat. Les exploitants enquêtés ont été tirés au hasard en considérant deux critères essentiels: exploitation fonctionnelle et accessible par moyen de transport. Le contact avec les exploitants a été facilité par la présence d'un agent de la Cellule Territoriale de Vulgarisation (CTV) de la zone en question.

### 2. Diagnostic de la petite motorisation disponible au marché local

Une enquête a été conduite chez les fournisseurs locaux de matériel agricole visant de collecter des informations précises sur les petits engins de traction et d'animation (marque, puissance, nature de carburant, encombrement, etc.), et sur les outils attelables correspondants (nature, nombre de corps, largeur de travail, etc.). Les informations collectées permettront d'établir une éventuelle correspondance entre les opérations culturales motorisées conduites par les petits exploitants et le petit matériel motorisé disponible sur le marché. La motorisation des opérations manuelles ou à traction animale, est sans doute envisagée.

Le questionnaire a été élaboré dans le but de recueillir de manière précise des informations techniques et technologiques sur le petit matériel agricole importé ou de fabrication locale commercialisable à l'échelle du pays. En outre, les fiches techniques des différents matériels étaient demandées aux vendeurs afin de

collecter le plus de renseignements possible sur ces équipements.

Quant aux fournisseurs mêmes de matériel, une liste portant le nom de l'organisme ainsi que ses coordonnées a été arrêtée d'avance pour faciliter la programmation des contacts.

**Résultats-discussion**

**1. Situation actuelle de l'exploitation maraîchère du Sahel tunisien**

L'enquête a touché au total 236 exploitants qui sont répartis comme suit:

- 65 exploitants dans la région de Sousse, ce qui correspondait à 2% de l'effectif total;
- 101 exploitants dans la région de Monastir, ce qui représentait 4% de l'effectif total;
- 70 exploitants dans la région de Mahdia, ce qui valait 7,7% de l'effectif total des exploitants des périmètres publics irrigués.

Ces effectifs étaient inférieurs à ceux prévus pour les raisons suivantes: manque de moyens de déplacement et manque de réceptivité de certains exploitants.

*a) Données sur l'exploitant*

Les résultats obtenus (Figure 1) montrent que l'âge moyen des agriculteurs de la population recensée dans les trois Gouvernorats variait de 43,8 à 47 ans, et que l'âge minimum était compris entre 22 et 24 ans. Quand à l'âge maximum, il était situé entre 73 et 81 ans. Donc, il s'agissait d'agriculteurs relativement jeunes ce qui pourrait encourager les fournisseurs de fonds à faciliter l'investissement pour les besoins des exploitations.

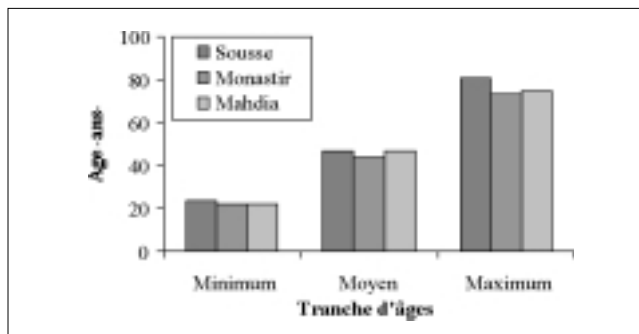


Figure 1: Age des agriculteurs.

Concernant le niveau d'instruction (Figure 2), il apparaît que la majorité des agriculteurs de la population recensée avait le niveau d'école primaire (41% à Sousse, 38% à Monastir et 37% à Mahdia). Le niveau secondaire caractérisait la deuxième position avec 22% à Sousse, 32% à Monastir et 17% à Mahdia. Les analphabètes venaient en troisième position et représentaient 20% à Sousse, 13% à Monastir et 36% à Mahdia. Les autres niveaux correspondaient aux pourcentages les plus bas à l'exception du niveau supérieur qui représentait 15% à Monastir. Le niveau d'instruction des maraîchers est donc diversifié, une minorité étant analphabète.

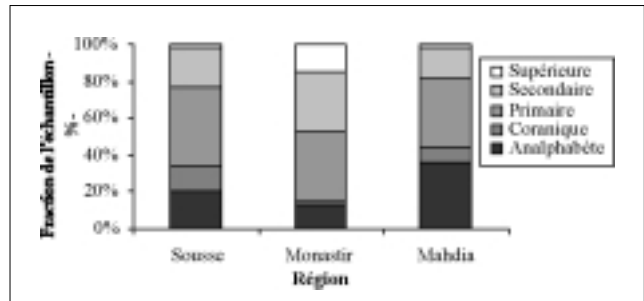


Figure 2: Niveau d'instruction des agriculteurs.

Au niveau de l'expérience dans le secteur maraîcher (Figure 3), les résultats montrent que la majorité des exploitants de la population recensée pratiquaient ce métier depuis plusieurs années. En effet, le pourcentage des gens qui avaient une expérience supérieure à 10 ans était de 78% à Sousse, 89% à Monastir et 84% à Mahdia. Quant à ceux qui avaient une expérience comprise entre 3 et 10 ans, ils représentent 19% à Sousse, 10% à Monastir et 14% à Mahdia. Les nouveaux dans le secteur représentaient un pourcentage assez faible. Il apparaît ainsi que les exploitants de la région sont assez expérimentés dans le secteur maraîcher.

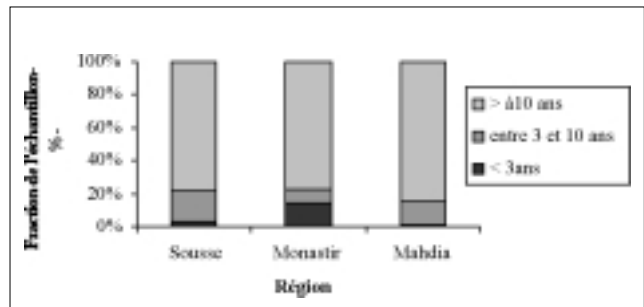


Figure 3: Expérience agricole des exploitants.

*b) Données sur l'exploitation*

Quant aux exploitations maraîchères, l'analyse des résultats (Figure 4), a mis en évidence que la plupart des exploitations recensées étaient de taille limitée et qu'elles n'excédaient pas les 5 ha. On comptait 55% à

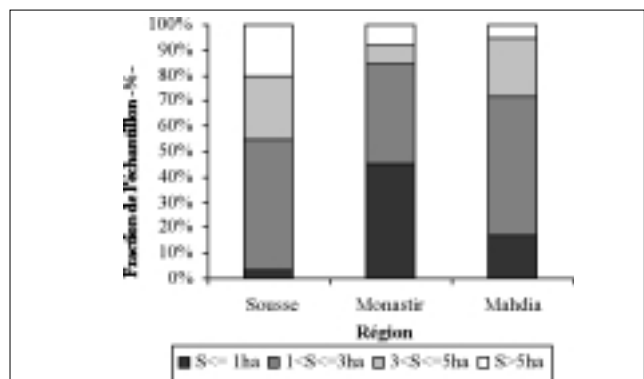


Figure 4: Taille des exploitations agricoles.

Sousse, 84% à Monastir et 71% à Mahdia d'exploitations dont la superficie était inférieure ou égale à 3 ha, et 80% à Sousse, 92% à Monastir et 94% à Mahdia d'exploitations dont la superficie était inférieure ou égale à 5 ha. Il s'est avéré par conséquent, que la région du Sahel est caractérisée par des exploitations maraîchères de petite taille.

En ce qui concerne le nombre de parcelles, les résultats obtenus (Figure 5), ont montré qu'en général une exploitation maraîchère de la région du Sahel est formée de deux parcelles différentes. Le nombre maximum de parcelles par exploitation variait de 4 à 7.

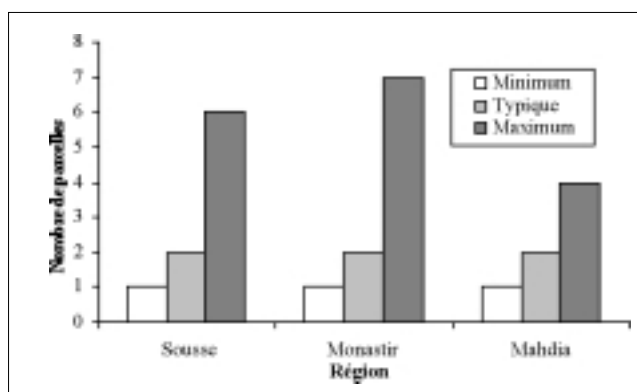


Figure 5: Nombre de parcelles par exploitation.

Au phénomène du morcellement réduisant la taille des exploitations, s'ajoutait le problème du parcellement qui limitait davantage la rentabilité du secteur. Par ailleurs, l'examen de la figure 6 relative aux cultures pratiquées, montre que se sont les mêmes spéculations qui se pratiquaient au niveau de toute la région, à savoir: la pomme de terre, les cucurbitacées, la tomate et le piment.

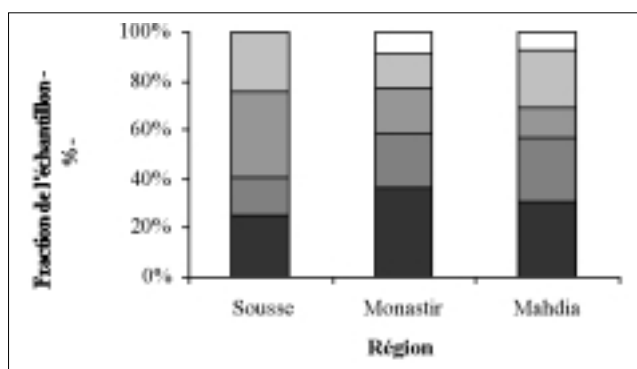


Figure 6: Spéculations pratiquées.

Au niveau du nombre de spéculations pratiquées par exploitation (Figure 7), les résultats ont montré que la majorité des exploitations en pratiquaient généralement au moins deux. En effet, on notait 86% à Sousse, 93% à Monastir et 81% à Mahdia du total des exploitants recensés qui pratiquaient plus qu'une seule spéculation. Ceci implique une réduction de la taille des parcelles au sein de la même exploitation.

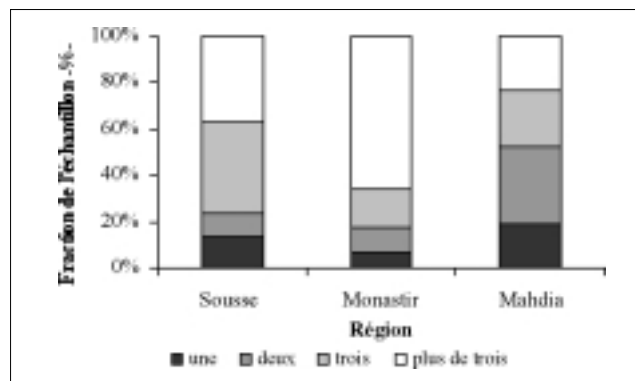


Figure 7: Nombre de spéculations pratiquées par exploitation.

En revanche, l'examen du tableau 1 relatif aux opérations culturales conduites dans les exploitations maraîchères, a permis de conclure qu'il s'agissait des mêmes travaux qui s'opéraient partout moyennant pratiquement les mêmes outils attelables. En plus, au niveau de la motorisation, seul le travail du sol était entièrement motorisé. Les autres opérations, à l'exception du traitement phytosanitaire qui se pratiquait sous plusieurs formes (manuel, motorisé ou combiné), étaient soit mécanisées soit manuelles. Cependant, d'après les exploitants, l'inconvénient majeur des opérations motorisées, était l'application du tracteur standard de puissance généralement supérieure à 50 kW sur de petites parcelles. Ceci conduisait, toujours d'après les exploitants, à une qualité de travail médiocre surtout en bout du champ suite à l'importance des manœuvres, à des coûts élevés des équipements et à un tassement des sols surtout lorsqu'ils sont humides.

## 2. Données sur la petite motorisation du marché local

### a) Engins de traction et d'animation

Les résultats de l'enquête menée au niveau du marché local de la petite motorisation ont permis de mettre en évidence l'existence de trois catégories d'engins de traction disponibles sur le marché local, à savoir les motohoues, les motoculteurs et les petits tracteurs.

Au niveau des motohoues, il y a lieu de signaler la présence de deux marques avec cinq modèles différents de puissance comprise entre 5 et 7 kW. Parmi ces modèles, quatre étaient équipés de moteur à essence et un fourni avec moteur diesel. Les moteurs étaient refroidis par air et disposaient de lanceur automatique pour le démarrage. Tous les appareils présentaient des poignées réglables en hauteur pour s'adapter à la taille des opérateurs. Au niveau de l'encombrement, la longueur hors tout variait de 1,20 à 1,47 m, et la largeur était voisine de 0,65 m.

En ce qui concerne les motoculteurs, les résultats obtenus mettaient en évidence la présence de onze modèles différents répartis sur quatre marques, dont la puissance était comprise entre 6 et 10,5 kW. Parmi ces modèles, sept étaient fournis avec des moteurs diesel dont deux refroidis par eau, et les autres avec

**Tableau 1**  
**Opérations culturales entreprises dans les exploitations maraichères du Sahel**

Opérations culturales	Nature du travail réalisé	Outils utilisés	Moyens de traction	Taux de mécanisation	Taux de motorisation
<b>Labour</b>	motorisé	charrue	tracteur		100%
<b>1<sup>ère</sup> reprise de labour</b>	motorisé	rotavator ou déchaumeuse	tracteur		100%
<b>Nivellement</b>	motorisé	lame niveleuse	tracteur		100%
<b>Fertilisation</b>	mécanisé	charrette	cheval	indéterminé	
<b>2<sup>ème</sup> Reprise de labour</b>	motorisé	rotavator ou déchaumeuse	tracteur		100%
<b>3<sup>ème</sup> reprise de labour</b>	motorisé	rotavator ou déchaumeuse	tracteur		100%
<b>Billonnage</b>	mécanisé		cheval	100%	
<b>Plantations: plants, tubercules</b>	manuel mécanisé	- petit matériel - charrue	- cheval	- indéterminé	
<b>Epandage d'engrais</b>	manuel	petit matériel	-		
<b>Binage</b>	manuel	- petit matériel	-		
<b>Buttage</b>	manuel mécanisé	- petit matériel - charrue – butteuse	- cheval	- indéterminé	
<b>Traitement</b>	manuel mécanisé motorisé	- pulvérisateur manuel - pulvérisateur motorisé - pulvérisateur actionné par prise de force	- à dos d'homme - à dos d'homme - tracteur		- - 100%
<b>Récolte arrachage</b>	manuelle mécanisé	charrue	cheval	100%	
<b>Transport</b>	mécanisé motorisé	charrette remorque	- cheval - tracteur	indéterminé	indéterminé

des moteurs à essence à refroidissement par air. Pour le démarrage des moteurs, trois engins étaient équipés de démarreurs électriques, six fournis avec lanceur automatique et quatre étaient proposés avec manivelle. La longueur hors tout des appareils était comprise entre 1,10 et 2,40 m, et la largeur hors tout était située entre 0,61 et 0,88 m. La majorité des appareils disposaient de poignées réglables en hauteur. Le système moteur était réversible, ce qui permettait de verser le sens de déplacement de l'engin. Cette position ne concernait que les motoculteurs équipés d'une prise de force arrière. Tous les motoculteurs présentaient la possibilité de réglage de voie.

Au niveau des petits tracteurs, il y a lieu de signaler l'existence de deux marques représentées chacune par un modèle, et dont la puissance était de 12 et 16 kW. Les deux appareils étaient livrés avec moteur diesel à démarrage électrique et à refroidissement par eau. Concernant l'encombrement des appareils, il

était de 2,30 à 2,58 et de 0,80 à 0,81 m respectivement pour la longueur et la largeur hors tout. En outre, les deux engins étaient équipés du système d'attelage trois points et offraient la possibilité de réglage de la voie et de l'amélioration de l'adhérence.

#### *b) Outils attelables*

Par ailleurs, les résultats dégagés par l'enquête montrent que la majorité des outils attelables concernaient en particulier le travail du sol en général. En effet, pour le labour, on disposait de quatre charrues de marques différentes dont la largeur de travail était comprise entre 0,26 et 0,6 m. Tous les modèles étaient du type porté. Pour la reprise du labour, trois cultivateurs rotatifs de 0,61 à 1,6 m de largeur de travail étaient disponibles, deux cultivateurs à dents de largeur comprise entre 1 et 1,2 m, une déchaumeuse et un offset de largeur de travail respective 1 et 1,25 m. Alors que

pour le billonnage, un seul modèle était fourni dont la largeur de travail est réglable. Tous ces matériels étaient répartis sur quatre marques différentes.

En outre, il convient de signaler la disponibilité d'autres types de matériels. Il s'agissait de deux pulvérisateurs de même capacité (100 l), de deux remorques de 500 et 1000 kg de tonnage réel, et d'une barre de coupe de motoculteur de 1,20 m de largeur de travail. Tous ces outils étaient de marques différentes.

Parallèlement au matériel déjà commercialisable à l'état actuel, il faut mentionner que les vendeurs s'étaient montrés volontaires pour satisfaire toute demande éventuelle émanant des petits exploitants au sujet d'autres petits outils.

## Conclusion

Au terme de ce travail ayant pour but l'étude des possibilités d'introduction de la petite motorisation dans le secteur maraîcher de la région du Sahel tunisien à travers le diagnostic des exploitations maraîchères et du marché de la machine agricole, il apparaît que la majorité des exploitations étaient de taille réduite (< 3 ha), et qu'une exploitation était formée en moyenne de deux parcelles séparées. En plus, la pratique de plusieurs cultures au sein de la même exploitation limitait davantage les superficies travaillées. Cependant, il convient de signaler que les exploitations étaient gérées dans la majorité, par une population d'agriculteurs relativement jeune et de longue expérience.

En revanche, l'application de la motorisation pour la conduite des opérations culturales entreprises au niveau de ces exploitations, se limitait pratiquement au travail du sol. Mais dans ce cas on faisait appel à des engins de puissance et de taille importantes (plus

de 50 kW). Cependant, il semble que ces engins étaient mal adaptés aux conditions locales, et posaient des problèmes de rentabilité pour l'exploitant du fait de leur durée d'utilisation annuelle limitée.

Par ailleurs, le diagnostic du marché local du matériel agricole a montré une diversité des équipements de petite puissance. Ces matériels concernaient cinq modèles de motohoues de deux marques différentes et de puissance comprise entre 5 et 7 kW dont l'encombrement longitudinal est voisin de 0,65 m. Parmi ces appareils, il y a des modèles fournis avec moteur diesel. Quant aux motoculteurs, ils étaient représentés par 11 modèles de puissance variant de 7 à 10,5 kW. Ces modèles sont répartis sur quatre marques et sont fournis pour la plupart avec moteur diesel. L'encombrement des motoculteurs n'excédait pas 2,4 et 0,9 m respectivement pour la longueur et la largeur. La dernière catégorie désignait les petits tracteurs fournis en deux modèles de marque différente. Ces engins livrés avec moteur diesel, avaient des puissances de 12 et 16 kW.

Au niveau des outils attelables, on doit préciser que les outils étaient dans la majorité destinés au travail du sol (charrues, rotavator, cultivateurs à dents, etc.), avec toutefois la présence de certains matériels de traitement phytosanitaire, de transport et de fauche. Il apparaît ainsi que le marché de la petite motorisation pourrait satisfaire les besoins de l'exploitation maraîchère de taille réduite pour toutes les opérations actuellement motorisées (travail du sol, traitement phytosanitaire) et pour des travaux manuels ou à traction animale (billonnage, binage). Cependant, on doit signaler la volonté d'offre de matériel par les vendeurs pour satisfaire toute demande éventuelle qui émanerait des petits exploitants.

## Références bibliographiques

1. Anonyme, 1999, Annuaire des statistiques agricoles, Ministère de l'Agriculture tunisien.
2. Anonyme, 1996, Enquête sur les structures des exploitations agricoles. Rapport du Ministère de l'Agriculture tunisien.
3. Bonnefond P., 1970, L'introduction de la motorisation en agriculture traditionnelle, Cah. ORSTOM, n° 4, 21-33.
4. Bourarach E., 1996, Motorisation des petites exploitations agricoles. Terre et vie, 23, 3 p.
5. FAO, 1998, La mécanisation en Afrique de l'ouest, 20 p.
6. FAO., 1996, La traction animale en Mauritanie: situation et perspective, 34 p.
7. FAO., 2001, Système de production et pauvreté: améliorer les moyens d'existence dans un monde en changement, 16 p.
8. Germain N. & Poussin J.C., 1987, Les exploitations de moyenne Côte d'Ivoire utilisant la motorisation intermédiaire. Cah. Sci. Hum. 23 (3-4): 555-566.
9. Frisby J.C. & Pfost L.D., 1993, Soil Compaction: the silent thief. Agricultural Engineering Publications G1630, MU Extension, University of Missouri, Colombia.
10. Ouézou Yaovi Azouma, 1999. Cahiers agricultures, volume 8, 95.

S. Chehaibi, Tunisien, 3<sup>ème</sup> cycle en Machinisme agricole, Maître-Assistant de l'Enseignement Supérieur agricole.  
 J.G. Pieters, Belge, Docteur en Sciences Biologiques Appliquées, Professeur (RUG).  
 R.A. Verschoore, Belge, Docteur en Sciences Appliquées, Professeur (RUG), Directeur du Département.