



36547

MICROFICHE N°

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F

1



ONAGRI
TUNISIE

MICROFICHE N°

10583

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

Observatoire National de l'Agriculture
30, Rue Alain Savary - 1002 Tunis

المركز الوطني للفلاحة
30. نهج آلان سفاري - 1002 تونس

F

1



Laboratoire des cultures maraîchères

Phyto
2000/2

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
DU CYCLE DE SPECIALISATION**

Spécialité : sciences Horticoles

Option : cultures maraîchères

THEME

*Contribution à l'optimisation de la conduite culturale
de l'artichaut dans la basse vallée
de la Medjerda*

Présenté par : MANSOUR Mohsen

Soutenu en avril 2000 devant la commission d'examen :

M^r A. DALLOUL	Président
M^r A. MOUGOU	Rapporteur
M^r A. MHIRI	Examineur
M^r Y. HARBAOUI	Examineur
M^r A. JEMMALI	Examineur
M^r H. DAGHARI	Examineur
M^r H. ABDELGHANI	invité
M^r T. OUSLATI	invité

انى رايت انه لا يكتب احد كتابا في يومه الا قال في غده :
لو غير هذا لكان احسن ، و لو زيد هذا لكان يستحسن، و لو قدم
هذا لكان افضل، و لو ترك هذا لكان اجمل، و هذا من اعظم العبر
وهو د ليل على استلاء النقص على جملة البشر .

العماد الاصفهاني



انى رايت انه لا يكتب احد كتابا في يومه الا قال في غده :
لو غير هذا لكان احسن ، و لو زيد هذا لكان يستحسن، و لو قدم
هذا لكان افضل، و لو ترك هذا لكان اجمل، و هذا من اعظم العبر
وهو د ليل على استلاء النقص على جملة البشر .

العماد الاصفهاني



Remerciements

De nombreux efforts conjugués ont permis la réalisation de ce travail de recherche, sous la haute directive de Mr A. MOUGOU président de l'Institut de Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricole (IRESA).

C'est un absolu devoir et un vif plaisir que j'ai l'honneur de présenter, mes chaleureux remerciements à M^r A. MOUGOU pour avoir accepté de m'encadrer et de me réserver ; le temps nécessaire , pourtant si précieux, malgré ses importantes occupations professionnelles ; pour le suivi, constant, de mon travail.

En conséquence ; je lui exprime, avec joie, mon profond respect et mes sincères hommages pour sa noble bienveillance et son admirable amabilité.

De même j'exprime l' hommage de ma vive gratitude ainsi que le témoignage de mon profond respect à Mme R. MOUGOU, pour les considérables efforts qu'elle n'a cessés de déployer pour mettre à ma disposition, les moyens nécessaires, me permettant de bien mener ce travail de recherche.

J'adresse ma haute considération et ma profonde reconnaissance à Mr T. OUSLATI ingénieur principal au CTPT, pour sa collaboration dans la réalisation de ce travail ; je le remercie pour le soutien, moral et matériel, qu'il m'a accordé, et pour son encouragement continue.

Je suis reconnaissant à M^r A. JEMMALI, qui m'a encouragé et accepté de réviser ce document. Ses conseils et ses suggestions ont été judicieux et profitables. Qu'il trouve ici le témoignage de ma gratitude.

Mes remerciement vont également au **membres de jury** qui ont bien voulu prendre de leur temps et accepté de juger ce travail.

En signe de reconnaissance et de gratitude ; j'exprime loyalement, mes chaleureux remerciements les plus sincères à :

- M^r R. HELALI le Chef de département du laboratoire des sciences de la production végétale pour m'avoir toujours facilité les procédures administratives.
- M^r Y. HARBAOUI, pour ses conseils et ses encouragements.
- M^r N. TARCHOUN et Mr S. BEN NEJMA pour la sollicitude qu'il ont témoignée à mon égard.

- M^r A. MHIRI pour avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire pour la réalisation des analyses minérales.
- M^{me} S. RJAB pour sa gentillesse et pour avoir accepté de réaliser l'analyse de l'azote dans son laboratoire de physiologie végétal à l'INRGREF .
- M^r N. BEN MECHLIA et Mr A. SEHLI pour avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire pour le broyage du matériel végétal ainsi que les tubes d'accès nécessaires pour les mesures neutroniques de l'humidité du sol.
- M^r S. REZGUI pour son aide précieuse au cours de la réalisation des analyses statistiques.
- M^r F. SLAMA, pour ses conseils et ses encouragements.
- M^r K. JARREYA pour son aide précieuse, ainsi que tout le personnel du CRDA Ariana qui nous a aidé à la réalisation de l'enquête auprès des agriculteurs.

En outre je n'oublie point, d'adresser, en signe de reconnaissance, mes remerciements les plus sincères à :

Riad, Nadira Zeineb, Kalthoum, Mohamed, Mostpha et Ridha du laboratoire des sciences du sol, **Salma**, du laboratoire des cultures maraichères de l'INAT, **Raja** du laboratoire de physiologie végétal de l'INRGREF, **Ezeddine et Gihaine** du laboratoire de météorologie de l'INRGREF, **El Habib, Sadaoui, Mokthar** et tout les ouvriers à la station de recherche de l'INRGREF à Cherfech ainsi que les techniciens et les ouvriers du centre technique de la pomme terre à Essaïda.

En fin et en signe de fraternité et de reconnaissance je ne saurais oublier d'adresser un particulier, remerciement, enthousiaste, à mes amis : **Maher, Karim, Helmi, Kaïs, Zied, Afef, Kaouthar et Nada.**

Que toute personne amie, parente, ou camarade m'ayant aidée d'un sourire, d'une critique, d'un encouragement ou d'un service trouve ici le témoignage de ma grande reconnaissance.

- M^r A. MHIRI pour avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire pour la réalisation des analyses minérales.
- M^{me} S. RJAB pour sa gentillesse et pour avoir accepté de réaliser l'analyse de l'azote dans son laboratoire de physiologie végétal à l'INRGREF .
- M^r N. BEN MECHLIA et Mr A. SEHLI pour avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire pour le broyage du matériel végétal ainsi que les tubes d'accès nécessaires pour les mesures neutroniques de l'humidité du sol.
- M^r S. REZGUI pour son aide précieuse au cours de la réalisation des analyses statistiques.
- M^r F. SLAMA, pour ses conseils et ses encouragements.
- M^r K. JARREYA pour son aide précieuse, ainsi que tout le personnel du CRDA Ariana qui nous a aidé à la réalisation de l'enquête auprès des agriculteurs.

En outre je n'oublie point, d'adresser, en signe de reconnaissance, mes remerciements les plus sincères à :

Riad, Nadira Zeineb, Kalthoum, Mohamed, Mostpha et Ridha du laboratoire des sciences du sol, **Salma**, du laboratoire des cultures maraichères de l'INAT, **Raja** du laboratoire de physiologie végétal de l'INRGREF, **Ezeddine et Gihaine** du laboratoire de météorologie de l'INRGREF, **El Habib, Sadaoui, Mokthar** et tout les ouvriers à la station de recherche de l'INRGREF à Cherfech ainsi que les techniciens et les ouvriers du centre technique de la pomme terre à Essaïda.

En fin et en signe de fraternité et de reconnaissance je ne saurais oublier d'adresser un particulier, remerciement, enthousiaste, à mes amis : **Maher, Karim, Helmi, Kaïs, Zied, Afef, Kaouthar et Nada.**

Que toute personne amie, parente, ou camarade m'ayant aidée d'un sourire, d'une critique, d'un encouragement ou d'un service trouve ici le témoignage de ma grande reconnaissance.

Résumé

La culture de l'artichaut représente pour les Tunisiens une spéculation maraîchère intéressante, aussi bien pour la diversification des produits horticoles destinés à l'exportation que pour le marché local et ceci pour une consommation en frais ou en produit transformé. Cependant le manque de travaux et de résultats de recherches touchant surtout à l'amélioration de la conduite culturale fait que les rendements soient encore faibles (8 à 9T/ha). Le travail que nous présentons a pour objectif d'étudier différents aspects de la conduite de la culture.

Deux sites d'expérimentation ont abrité les essais que nous avons conduit. Dans le premier site d'expérimentation (le Centre de Perfectionnement et de Recyclage de Saïda), une étude comparative du comportement variétale des deux variétés les plus cultivées en Tunisie le *Blanc Oranais* et le *Violet d'Hyères* a montré l'existence de deux cycles de développement.

La variété Blanc Oranais est caractérisée par un démarrage végétatif accéléré suivi d'une première production florale (automnale). Un redémarrage de la plante assuré par les rejets, contribue à une deuxième production florale (printanière). Ces deux stades sont séparés par un repos végétatif.

La variété violet d'Hyères, présente une croissance végétative plus lente et une seule période de production florale échelonnée. La deuxième phase végétative assurée par les rejets, démarre dès la récolte du premier capitule. Pour les deux variétés, l'analyse minérale des différentes parties de la plante montre une mobilisation importante en potassium et en azote au niveau des organes végétatifs et davantage dans les organe de production (capitule et tige).

A la station de recherche de l'INFGRF à Cherfech, une seconde étude visant la comparaison de trois modes d'irrigation appliqués à la variété d'artichaut Violet d'Hyères à savoir : l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et l'irrigation goutte à goutte fertilisante (fertigation), nous a permis de dégager les résultats suivants :

- l'irrigation localisée a permis une bonne reprise des boutures à la plantation à savoir 93.58% et 91.08 % respectivement pour la fertigation et l'irrigation goutte à goutte non fertilisante, contre 65% pour l'irrigation à la raie.
- Le nombre de capitules par plant et par mètre carré montre aussi un avantage pour l'irrigation localisée, avec 8.3 cap/pt/m² pour la fertigation et 7cap/pt/m² pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante contre 4.95 pour l'irrigation gravitaire.
- La fertigation a permis une augmentation du rendement de 16% par rapport à l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et de 71% par rapport à l'irrigation à la raie

Résumé

La culture de l'artichaut représente pour les Tunisiens une spéculation maraîchère intéressante, aussi bien pour la diversification des produits horticoles destinés à l'exportation que pour le marché local et ceci pour une consommation en frais ou en produit transformé. Cependant le manque de travaux et de résultats de recherches touchant surtout à l'amélioration de la conduite culturale fait que les rendements soient encore faibles (8 à 9T/ha). Le travail que nous présentons a pour objectif d'étudier différents aspects de la conduite de la culture.

Deux sites d'expérimentation ont abrité les essais que nous avons conduit. Dans le premier site d'expérimentation (le Centre de Perfectionnement et de Recyclage de Saïda), une étude comparative du comportement variétale des deux variétés les plus cultivées en Tunisie le *Blanc Oranais* et le *Violet d'Hyères* a montré l'existence de deux cycles de développement.

La variété Blanc Oranais est caractérisée par un démarrage végétatif accéléré suivi d'une première production florale (automnale). Un redémarrage de la plante assuré par les rejets, contribue à une deuxième production florale (printanière). Ces deux stades sont séparés par un repos végétatif.

La variété violet d'Hyères, présente une croissance végétative plus lente et une seule période de production florale échelonnée. La deuxième phase végétative assurée par les rejets, démarre dès la récolte du premier capitule. Pour les deux variétés, l'analyse minérale des différentes parties de la plante montre une mobilisation importante en potassium et en azote au niveau des organes végétatifs et davantage dans les organe de production (capitule et tige).

A la station de recherche de l'INFGRF à Cherfech, une seconde étude visant la comparaison de trois modes d'irrigation appliqués à la variété d'artichaut Violet d'Hyères à savoir : l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et l'irrigation goutte à goutte fertilisante (fertigation), nous a permis de dégager les résultats suivants :

- l'irrigation localisée a permis une bonne reprise des boutures à la plantation à savoir 93.58% et 91.08 % respectivement pour la fertigation et l'irrigation goutte à goutte non fertilisante, contre 65% pour l'irrigation à la raie.
- Le nombre de capitules par plant et par mètre carré montre aussi un avantage pour l'irrigation localisée, avec 8.3 cap/pt/m² pour la fertigation et 7cap/pt/m² pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante contre 4.95 pour l'irrigation gravitaire.
- La fertigation a permis une augmentation du rendement de 16% par rapport à l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et de 71% par rapport à l'irrigation à la raie

- La fertigation a amélioré la précocité ; 78.29% de la production totale a été obtenue avant le mois de mars, contre 61.83% pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et 42.12% pour l'irrigation à la raie.
- Une consommation en eau plus élevée résultant à la fois du bon développement végétatif, ainsi qu'une densité de plants plus importante ont été enregistrées pour l'irrigation localisée.
- L'efficience de l'utilisation de l'eau (WUE) a été améliorée par l'irrigation localisée avec 27.89 kg/mm pour la fertigation et 24.19 kg/mm pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante, contre 18.63 kg/mm pour l'irrigation gravitaire.

Par ailleurs une investigation auprès des agriculteurs de la basse vallée de la Medjerda a été entreprise. Ainsi, l'observation d'un certain nombre d'agriculteurs pratiquants la fertigation de l'artichaut dans la région de l'Ariana nous a permis de dégager les remarques suivantes :

- Par l'adoption de la fertigation dans la conduite de la culture , une amélioration du rendement et de la précocité a été enregistrée, chez tous les agriculteurs soumis à l'enquête.
- En comparant, les résultats obtenus par notre expérience réalisée à Cherfech, avec ceux obtenus par les agriculteurs, on a pu déduire que le rendement ainsi que la précocité pourraient être améliorés dans les parcelles d'agriculteurs.

SOMMAIREIntroduction

1

PREMIÈRE PARTIE**ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE**

☒ **CHAPITRE 1. L'artichaut dans le monde.** 2

☒ **CHAPITRE 2. Situation de l'artichaut en Tunisie.** 4

1 Localisation de la culture	4
2 Surfaces cultivées	5
3 Production	6
4 Rendement	7
5 Exportation	8
6 Marché local	9
7 Transformation	10

☒ **CHAPITRE 3. La plante et sa culture.** 11

1. Présentation générale	11
1.1 Origine	11
1.2 Composition de l'artichaut	11
2. La plante	12
2.1 Morphologie	12
2.1.1 Appareil racinaire	13
2.1.1.1 Effet de la taille des boutures sur la rhizogénèse	13
2.1.1.2 Influence de la position de l'organe utilisé comme bouture	14
2.1.2 Appareil aérien	14
2.1.2.1 Tige	14
2.1.2.2 Feuilles et rejets	14
2.1.2.2.1 Feuilles	14
2.1.2.2.2 Rejets (œilletons)	15
2.1.2.3 Inflorescence et Biologie Florale	16
2.1.2.4 Biomasse et rendement utilitaire	17
2.2 Physiologie de la plante	18
2.2.1 Facteur d'environnement	18
2.2.1.1 Température	18
2.2.1.2 Lumière	18
2.2.2 Exigences de la plante	19
2.2.2.1 Exigence hydrique	19
2.2.2.2 Exigence édaphique	19
2.2.2.3 Exigence minérale	19

☒ **CHAPITRE 4 La fertigation une Perspective d'amélioration culturelle.** 20

1 Définition	20
2 Avantages de la fertigation	21
3 Inconvénients de la fertigation	22
Conclusion.	22

☒ CHAPITRE 5 Etude des deux variétés les plus cultivées en Tunisie
(Site expérimental CPRA Essaida)

Introduction.	23
Matériel et méthodes.	24
1 Matériel végétal	24
1.1 Violet d'Hyères	24
1.2 Blanc Oranais	24
2 sol	24
3 Eau et système d'irrigation	25
4 Conduite de la culture	25
4.1 Plantation	25
4.2 Conduite de l'irrigation	25
4.3 Traitements	25
4.4 Fertilisation et engrais utilisés	26
4.5 Protection phytosanitaire	26
5 Mesures effectuées	26
5.1 Elaboration de la courbe de croissance	26
5.2. Analyse minérale	26
6 Analyse statistique	27
Résultats et discussion.	28
1. Variété Blanc Oranais	29
1.1 Courbe de croissance	29
1.1.1 Première phase végétative	29
1.1.2 Première phase de production florale	30
1.1.3 Régression végétative	30
1.1.4 Deuxième phase végétative	31
1.1.5 Deuxième phase de production florale	31
1.2 Teneurs en matières minérales	32
1.2.1 Le potassium (K)	32
1.2.2 L'azote (N)	32
1.2.3 Le phosphore (P)	33
2. Variété Violet d'Hyères	37
2.1 Courbe de croissance	37
2.1.1 Phase de croissance végétative.	37
2.1.1.1 Première période	37
2.1.1.2 Deuxième période	38
2.1.2 Phase de production florale	38
2.1.3 Développement des rejets	39
2.2 Teneur en matières minérales	40
2.2.1 Le potassium (K)	40
2.2.2. L'azote (N)	41
2.2.3. Le Phosphore (P)	41
Conclusion.	46

CHAPITRE 6 Etude de différents modes d'irrigation et de fertilisation
(Site expérimental la station de l'I.N.R.G.R.E.F Cherfech)

Introduction	48
Matériels et méthodes	49
1 Matériel végétal	49
2 sol	49
3 Eau et système d'irrigation	49
4 Conduite de la culture	50
4.1 Plantation	50
4.2 Conduite de l'irrigation	50
4.3 Traitements	50
4.4 Protection phytosanitaire	51
5 Mesures effectuées	52
5.1 Suivi des paramètres climatiques	52
5.2 Suivi de l'humidité du sol	52
5.3 Estimation du stock d'eau dans le sol	52
5.4 Estimation du drainage	53
5.5 Estimation de la consommation en eau	53
5.6 Nombre de capitules par plants	53
5.7 poids des capitules	53
5.8 Rendement et précocité	54
5.9 Efficience d'utilisation de l'eau	54
6 Analyse statistique	54
Résultats et discussion	56
1 Paramètres de rendement	56
1.1 Taux de reprise des plants	56
1.2 Nombre de capitules par plant	57
1.3 Nombre de douzaine par hectare	57
1.4 Poids des capitules	58
1.5 Précocité	59
2 Consommation en eau de la plante	59
2.1 Conditions climatiques de la campagne	60
2.2 Pilotage des irrigations	60
2.3 Consommation en eau de la plante	61
2.4 Efficience de l'utilisation de l'eau	63
Conclusion	64

CHAPITRE 7 Investigation auprès des agriculteurs
 (site expérimental un agriculteur à CHERFECH)

Introduction.	66
1 Etude de cas d'un agriculteur	66
1.1 Conditions de culture adoptée par l'agriculteur	66
1.1.1 Eau et système d'irrigation	66
1.1.2 Plantation	67
1.1.3 Fertilisation et engrais utilisés	67
1.1.4 Protection phytosanitaire	68
1.2 résultats et discussion	68
1.2.1 Conduite de la culture	68
1.2.2 Commercialisation de la production	69
1.2.3 Les charges de la culture	70
2 Résultats de l'enquête sur la fertigation de l'artichaut chez certains agriculteurs dans le gouvernorat de l'Ariana.	70
 Conclusion	 74
 <u>Conclusion générale</u>	 75
 Références bibliographiques.	 77

Introduction

L'artichaut (*Cynara scolymus*), avec une production mondiale de 1261 mille Tonnes (en 1999) possède une place prépondérante en tant que produit alimentaire et thérapeutique.

Les teneurs en potassium, magnésium, phosphore, fer et vitamines (A,B1,B2,C) font de ce produit agricole un « champion énergétique ». L'artichaut contient aussi de la Cynarine qui stimule les sécrétions biliaires, de l'insuline, des tanins et des substances azotées.

En Tunisie, l'artichaut est essentiellement cultivé dans les régions de l'Ariana et de Bizerte, conférant ainsi à celles-ci une importance économique indéniable.

Par comparaison au progrès vécu par d'autres cultures maraîchères de plein champ (tomate, pomme de terre), l'artichaut présente un retard remarquable en raison de ses faibles rendements (7 à 9 T/ha). Ceci est tributaire des problèmes phytosanitaires (dégénérescence virale), mais aussi de la rareté des travaux de recherche touchant à cette culture, surtout au niveau de l'amélioration de la conduite culturale. Certains agriculteurs sensibilisés par l'amélioration des rendements résultant de l'utilisation de la fertigation au niveau de la pratique culturale, ont tenté de l'utiliser au niveau de la conduite culturale de l'artichaut. Cependant en absence de travaux de recherches pouvant les éclairer sur les techniques à suivre, les agriculteurs ont essayé différents modes de conduite. Pour répondre à certains de leurs interrogations nous avons pris comme objectifs pour le présent travail de recherche, l'étude des différents aspects de conduite culturale.

L'essai a été conduit dans deux sites expérimentaux :

- Au Centre de Perfectionnement et de Recyclage agricole (CPRA) à Essaïda (Centre Technique de la Pomme de Terre (CTPT) actuellement), nous avons suivi le cycle de développement des deux variétés d'artichaut les plus cultivées en Tunisie : le *Blanc Oranais* et le *Violet d'Hyères*.
- Dans le cadre d'un Projet National Mobilisateur (PNM), impliquant l'INRGREF, l'INAT et le CPRA Essaïda, une étude comparative de trois modes d'irrigation à savoir l'irrigation à la raie, l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et la fertigation, a été menée à la station expérimentale de l'Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts (INRGREF) à Cherfech (Ariana).

En plus, une investigation auprès des agriculteurs de la basse vallée de la Medjerda, pratiquant la fertigation de l'artichaut, nous a permis d'évaluer les résultats réalisés par ces agriculteurs.

PREMIERE PARTIE



ANALYSE
BIBLIOGRAPHIQUE





Cette production (37% de la production mondiale) a permis à l'Italie de dominer le marché de l'artichaut malgré que les rendements réalisés par ce pays restent assez faibles (9.27 T/ha en 1999). Par contre, d'autres pays comme le Pérou, l'Argentine, la Syrie et Chypre réalisent des rendements assez élevés allant de 18 à 20 T/ha, mais leur parts dans la production mondiale est presque négligeable (inférieur à 1%).

L'Afrique, deuxième site important de production d'artichaut est représenté par l'Egypte (57mT en 1999), l'Algérie (45mT), le Maroc (28.33mT) et la Tunisie (25mT).

En France, l'artichaut est cultivé en deux saisons l'une automnale et l'autre printanière.

Cependant la période allant de Novembre à Mars présente une période creuse et la demande n'y est pas satisfaite. Cette période est profitable pour la Tunisie, puisqu'elle constitue une porte ouverte pour l'exportation de l'artichaut en frais. En plus la Tunisie bénéficie d'un avantage fiscal sur les exportations d'artichaut en Europe avec un quota de 5000 tonnes par an. Malheureusement le niveau de nos exportations n'a pas dépassé les 100 tonnes par an (voir chapitre2 : situation de l'artichaut en Tunisie).

Chapitre 2

SITUATION DE L'ARTICHAUT EN TUNISIE

Les conclusions de HARBAOUI (1975), sur la période 1964-1974 ainsi que l'analyse des données de 28 années (1971-1998) concernant les superficies cultivées, la production, l'exportation et la transformation de l'artichaut, ont été considérés pour l'analyse de la situation de l'artichaut en Tunisie.

1. Localisation de la culture

La répartition de la culture de l'artichaut en Tunisie, montre que cette culture est spécialement cultivée dans la basse vallée de la Medjerda, et particulièrement dans la gouvernorat de l'Ariana, en premier lieu suivie par les gouvernorats de Bizerte et Beja (voir figure. 1).

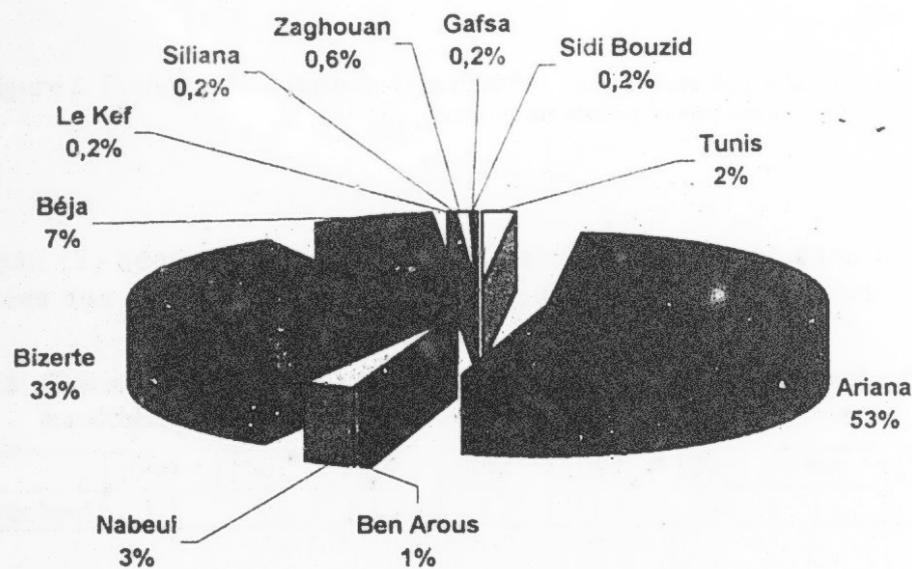


Figure 1: Répartition de la superficie cultivée en artichaut par gouvernorat (campagne 1997-1998)
(Ministère de l'agriculture - DG/PDIA)

L'artichaut, dans notre pays est considéré comme une culture hivernale, en irriguée. Ce qui justifie sa localisation dans les périmètres publics irrigués.



2. Surfaces cultivées

En étudiant la situation de l'artichaut pendant les années soixante jusqu'au début des années soixante dix, HARBAOUI (1975) signale que les superficies cultivées, varient d'une année à une autre et sont en général comprises entre 1500 ha et 2250 ha, ce qui représentait en 1971, 2.7% des superficies consacrées au maraîchage.

La figure (2) montre que cette instabilité observée pendant les années soixante se prolonge jusqu'à l'année 1993, à partir de laquelle on enregistre une augmentation régulière de la superficie qui passe progressivement de 1800 à 3500 ha.

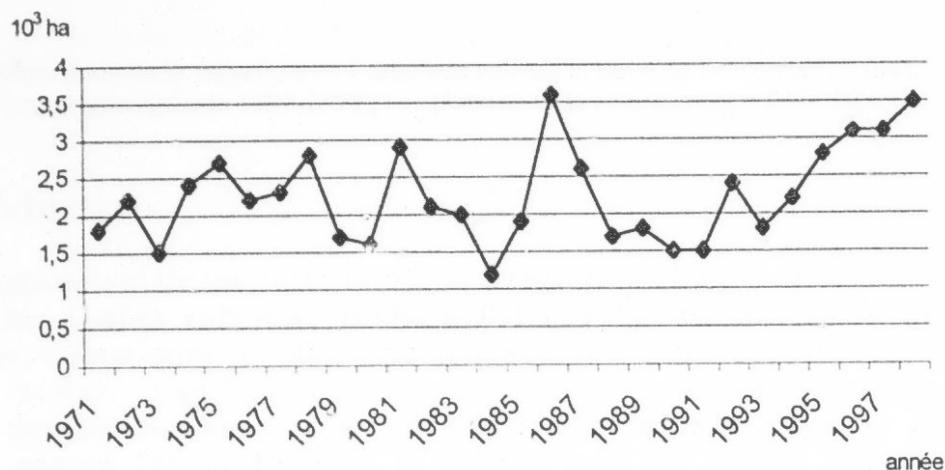


Figure 2: Evolution de la superficie (en 1000 ha) de la culture de l'artichaut en Tunisie.
(Annuaire des statistiques agricoles 1980, 1983, 1986, 1993, 1997, 1998)

Le tableau (2) dégage l'évolution de la part de l'artichaut dans les superficies consacrées aux cultures maraîchères durant ces dernières années.

Tableau 2: Evolution du pourcentage des superficies d'artichaut par rapport à celles des cultures maraîchères.
(Annuaire des statistiques agricoles 1998)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
% de l'artichaut	1.1	1.2	2.5	1.2	1.4	2.1	1.6	1.9	2

Le résultat de l'enquête réalisée au niveau du Ministère de l'Agriculture, dans le cadre du suivi de la campagne agricole 1997-1998 montre que les exploitations de l'artichaut sont en majorité de tailles moyennes : 5 à 10 ha.

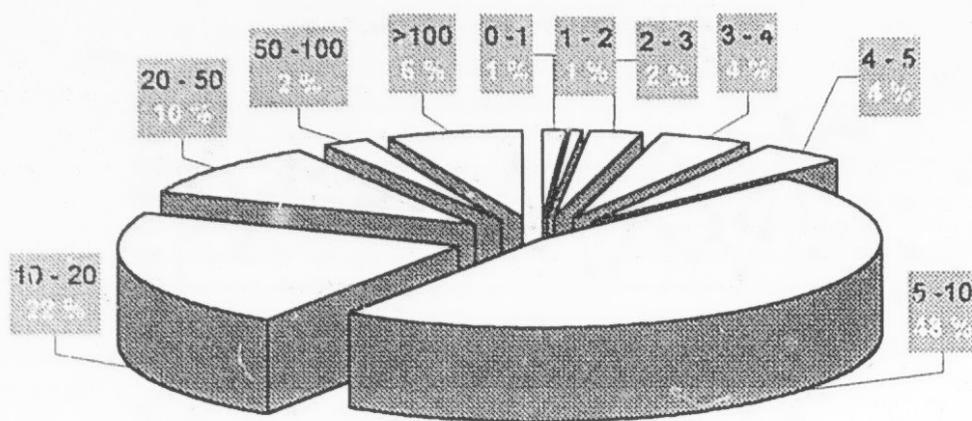


Figure 3: Répartition de la superficie de l'artichaut suivant la taille de l'exploitation (ha) (compagne agricole 1997-1998). (Ministère de l'agriculture - DG/PDIA)

3. Production

La production tunisienne reste faible et irrégulière (figure 4). Pendant les années soixante, HARBAOUI (1975), attribue cette irrégularité aux aléas climatiques et aux changements de structure survenus à cette période. Malgré l'amélioration des conditions culturales surtout par la création des périmètres irrigués un peu partout dans le pays, la production demeure encore faible. En plus il semble que les années pluvieuses sont défavorables pour la culture de l'artichaut. La figure (5) montre qu'il y a souvent une régression de la production pendant ces années. Ceci peut être expliqué par la sensibilité de cette culture à l'asphyxie, notamment dans la région de l'Ariana, où l'artichaut est le plus cultivé car le réseau de drainage n'est pas toujours performant.

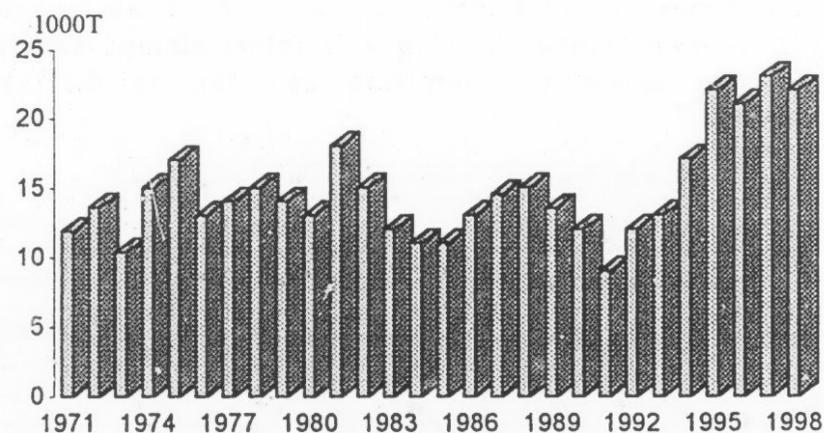


Figure 4: Evolution de la production de l'artichaut (en 1000T) en Tunisie. (Annuaire des statistiques agricoles 1980,1983,1986,1993,1997,1998)



En 1986, les emblavures étaient les plus importantes (3600 ha), cette situation était la conséquence du bon profit tiré par les agriculteurs durant l'année 1985 (hausse des prix); Ce qui les a encouragés à cultiver davantage l'artichaut l'année suivante (1986).

Malheureusement les rendements enregistrés durant cette année étaient les plus faibles (4T/ha).

Cette chute de rendement s'explique par l'augmentation inattendue des prix des intrants, suite à la décision du gouvernement de diminuer les subventions sur les intrants agricoles à partir de cette année. Cette structure n'a pas été favorable au respect des règles de la culture d'où la forte baisse des rendements.

5. Exportation

L'exportation de l'artichaut est fonction des possibilités de l'offre nationale durant la période allant de décembre à février. Selon HARBAOUI (1975), le niveau moyen d'exportation de l'artichaut en frais était de 2900 T/an entre 1964 et 1973. Ceci représentait 34% du volume des légumes frais et 37% de la valeur de ces derniers. C'est donc le légume qui procurait le plus de devises au pays. Malheureusement on a enregistré une chute sans remise depuis 1975.

Les quantités exportées en 1998 n'excédant pas 25 tonnes, ne représentent même pas 1% des 2753 tonnes exportées en 1971.

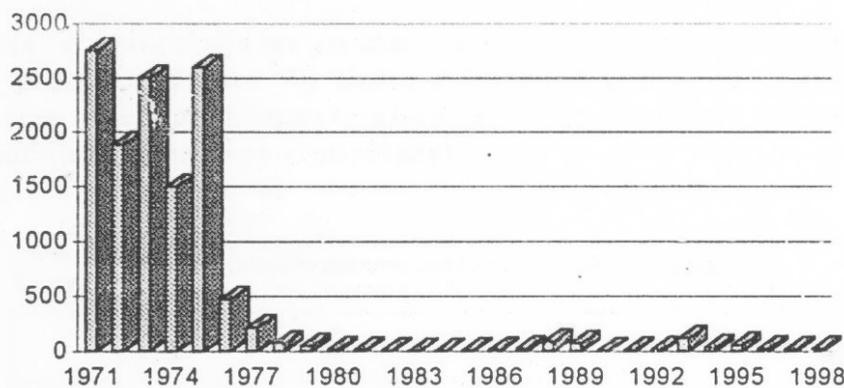


Figure 7: Evolution des quantité d'artichaut exportées (en Tonnes).

(Annuaire des statistiques agricoles 1980,1983,1986,1993,1997,1998)

Actuellement les prix de vente de l'exportation sont plus élevés que ceux du marché local (figure 8), mais cela ne semble pas encourager les agriculteurs à l'exportation ! (Les quantités exportées ne représentent en moyenne que 3.5% des quantités produites).

Les raisons qui expliquent ce manque d'enthousiasme envers l'exportation sont :

- ◆ la dépréciation de la qualité
- ◆ la faiblesse de la production précoce
- ◆ la nécessité de la main d'œuvre supplémentaire pour le triage.
- ◆ l'exigence variétale des exportateurs.
- ◆ l'absence de contrats entre l'exportateur et l'agriculteur.

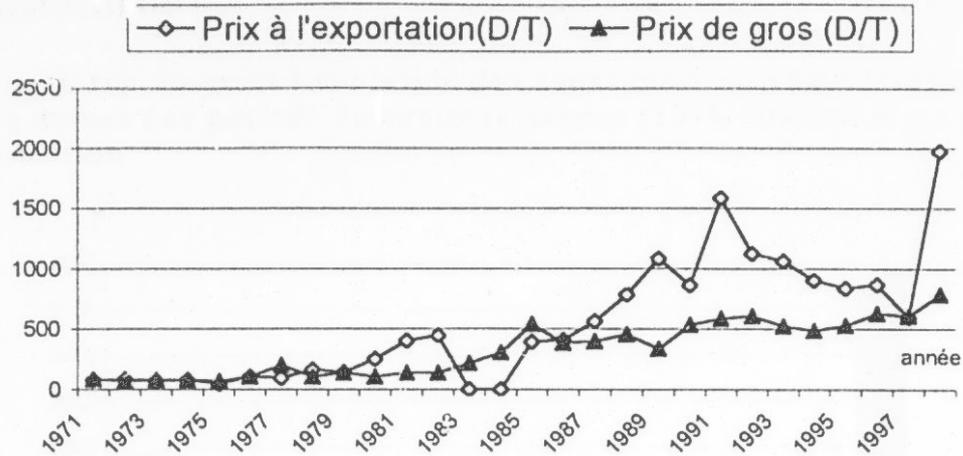


Figure 8: Evolution prix de gros et prix à l'exportation de l'artichaut en Tunisie.
(Annuaire des statistiques agricoles 1980,1983,1986,1993,1997,1998)

6. Marché local

Sur le marché local, on a souvent remarqué que l'agriculteur préfère écouler sa production directement sur place afin d'éviter tout problème lié à la commercialisation de ce produit à savoir : le transport, les intermédiaires, les taxes...

Les quantités commercialisées au marché de gros ne représentent que 31% de la quantité produite (figure 9). Cette différence s'explique par l'importance des pertes (capitule non commercialisable) et la vente sur place ou dans les marchés hebdomadaires (non contrôlés).

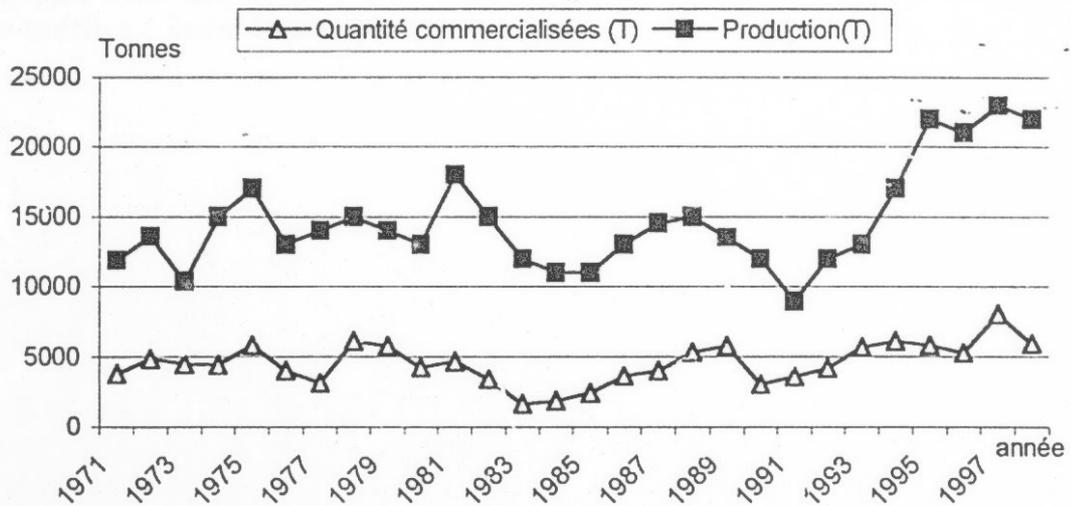


Figure 9 : Ecart entre la quantité commercialisées et la quantité produite d'artichaut en Tunisie.
(Annuaire des statistiques agricoles 1980,1983,1986,1993,1997,1998)



7. Transformation

La figure (10), représentant l'évolution des quantités d'artichaut transformés montre que durant une période de quatorze années (1978-1992) il n'y a pas eu de transformation.

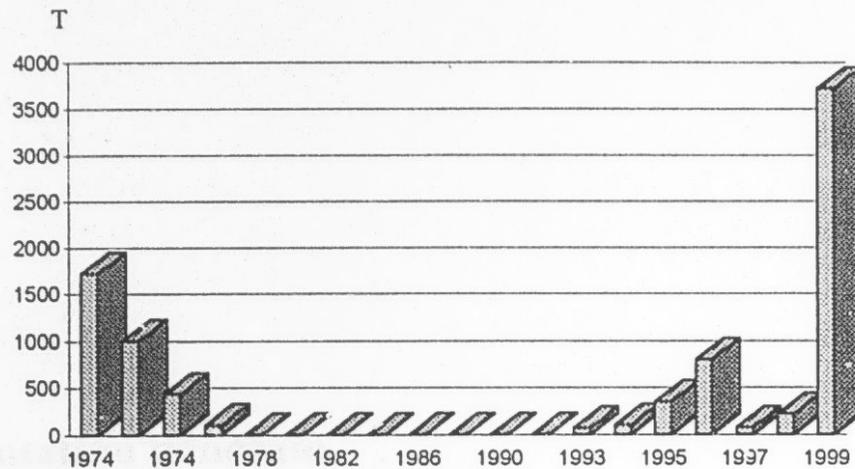


Figure 10: Evolution des quantités d'artichaut transformées en Tonnes. (GICA, 1999)

Cette situation peut être attribuée à la non adéquation de la matière première avec les exigences de la transformation, en terme de qualité.

En 1993 on a enregistré une reprise de la transformation, mais ce n'est qu'en 1999 que la transformation de l'artichaut fut vivement relancée (plus de 3500 Tonnes). Cela a été réalisé grâce à la mise en place par des promoteurs italiens, de deux unités de transformation dans deux des principales régions de production (Jedaïda et Utique).

Chapitre 3

LA PLANTE ET SA CULTURE

1. Présentation générale

1.1. Origine

L'artichaut appartient à la famille des composées (Astracées), le genre *Cynara* ne comporte qu'un nombre restreint d'espèces (*C. cardunculus*, *C. syriaca*, *C. sibiriana*).

D'après CHAUX et FGURY (1994), une de ces espèces pourrait avoir donné en culture et, sans doute, successivement : le cardon (*Cynara cardunculus* L.) par l'accroissement de la nervure centrale et l'artichaut (*Cynara scolymus* L.) par augmentation du volume du capitule.

La plante a pour origine, l'ouest méditerranéen et les premières mises en culture semblent ne pas remonter à plus d'un ou deux siècles.

1.2. Composition de l'artichaut

La plante de l'artichaut a été cultivée depuis une longue date à des fins alimentaires et aussi thérapeutiques. Sa teneur en potassium, manganèse, phosphore, fer, vitamines A, B1, B2 et C en fait un champion énergétique (tableau 3).

En phytothérapie, c'est surtout les feuilles (riches en cynarine) qui sont utilisées sous forme d'infusion, pour faciliter les fonctions d'élimination rénales et digestives.

En pharmacie, un extrait sec de feuilles titré en dérivés polyphénoliques (entre 3.65 et 4 %) est présenté sous forme de gélule (192.5mg).



Tableau .3 : Composition chimique et valeur énergétique de l'aliment par 100 g de partie comestible.
(Institut national de la nutrition Italienne : EDRA-1997).

Composition chimique		Unité	Valeur
Partie comestible		%	34
Eau		(g)	91.3
Protéines		(g)	2.7
Lipides		(g)	0.2
Glucides	Disponible	(g)	2.5
	Amidon	(g)	0.5
	Soluble	(g)	1.9
	Fibre alimentaire	(g)	5.5
Energie		Kcal	22
		Kj	92
Minérale	Sodium	mg	133
	Potassium	mg	376
	Fer	mg	1
	calcium	mg	86
	Phosphore	mg	67
Vitamine	B1	mg	0.06
	B2	mg	0.1
	PP	mg	0.5
	A	mg	18
	C	mg	12

2. La plante

2.1. Morphologie

L'artichaut est une plante vivace par son rhizome, mais la partie aérienne disparaît chaque année, soit par les gelées d'hiver en Europe, soit par la sécheresse estivale en Afrique du nord.

A cause de son allogamie, le mode de multiplication par semence, donne des populations très hétérogènes. C'est pourquoi la multiplication végétative est la pratique par excellence.

Au cours de ce paragraphe on s'intéressera donc à décrire la plante selon ce mode de multiplication.



2.1.1. Appareil racinaire

A peu près parallèlement avec leur émergence, les tiges issues de bourgeons axillaires profonds émettent à leur base, de fines racines adventives filiformes très fragiles (FOURY, 1980). Détachées de la plante mère, ces jeunes tiges faiblement racinées constituent le plant d'artichaut utilisé pour l'installation des cultures nouvelles (CHAUX et FOURY, 1994).

Si les œilletons ne sont pas séparés de la touffe, ces racines adventives se maintiendront et des nouvelles apparaîtront à la reprise de la végétation tout en subissant un épaississement.

Par contre, si l'œilleton est séparé de la touffe, les premières racines formées, disparaissent et un nouvel enracinement adventif se développera après plantation. Dans ces cas, les racines épaissies ne jouent pratiquement aucun rôle dans la nutrition du végétal et sont particulièrement sensibles à l'humidité (MONCOUSIN, 1982).

MARRAS (1969), en étudiant l'enracinement d'artichaut, a montré que pour atteindre un volume final de 1.10m de diamètre et 60 cm profondeur, le nombre des racines passait de 10 à 35. De même, FOURY (1980), signale que le système racinaire d'un plant de violet de Provence occupe, deux mois après sa mise en terre, un volume conique d'environ 30 cm de profondeur sur 50 cm de diamètre de base. Cependant, en hiver il régresse fréquemment, surtout en sol mal drainé, puis se développe à nouveau au printemps pour atteindre au moment de la récolte printanière à peu près les mêmes dimensions que la rosette des feuilles (CHAUX et FOURY, 1994).

2.1.1.1. Effet de la taille des boutures sur la rhizogénèse

Plusieurs auteurs cités par FOURY (1980) : SCARAMELLE.P et col, 1960 ; BEAKBANE, 1961 ; CIAMPI et GELLINI, 1958 ; CIAMPI et GELLINI, 1963 ; MITTEMBERGHER, 1964 ; HARTMAN et KASTER, 1968 ; EL BARKOUKI et col, 1976) ont localisé chez de nombreuses angiospermes, les primordia des racines adventives dans la zone péryclicque et principalement au débouché des rayons médullaires; ils ont en outre suggéré une liaison entre la structure anatomique et l'aptitude à l'enracinement.

En se référant à une coupe transversale d'un œilleton de violet de Provence, montrant des rayons médullaires étroits et surtout des fibres scléreuses éparses dans le péricycle, FOURY (1980), conclut que l'abondance des fibres péryclicques croît avec l'épaisseur de la tige, alors que la longueur des rayons médullaires diminue avec son âge. Il s'ensuit que les boutures de petite taille ont tendance pour une saison donnée à produire plus rapidement des racines. Ces dernières seront moins nombreuses, plus frêles et cassantes.

La sclérification du péricycle gêne la progression des ébauches radiculaires, cependant les grosses tiges sont plus aptes à survivre en sol sec (FOURY, 1994).



2.1.1.2. Influence de la position de l'organe utilisé comme bouture sur la précocité et le rendement.

De nombreux chercheurs ont essayé de mettre en évidence l'influence de la position de l'organe utilisé comme bouture. Les résultats semblent être contradictoires (MONCOUSIN, 1982).

Dans certains cas, le rendement et la précocité ont été améliorés par l'utilisation de boutures placées en position haute (BARBIERI, 1959; JANNACCONE 1967; GUIMBARD et CORRE, 1972), au contraire DELLACECCA et BIANCO (1966), considèrent les boutures les plus profondes comme étant les plus précoces.

2.1.2. Appareil aérien

L'artichaut se présente sous forme d'une rosette de feuilles à aire végétative importante, d'environ 1m^2 , dont les formes cultivées s'élèvent à soixante ou quatre vingt centimètres du sol.

La hampe inflorescentielle apparaît toujours au centre de la rosette et atteint un mètre à un mètre cinquante (MONCOUSIN, 1982).

2.1.2.1. Tige

Du fait de la plantation, puis du buttage, la tige peut se trouver plus qu'à moitié enterrée, d'où l'appellation erronée de rhizome (FOURY, 1980).

La tige est épaisse à entre nœud très court constituée par une moelle très importante (1/3 à 1/2 de la section, FOURY, 1980).

L'anneau vasculaire est très réduit, ce qui constitue un handicap lors d'une forte demande climatique, puisqu'il serait incapable d'assurer une bonne alimentation hydrique (CHAUX et FOURY, 1994).

LA MALFA et FOURY 1971, ont décrit trois zones se distinguant assez facilement sur la tige du violet de Provence :

- La portion basale issue de l'allongement de la pousse axillaire avant son sevrage, porte une quinzaine de bourgeons et de nombreuses racines filiformes et charnues ;
- La partie médiane formée peu après la mise au champs, est garnie de 15 à 20 bourgeons axillaires souvent assez volumineux et de la majorité des racines filiformes subhorizontales ;
- La fraction terminale de grand diamètre et d'entre-nœuds courts, émerge du sol .

2.1.2.2. Feuilles et rejets

2.1.2.2.1. Feuilles

Une coupe transversale de l'apex montre deux hélices foliaires.

FOURY (1980) conclut qu'il s'agit de deux centres générateurs qui émettent les feuilles plus au moins régulièrement et rapidement selon le stade de développement.



Chaque feuille, sauf la partie distale de l'axe du groupement d'inflorescence, axille un seul bourgeon .

Pour les variétés du groupe des violet conique méditerranéens on observe toujours une nette hétéroblastie c'est à dire successivement des feuilles entières peu après la plantation, puis des limbes progressivement plus découpés de la rosette et à nouveau de plus en plus simples jusqu'aux bractées d'involucre (FOURY, 1980).

Le même auteur signale que les plantes les plus tardives présentent plus de feuilles au moment de la montaison et les plantes issues de cabosses et de batons présentaient moins de feuilles que les plantes racinés de pépinière.

2.1.2.2.2. Rejets (œilletons)

A partir d'un îlot méristématique situé à l'aisselle de chaque feuille s'organise un seul bourgeon qui, selon les circonstances, servira à la multiplication végétative naturelle ou pratiquée par l'homme. L'activité gemmaire se généralise progressivement dans les seules zones basales et médianes dès le début de la montaison

Les bourgeons axillaires apparaissent successivement du bas vers le haut, le méristème terminal étant constamment formé par les matériaux les plus récents; l'ontogénie du groupe est donc semblable à celle de la grappe (FOURY, 1980).

CHAUX et FOURY(1994), signalent que le bourgeon inhibé conjointement par la feuille (qu'elle axille) et l'apex, reste à l'état quiescent jusqu'à la récolte des capitules. Les mêmes auteurs indiquent que la levée de cette inhibition est possible sous l'influence des conditions climatiques, culturale ou sanitaire.

Ceci est un facteur supplémentaire d'hétérogénéité de ces organes de multiplication déjà très différents entre eux par l'âge et les saisons.

FOURY(1980), affirme qu'au moment de sevrage les œilletons peuvent être d'âge et d'aspect très différents.

Certains œilletons peuvent atteindre le stade floral. Si ces derniers restent sur la plante mère, ils donnent des capitules plus au mois nombreux, selon leur vigueur, l'éclaircissage et l'irrigation (FOURY, 1980). Au Contraire si, ces œilletons sont détachés de la plante mère, leur destinée dépend beaucoup du stade du capitule au moment du sevrage. Si, celui ci est gros, sa croissance ne peut se poursuivre avant l'enracinement de la tige et il avorte; Plusieurs bourgeons axillaires se développent alors et produisent plus au moins normalement mais avec beaucoup de retard par rapport aux plantes normales. Si au contraire, le capitule est petit, sa croissance continue plus au moins simultanément avec la rhizogénèse mais la plante n'atteint qu'une taille réduite, on la qualifie d'accélérée, sa production commerciale est nulle (POCHARD, 1961).

FOURY(1969) propose des critères de choix de l'œilleton, afin d'avoir la culture la plus homogène possible :

- Tige: Courte : 15 à 30mm
- Epaisse : 12 à 25 mm
- Portant des bourgeons axillaires peu développés et des racines adventives à la partie basale



2.1.2.3. Inflorescence et Biologie Florale :

Dans certaines conditions de culture et de milieu, le rythme d'émission des feuilles est modifié; l'apex passe de l'état floral apparemment selon les modalités décrites par NOUGAREDE (1965) pour d'autres composés (MORONE FORTUNATO et col 1979.b) .

Les fleurs sont d'abord groupées en capitule ou synflorescence (LEPPIK, 1977) entourées d'un involucre de 150 à 200 bractées, d'un seul type à base très charnue et comestible tout comme le réceptacle.

Neuf stades ont été décrits sur le violet de Provence cultivés en automne par POCHARD (1961), ensuite réduite à sept puis à six par FOURY (1967) :

- * **Stade A** : Le capitule perceptible au toucher est enveloppé par les feuilles de la hampe, encore courte
- * **Stade B** : Le capitule apparaît au centre de la rosette.
- * **Stade C** : Le capitule de premier ordre est parfaitement dégagé.
- * **Stade D** : Le capitule est au stade optimal de récolte (Les bractées ne divergent pas encore).
- * **Stade E** : les bractées extérieures divergent, le réceptacle d'abord concave, devient plan.
- * **Stade F** : les bractées scarieuses, centrales sont écartées.

D'après FOURY (1980), le but de cette échelle était de classer la précocité des clones de violet de Provence en cours de sélection .

Le même auteur précise que chacun des 4 premiers stades est séparé par sept à huit jours . Il s'écoule donc très régulièrement vingt et un à vingt quatre jours entre le stade A et le stade D.

Pour un stade donné, la forme et le poids du capitule de même ordre et d'un même cultivar sont susceptibles de varier assez considérablement avec la saison et le lieu (FOURY, 1970).

La forme et la coloration du capitule varient beaucoup avec les conditions de culture, la divergence des bractées est nettement soumise à la température et l'humidité du sol et de l'air (STIFL, 1968)

Les capitules sont réunis, pour chaque rosette, en un groupe d'ordre supérieur, parfois baptisé conflorescence (LEPPIK 1977) .

Inversement, à la formation des bourgeons, la transformation en capitule est centrifuge et descendante (FOURY, 1980).

L'inflorescence est constituée par le capitule de premier ordre terminal et ceux de second ordre, il peut en exister de troisième, voire de quatrième ordre. Leur volume décroît nettement avec l'ordre chez l'artichaut (FOURY, 1978) Chaque axe secondaire est axillé par une feuille dont le limbe est de moins en moins découpé du bas vers le haut. A proximité du capitule terminal, la transition avec la bractée d'involucre est facile à suivre .

De l'étude temporelle et spatiale des différents cas et des intermédiaires, MARESQUELLE (1965), a formulé l'hypothèse d'une induction topographique d'abord étroitement localisée, pouvant s'étaler et gagner les méristèmes voisins de proche en proche par une voie nécessairement descendante .

Effectivement, la dissection du jeune axe floral d'une plante de Blanc Hyérois issue de bouture et cultivée en cycle long laisse apparaître du haut vers le bas la séquence suivante :



- ★ un capitule de premier ordre;
- ★ quatre à cinq aisselles vides à feuilles entières;
- ★ trois capitule de deuxième ordres à peine plus petit que le terminal (leur axe comporte en général 5 nœuds, les aisselles distales étant vides);
- ★ cinq à six bourgeons axillaires se transforment en capitules;
- ★ quatre à cinq bourgeons axillaires mal formés évoluent en capitules avortés;
- ★ une rosette d'une trentaine de feuilles et trace foliaires;

Tout se passe comme si le capitule terminal inhibait la formation des bourgeons axillaires les plus proches, puis favorisait la transformation rapide des méristèmes axillaires suivants, cette action s'épuisant progressivement vers le bas (FOURY, 1977) Cependant, à la base de l'axe principal, il peut exister une ou deux ramifications secondaires assez longues portant de très nombreuses feuilles assez découpées et terminées par un capitule récoltable jusqu'à deux mois après l'inflorescence principale. Dans ce cas le méristème axillaire pourrait échapper à la dominance apicale et son fonctionnement plastochronique durerait assez longtemps avant de se transformer en capitules. Autrement dit, le comportement de cet axe secondaire est plutôt celui d'un œilleton, rhizogénèse exceptée.

Cette structure n'est pas rare dans les cultures d'automne de violet de Provence. Quoi qu'il en soit, l'axe de chaque ordre constituant le groupe d'inflorescence peut être divisé en trois zones :

- celle des aisselles vides ;
- celle des axes de l'ordre suivant, terminés chacun par le plus beau capitule de cet ordre ;
- celle des capitules sessiles ou presque (plus au moins mal formés).

Ces conceptions et observations paraissent fondamentales pour relier les structures de groupement d'inflorescences aux modalités de développement (FOURY, 1980).

2.1.2.4. Biomasse et rendement utilitaire

La quantité de matière fraîche, varie avec l'âge, les techniques culturales et les variétés (Tableau 4).

Tableau .4 : Poids de MF (kg/plante) des différents organes de l'artichaut (FOURY, 1994).

Variété	Racines	Tige	Feuilles	Hampe	Capitules	Total
Violet de Provence	0.8	0.8	2.5	0.5	1	5.6
Camus de Bretagne	1	1	3.5	0.8	1	7.3
Vert de Laon	0.9		4.9		2.4	8.2

D'après (CHAUX et FOURY, 1994), l'efficacité d'une plante (de point de vue anthropomorphique) est exprimée par le rapport :

$$K_{ec} = M.F C / MFT \quad (\text{DONALD et HAMBLIN 1976, Cité par FOURY, 1980})$$

MFC : matière fraîche commercialisable.

MFT : matière fraîche totale produite.



Pour les espèces légumières, les valeurs spécifiques de ce coefficient se regroupent assez nettement selon le type d'organe consommé (légume feuille ou tige $\cong 0.75$), pour l'artichaut, ces valeurs sont assez faibles (0.13 - 0.29). En plus la masse consommée qui ne représente en moyenne que 25% du poids commercialisé reflète l'énorme quantité de déchet transportée jusqu'au lieu de consommation et traduisant par suite le coût élevé du produit. Ces déchets, peuvent fournir de la matière organique par enfouissement, du fourrage (GALVANO et LANZA 1971) ou des substances pharmaceutiques (MARZI et col. 1975).

2.2. Physiologie de la plante

2.2.1. Facteur d'environnement

2.2.1.1. Température

La localisation des grands pays producteurs montre une certaine élasticité des besoins en cours de végétation mais également la nécessité d'hivers doux et bref (FOURY, 1980).

La croissance est favorisée par des températures modérées. La température optimale de croissance est de 15°C à 19°C (CHAUX et FOURY, 1994).

La plante d'artichaut est relativement résistante au froid vue que le zéro de végétation est bas se situant à 5°C, cependant des températures extrêmes altèrent la plante.

Les hautes températures freinent et même inhibent la croissance.

- ① Au-delà de 20°C la croissance de la plante paraît être ralentie (LAMALFA et FOURY, 1973).
 - ② Quelques jours à 0°C et l'épiderme des bractées se décolle devenant la proie de plusieurs parasites.
 - ③ De 0°C à -4°C les capitules et une partie de la hampe florale sont détruits.
 - ④ De -4°C à -7°C toutes les feuilles se dessèchent et se nécrosent.
 - ⑤ De -10°C à -15°C la partie souterraine de la tige est détruite.
- les racines sont plus résistantes, du moins lorsque le sol est sec (BONNET, 1959), cité par (FOURY, 1980).

2.2.1.2. Lumière

La possibilité de produire sur une longue période de l'année, traduit l'indifférence de la plante d'artichaut pour la photopériode.

Le passage à l'état floral paraît être conditionné par l'intensité de la phase végétative qui la précède. La mise à fleur est d'autant plus rapide que la croissance est accélérée. Par suite, c'est essentiellement l'alimentation hydrique et la température, qui régissent cette phase (CHAUX et FOURY, 1994).



2.2.2. Exigences de la plante

2.2.2.1. Exigence hydrique

L'importance de la surface d'évaporation du feuillage, la profondeur modérée du système racinaire et la production importante et rapide de la matière fraîche à chaque démarrage de végétation expliquent les besoins élevés en eau.

Cependant, la fragilité des racines tubérisées, la faiblesse relative de l'enracinement, notamment dans la phase d'installation et au début de croissance rapide doivent retenir l'attention, sur la difficulté à les satisfaire (CHAUX et FOURY, 1994).

2.2.2.2. Exigence édaphique

D'après CHAUX et FOURY (1994), l'artichaut, en climat nord méditerranéen, préfère les sols profonds, bien structurés, plutôt limoneux ou argilo-limoneux. Il s'accommode mieux des terres plus fortes aux latitudes plus basse, mais à condition qu'elles soient convenablement drainées.

Les même auteurs indiquent que les racines d'artichaut sont sensibles à la pourriture et, à l'asphyxie, surtout lors des reprises de végétation.

2.2.2.3. Exigence minérale

FOURY (1980), signale que les teneurs en éléments minéraux varient avec les différentes parties de la plante, les variétés et le milieu. Ces valeurs sont représentées par le tableau suivant:

Tableau .5 : Teneur en matière sèche (% MF) et en éléments minéraux (%MS) des différentes organes de l'artichaut (CHAUX et FOURY, 1994).

Éléments	Racines et tiges	Feuilles	Capitules	Moyenne pondérée
M.S	22 - 26	11 - 17	14 - 20	18
N	1.5 - 2.5	2.0 - 3.7	2.0 - 3.7	2.5
P ₂ O ₅	0.1 - 0.2	0.1 - 0.3	0.4 - 2.1	0.3
K ₂ O	1.7 - 4.1	1.7 - 4.1	2.5 - 4.1	2.9
CaO	0.7 - 1.4	1.1 - 2.1	0.7 - 1.4	1.3
MgO	0.1 - 0.2	0.2 - 0.4	0.1 - 0.2	0.2
Na ₂ O	-	1.2	-	-
Cl	-	2.5	-	-

Plusieurs auteurs (BARBUT et CHEVALIER, 1940 ; ANSTETT 1965 ; LATTANZIO et col. 1979) cité par FOURY (1980), remarquent le niveau élevé en N, K ainsi qu'en Na et Cl et à moindre mesure Fe et Mn.

Le potassium est l'élément le plus consommé, surtout pendant la période d'émission des tiges florales. Selon la richesse du sol, l'artichaut a la capacité d'utiliser le sodium à la place du potassium. Ceci est le cas des terrains saumâtres (CTIFL, 1982).



Chapitre 4

LA FERTIGATION UNE PERSPECTIVE D'AMÉLIORATION CULTURALE

En Tunisie, les travaux de recherche sur l'artichaut ont été focalisés sur l'aspect phytosanitaire en procédant à la culture *in vitro* ainsi qu'à l'amélioration génétique et la création de nouvelles variétés. Si depuis bien longtemps on n'a pas senti de progrès remarquable au niveau de cette culture, il faut donc chercher ailleurs une alternative permettant d'améliorer notre production.

L'alimentation hydrique et minérale constitue un facteur essentiel dans la vie du végétal, qui peut compromettre son développement et sa production. Par conséquent l'augmentation du rendement revient à optimiser les besoins de la plante, d'où l'intérêt de la technique de l'irrigation fertilisante dans la réalisation de cet objectif.

1. Définition

L'application des produits fertilisants par injection dans le système d'irrigation devient une pratique commune dans l'irrigation moderne des cultures (BESLER 1977, ELFVING 1982, HARISTON et al, 1981; PHENE et BEALE 1976; PHENE et SANDERS 1976, PAPADOUPOULOS, 1986a, 1986b, 1987a, 1988a).

MONTAG et SHNEK (1997), signalent que la fertigation, combine les deux facteurs nécessaires à la croissance et au développement des plantes: l'eau et les fertilisants. Les mêmes auteurs avertissent que la clé de l'augmentation du rendement et de l'amélioration de la qualité réside dans la bonne combinaison entre l'eau et les éléments nutritifs.

RISTIMÄKI (1997) ajoute que les éléments fertilisants solubles, requis par la culture, sont transportés à travers le réseau d'irrigation vers la zone humide du sol, permettant ainsi une meilleure absorption des éléments nutritifs par les racines.



2. Avantages de la fertigation

Les résultats bénéfiques de la fertigation rapportés par différents auteurs (BOSWELL, 1984 ; DESBERG et BRESLER, 1985 ; HOLMEN, 1980 ; PAPADOPOULOS, 1991 ; ROLSTON, 1986 ; MONTAG et SHNEK, 1997 ; RISTIMAKI, 1997) sont nombreux :

- ↪ Le contrôle précis de l'eau et des fertilisants
- ↪ La réduction de la pollution des nappes, particulièrement avec le nitrate.
- ↪ L'adaptation à tous les sols naturels ou artificiels et dont la texture est variable.
- ↪ La possibilité de l'automatisation.
- ↪ L'augmentation de l'efficacité de l'eau et des fertilisants avec un maximum de disponibilité des nutriments.
- ↪ Une économie dans les travaux du sol, l'utilisation des machines agricoles et les carburants.

PAPADOPOULOS (1996), indique qu'avec les mêmes quantités d'eau fournies, la fertigation permet d'augmenter le rendement de deux à trois fois.

Le même auteur signale qu'avec la fertigation, les besoins en fertilisants par unité de surface sont plus importants, quoique leur efficacité soit très élevée. Ainsi, avec une fertigation appropriée et ajustée à la fertilité du sol, l'efficacité des fertilisants, et en particulier celle de l'azote peut atteindre 80 à 90%.

BOGLE et al. (1989), montrent que l'irrigation goutte à goutte accomplie avec uniquement le quart de l'eau délivrée à la raie, entraîne une augmentation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau.

- ↪ La possibilité d'intervenir à tout moment, ce qui permet la correction des carences.

VERGNIAUD (1990), affirme que par la fertigation, les éléments fertilisants sont apportés dans la zone racinaire humide qui est un volume restreint où les racines sont denses. Ce qui entraîne une très forte concentration des fertilisants suite à leur proximité immédiate de la zone racinaire.

En plus le taux d'humidité élevé en permanence crée des conditions favorables de dissociation, d'activation et d'absorption des ions et compense la limite du volume dans lequel sont rassemblés les sels

- ↪ La réduction de la compaction du sol.

SCHWEERS et GRIMES (1976), ont montré que la structure du sol est mieux conservée par le goutte à goutte par rapport à la raie.

- ↪ Un meilleur contrôle des mauvaises herbes, surtout en saison sèche.



BOGLE et al. (1989), indiquent que l'irrigation à la raie ou par aspersion représente une source majeure de développement des mauvaises herbes par dispersion des semences et des champignons telluriques avec l'eau d'irrigation tout le long de la surface cultivée alors que la filtration nécessitée, par le goutte à goutte élimine cette source d'infestation.

↪ Un atout supplémentaire de rendement et de qualité.

ASKRI (1999), signale que la fertigation améliore le rendement commercialisable de 40% de la tomate par rapport au système d'irrigation à la raie et augmente la précocité de la récolte de 9 jours.

SATPUTE et al. (1992), attribuent l'augmentation du rendement à une moindre fluctuation de l'humidité du sol entre les irrigations assurée par le système d'irrigation localisée (quotidien) par comparaison à celui à la raie (hebdomadaire).

3. Inconvénients de la fertigation

Le système de fertigation avec ses avantages présente aussi des inconvénients à savoir :

- ✓ La fertigation est généralement plus coûteuse que la fertilisation classique, en raison
 - des investissements en matériel d'injection ;
 - d'un coût de fonctionnement plus élevé car les engrais solubles sont chers et leur mise en œuvre réclame une technicité supérieure.
- ✓ La fertigation nécessite des connaissances pluridisciplinaires.
- ✓ En culture de plein champ, des précipitations importantes peuvent contraindre le programme de fertilisation.
- ✓ En cas d'un débit d'eau non conforme, la distribution des fertilisants peut être inégale.
- ✓ un risque de colmatage des goutteurs suite à la précipitation des fertilisants où à la présence de calcaire ou parfois de fer dissout dans l'eau d'irrigation.

conclusion

La technique de fertigation a justifié son utilisation pour d'autres cultures maraîchères de plein champ, comme la tomate et la pomme de terre, en améliorant quantitativement et qualitativement les produits finaux, mais qu'apportera-t-elle à la culture de l'artichaut ?

C'est à cette question que nous essaierons de répondre dans ce document.

DEUXIEME PARTIE



EXPERIMENTATION



Chapitre 5

ETUDE DES DEUX VARIÉTÉS LES PLUS CULTIVÉE EN TUNISIE

-Site expérimental CPRA ESSAIDA-

Introduction

Actuellement en Tunisie deux groupes de variétés se partagent les superficies cultivées : les violettes (*Violet d'Hyères*, *Violet d'Alger*, *violet de Bari...*) et les blancs (*Blanc Oranais*, *Blanc d'Espagne*, *Blanc d'Alger...*).

Durant les années 60 et 70, seules les variétés dites violettes étaient les plus cultivées. Les raisons sont leurs qualités marchandes qui facilitent leurs écoulement sur le marché local et extérieur.

Ces dernières années nous avons remarqué que le *Blanc Oranais* est de plus en plus cultivé. Nous pouvons expliquer ceci par la précocité de cette variété permettant ainsi aux agriculteurs de bénéficier, de prix élevés pendant les mois d'Octobre et Novembre.

En plus, le *Blanc Oranais*, est caractérisé par un calendrier de production plus étalé que le *Violet d'Hyères*, offrant aux agriculteurs une période de coupe de capitule plus importante. Par suite une période de recette plus longue (octobre-avril).

Tableau 6: Evolution des superficies cultivées (ha) en artichaut blanc et violet pendant les cinq dernières années dans le gouvernorat de l'Ariana (CRDA Ariana, 1995-2000).

année	Artichaut blanc	Artichaut violet
1995-1996	420	1290
1996-1997	450	1275
1997-1998	549	1261
1998-1999	450	1150
1999-2000	773	1017

L'intérêt que porte les agriculteurs à ces deux variétés nous a incité à étudier leurs comportements. Les essais ont été conduits au CTPT ex CPRA Essaïda qui cultive chaque année dans ses parcelles ces deux variétés.



1.

Matériel et méthodes**1. Matériel végétal****1.1. Violet d'Hyères**

C'est la variété d'artichauts, la plus cultivée dans le monde (France, Italie et Espagne). Elle a été sélectionnée par l'INRA 1968, à la station d'amélioration des plantes maraîchères à Avignon en France.

Elle est considérée comme une variété semi-précoce. Dans les conditions de conduite en Tunisie (plantation en août), les premières récoltes se font fin novembre, début décembre.

C'est une variété à fort développement végétatif. La qualité de production qu'elle offre fait de cette variété la plus appréciée aussi bien sur le marché local que pour l'exportation.

Le capitule est allongé, conique, à bractée bien serrée, allongée, légèrement échancré et uniformément coloré en violet.

1.2. Blanc Oranais

Son appellation peut nous faire penser que cette variété a été introduite de l'Algérie (Oran). Elle doit l'autre moitié de son nom (blanc) à la couleur verte-pâle de ses bractées. C'est une variété très précoce. Pour une plantation de mi-juillet, les premiers capitules sont récoltés début octobre.

A cause de son développement végétatif, moins important que celui du *Violet d'Hyères*, les agriculteurs conduisent le *Blanc Oranais* à une densité de plants par hectare 1,2 à 1,3 fois comparé à celle adoptée pour le *Violet d'Hyères*.

2. sol

Les principales caractéristiques physiques du sol sont résumées dans le tableau suivant :



Tableau 7 : Principales caractéristiques physiques du sol de la station CPRA Essaida.

% Argile	% Limon	% Sable	DA (g/cm ³)	Hv _{cc} (%)	Hv _{PFP} (%)	Stock cc mm/m
31.4	43.1	25.5	1.51	36.2	24.1	362

DA : densité apparente ; Hv_{cc} : humidité volumique à la capacité au champ ; Hv_{PFP} : humidité volumique au point de flétrissement permanent ; stock_{cc} : stock d'eau à la capacité au champ.

3. Eau et système d'irrigation

les parcelles sont irriguées par l'eau de la Medjerda.

L'irrigation est gravitaire. Elle se fait par le siphonage sur des billons de 80cm de longueur en moyenne.

4. Conduite de la culture

4.1. plantation

Le *Blanc Oranais* est planté le 14/07/1997.

L'écartement entre les lignes est de 90 cm, l'inter-plant est de 70 cm. Ce qui donne une densité de plantation de 13875 plants/ha

Le *Violet d'Hyères* est planté le 05/08/1997.

L'inter- ligne est de 1 m et l'inter- plant est de 80cm, d'où une densité de plantation de 12500 plants /ha

Les plants sont des cabosses ayant subi une période d'une semaine de prégermination (placés à l'ombre d'un hangar couvert avec de la paille et bénéficiant de quelques arrosages).

4.2. Conduite de l'irrigation

L'apport de l'eau est basé à une appréciation sur le terrain de l'état de l'humidité du sol. La fréquence des irrigations est hebdomadaire.

4.3. Traitements

L'essai consiste à suivre les différentes étapes du développement des deux variétés d'artichauts les plus cultivées en Tunisie : *Violet d'Hyères* et *Blanc Oranais* conduites avec un mode d'irrigation et de fertilisation classique.

La parcelle de *Violet d'Hyères* est constituée par 48 lignes et celle du *Blanc d'Oranais* par 90 lignes.

Le dispositif expérimental est un essai aléatoire complet avec deux traitements et quatre répétitions.



4.4. Fertilisation et engrais utilisés

Les engrais utilisés sont le super 45 et le sulfate de potasse (50%) et l'apport est fait par épandage. Le programme de la fertilisation est le suivant :

Tableau 8: Calendrier de fertilisation des deux variétés cultivées au CPRA Essaida (en Kg).

	Blanc Oranais						Violet d'Hyères					
	FF	A	S	O	N	D	FF	S	O	N	D	J
Ammonitre		100	100	100	100	100		100	100	100	100	100
Super 45	200		100				200		100			
Sulfate de potasse	200		100	100					100	100		

FF : Fumure de Fond.

J : janvier ; A : Août ; S : Septembre ; O : Octobre ; D : Décembre

4.5. Protection phytosanitaire

Des traitements contre le mildiou (*Bremia lactucae*) et l'alternariose (alternaria) ont été réalisés en utilisant Benlate, Manébe, Dithane.

Des traitements contre les noctuelles et les pucerons ont été réalisés par l'application d'insecticide (Lannate, le Super Nata). Le spic et l'antilimace ont été utilisés contre les escargots, ennemis de l'artichaut durant les années humides

5. Mesures effectuées

5.1. Elaboration de la courbe de croissance

Des prélèvements de trois plants voisins par répétition ont été réalisés toutes les deux semaines pour les deux variétés.

Les racines, les feuilles, les rejets, les capitules ainsi que les tiges ont été pesés à l'état frais puis à l'état sec après séchage à l'étuve à 80° pendant 72 heures.

5.2. Analyse minérale

Les éléments N, P et K sont dosés dans les différents organes de la plante.

L'extraction des ions P et K est faite par l'action de l'acide nitrique (1N) sur l'échantillon après calcination.

Ces deux éléments sont dosés respectivement par calorimètre et par photomètre à flamme. L'extraction de l'azote est faite par la méthode de Kjeldahl. (PAUWELS, J.M et al,1992).



6. Analyse statistique

Le dispositif expérimental considéré, est un essai aléatoire complet avec 2 traitements (variétés) et 4 répétitions.

Le modèle mathématique utilisé est :

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} : Observation de la répétition j de la variété i

T_i : Effet variétal

ε_{ij} : Erreur aléatoire tel que ε_{ij} suit la loi normale $N(0, \sigma^2)$

L'analyse statistique a été faite en utilisant le logiciel SPSS version 8.0 qui nous a permis d'effectuer le test des effets intersujets (variété \times date) en moyennant la procédure « Model Linéaire Factoriel » pour le poids total et racinaire des deux variétés.

L'analyse de la variance à un seul facteur a été réalisée pour le nombre et le poids des rejets, ainsi que les capitules pour chaque variété. Ceci par la procédure : analyse de la variance à un seul facteur. De même pour la teneur minérale des différents organes de la plante.

La séparation des moyennes a été effectuée par le test de Duncan .

Dans les conditions de l'expérimentation (température, pluie et insolation) et en adoptant un mode de culture habituel c'est à dire plantation sur des billons, irrigation gravitaire, et fertilisation par épandage; on a pu distinguer une différence de comportement variétal au cours du cycle annuel de la plante

La figure (11) montre clairement que ces deux variétés ont un comportement très différent. Le *Violet d'Hyères* présente une croissance régulière et continue le long de son cycle de développement, alors que le *Blanc Oranais* après une croissance rapide au début de son développement, présente une régression puis une remise de végétation.

Dans le présent chapitre nous allons examiner le mode de croissance de chaque variété à part.

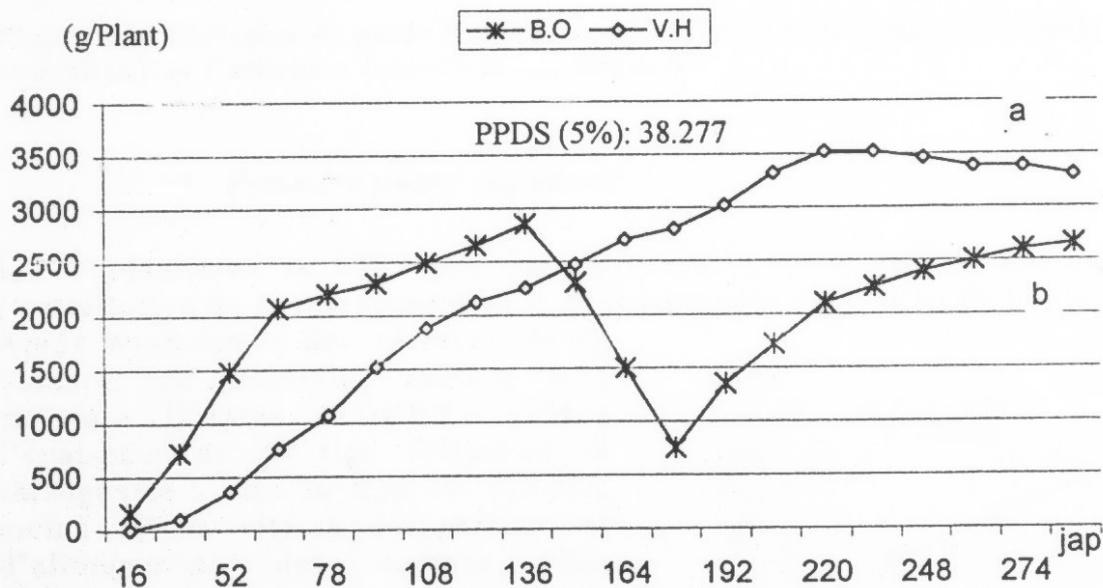


Figure 11: Evolution du poids frais (g/plant) des deux variétés *Blanc Oranais* (BO) et *Violet d'Hyères* (VH) en fonction du temps (jour après plantation).



1. Variété Blanc Oranais

1.1. Courbe de croissance

La figure illustrant le développement de la variété *Blanc Oranais* montre une croissance végétative très importante au départ, une régression végétative et deux périodes de production.

Le cycle de la plante présente cinq stades physiologiques qui sont représentés par la figure (12) :

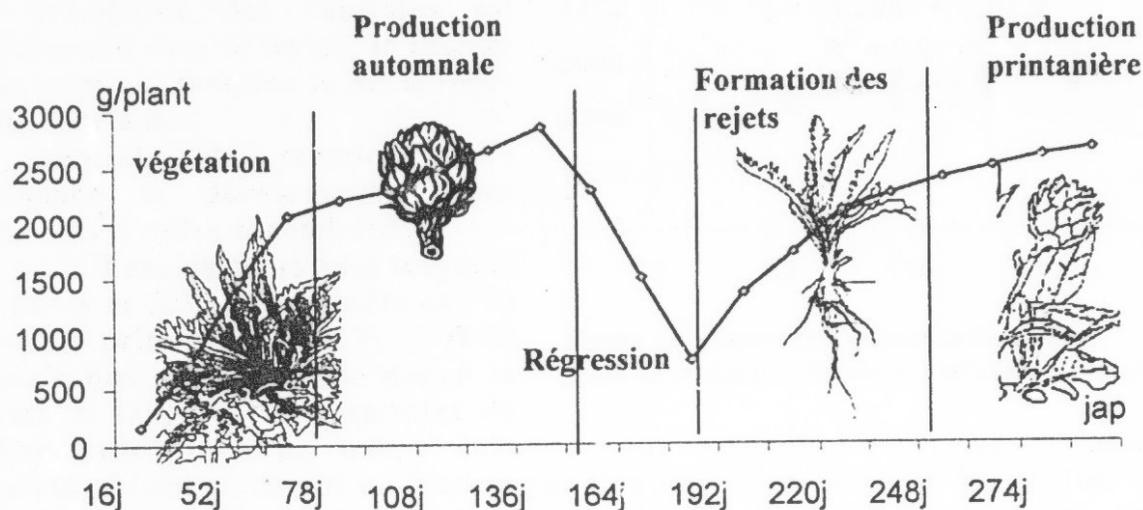


Figure 12: Evolution du poids frais (g/plant) en fonction du temps (jour après plantation) de l'artichaut (variété *Blanc Oranais*).

1.1.1. Première phase végétative

De la plantation au 64^{ème} jour (mi-Septembre), cette période correspond à l'installation de la rhizogénèse et la reconstitution végétative de la plante.

Après épuisement des réserves de la bouture, de nouvelles racines sont émises. D'après FOURY (1980) l'épaisseur de la tige influence la rhizogénèse : Plus la tige est épaisse, moins est la vitesse d'apparition et d'allongement des racines. Les boutures de petites tailles, ont tendance à produire plus rapidement des racines, mais qui sont plus fragile.

Le rythme d'émission des feuilles au départ est lent, puis s'accélère rapidement

pour cesser au virage floral (74^{ème}j). la plante suit une croissance rapide suivant une droite linéaire avec une pente légèrement accentuée « $a=39,2$ » (Figure 13). La vitesse de croissance de cette phase est évaluée à 40g/j.

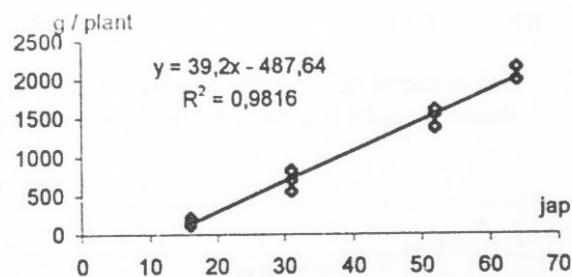


Figure 13: Courbe de tendance de la première phase de croissance végétative de la variété *Blanc Oranais*.



1.1.2. Première phase de production florale (Production automnale)

La deuxième partie de la courbe comprise entre le 74^{ème}j et 136^{ème}j (Fin Novembre) représente la phase de développement de la hampe florale et la production des capitules.

Les ébauches des capitules commencent à apparaître dès le soixante-dixième jour (début Octobre). Trois à quatre semaines et les capitules de premier ordre sont prêts à la coupe.

La production des capitules est échelonnée dans le temps, la récolte d'un capitule favorise le développement de l'autre.

Le capitule de premier ordre influence le développement des capitules d'ordre secondaire.

De ce fait ces derniers sont toujours de poids et de taille moindre que le capitule principal FOURY, (1978 b) signale que pour un stade donné la forme et le poids des capitules de même ordre et d'un même cultivar sont susceptibles de varier assez

considérablement, ce qui ne facilite pas l'appréciation du stade de récolte.

Le rythme d'émission des capitules en fonction du temps (figure 14) suit également une équation linéaire dont la pente est moins prononcée que la précédente ($a = 11,298$).

1.1.3. Régression végétative

La troisième partie de la courbe commence à partir du 150^{ème}j et s'étend jusqu'au 178^{ème}jour (début janvier). Au cours de cette période on remarque une régression remarquable de la végétation, la plante commence à perdre ses feuilles et ne forme plus de capitules. Le jugement d'un champ de *Blanc Oranais* à ce stade peut nous faire croire que le cycle de la plante est achevé.

En réalité, cette régression ne concerne que la partie aérienne tandis que les racines continuent leur développement et préparent le redémarrage de la deuxième phase de croissance végétative.

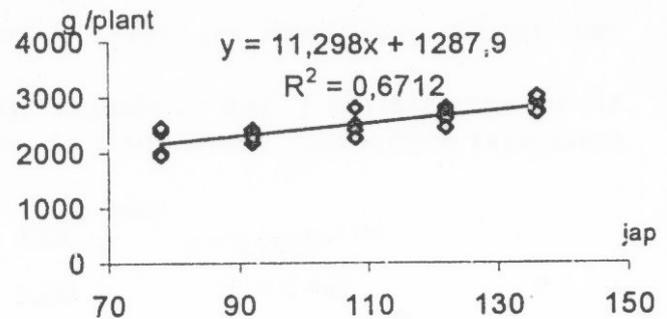


Figure 14: Courbe de tendance de la première phase de production florale de l'artichaut *Blanc Oranais*.

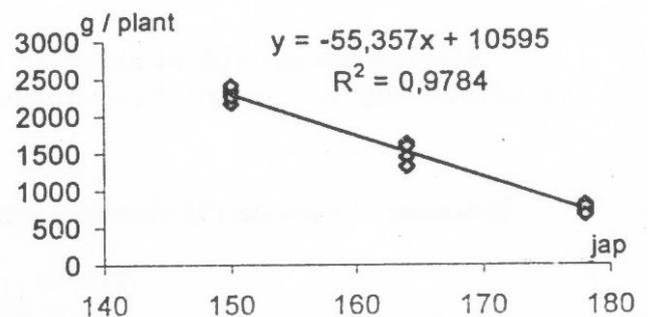


Figure 15: Courbe de tendance de la phase de régression végétatif de la variété *Blanc Oranais*.

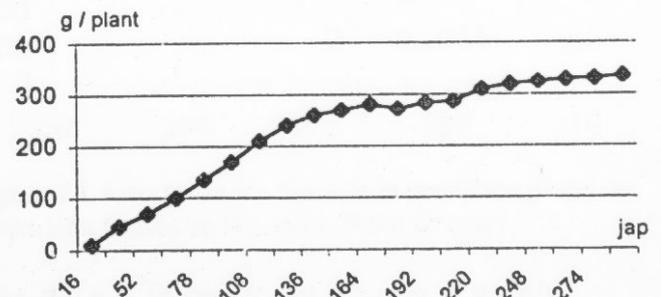


Figure 16: Evolution du poids racinaire en fonction du temps.



1.1.4. Deuxième phase de la croissance végétative

Cette phase végétative est assurée par le développement des rejets. Les ébauches de rejets sont décelables à partir du 150^{ème} jour mais c'est à partir du 192^{ème} jour (mi-janvier) que les rejets sont bien visibles. Le rythme d'émission des rejets (en nombre de feuilles par rejet) est plus au moins rapide ce qui présente une certaine hétérogénéité au niveau de la parcelle.

La remise en végétation est en relation avec les conditions climatiques spécialement la température.

Certains auteurs dont FOURY(1980), signalent que l'abaissement de la température moyenne et l'accentuation de l'amplitude journalière favorisent la reprise de la phase végétative ultérieure. Le même auteur pense que la manière de conduite de la culture notamment l'irrigation influence aussi cette mise en végétation. Il affirme que la croissance ne s'engage vraiment qu'après une levée de la dominance apicale.

On a pu remarquer qu'il existe aussi une relation entre la vigueur végétative de la plante et le nombre total de bourgeons axillaires.

Egalement, le nombre de rejets émis, est fonction à la fois du nombre total des bourgeons axillaires et de la levée de la dominance apicale.

La croissance de la plante durant cette période est illustrée par une courbe de type puissance (figure 17).

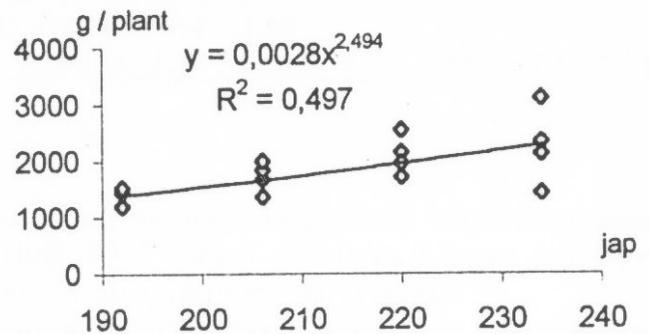


Figure 17: Courbe de tendance de la phase de reprise végétative de la variété Blanc Oranais.

1.1.5. Deuxième phase de production florale (Production printanière)

La cinquième partie de la courbe de croissance correspond à la deuxième phase de production qui est assurée cette fois-ci par les rejets.

Cette deuxième production peut être expliquée par une induction florale assurée par le passage de l'hiver.

Les capitules de premier ordre sont souvent appréciés sur le marché.

Le nombre de capitules produits est fonction du nombre de rejets émis et de la date à laquelle on décide d'arrêter l'irrigation pour permettre à la plante d'entrer en repos végétatif. Généralement, les agriculteurs arrêtent les irrigations au mois de mai.

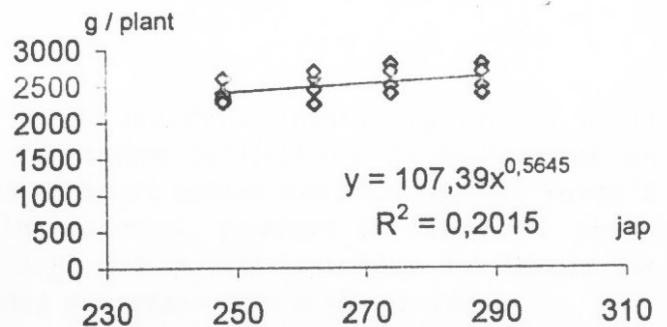


Figure 18: Courbe de tendance de la deuxième phase de production florale de la variété Blanc Oranais.



1.2. Teneurs en matières minérales

Les teneurs en matières minérales varient en fonction des organes de la plante (voir tableau 9)

Tableau 9: Teneur en MS (% de MF) et en éléments minéraux (% de MS) des différents organes de la variété *Blanc Oranais* en fonction des principaux stades physiologiques de la plante : Végétation (67^{ème} j), Production florale (93^{ème} j) et développement des rejets (190^{ème} j).

	Végétation				Production florale				Développement de rejet			
	Ms	N	P	K	Ms	N	P	K	Ms	N	P	K
Racine	20.49	2.02	0.45	1.32	12.46	2.40	0.42	1.49	17.24	2.24	0.43	1.16
Feuille	8.12	1.48	0.36	3.55	8.64	2.56	0.41	3.60				
Rejet									21.6	3.07	0.42	2.63
Capitule					17.32	2.79	0.48	3.75				
Tige					9.12	2.71	0.64	3.90				
Total		3.50	0.81	4.87		10.46	1.95	12.74		5.31	0.85	3.79

1.2.1. Le potassium (K)

On remarque le niveau élevé du potassium pendant la période végétative mais surtout pendant la phase de production (93^{ème} jour). C'est au niveau des tiges que la mobilisation de cet élément est la plus importante (tableau 9).

L'analyse statistique, ne révèle pas de différence significative de la teneur du potassium en fonction du temps dans les différents organes de la plante, sauf pour les rejets où il présente une régression avec l'évolution de ces derniers (figure 25).

On peut conclure que, par le fait de sa disponibilité dans le sol et sa grande mobilité au niveau de la plante, le potassium est régulièrement et même exagérément consommé, où il entre dans la constitution des différents organes de la plante.

Du fait de son intervention dans l'élaboration des protéines, une importante présence du potassium permet d'obtenir une efficacité maximale de l'azote.

1.2.2. L'azote (N)

L'azote se comporte différemment durant les deux phases végétatives de la plante. Pendant la première phase végétative (édification de la rosette) on remarque une augmentation progressive de sa teneur dans les feuilles jusqu'à la fin de cette phase (figure 23). Inversement, pendant la deuxième phase végétative (formation et développement des rejets) la teneur de l'azote est plus élevée au début, puis elle régresse progressivement (figure 26).

On remarque aussi une teneur élevée de l'azote dans les organes de production. Si au niveau des tiges l'analyse statistique ne décèle pas de différence significative (figure 32), au niveau des capitules on remarque une baisse de la teneur de l'azote pendant la production printanière qui est assurée par les rejets (figure 29).

Au niveau des racines on remarque une augmentation pendant la phase végétative, une stabilité durant la production des capitules et la formation des rejets puis une régression à partir du 215^{ème} jour (figure 35).



1.2.3. Le phosphore (P)

Les teneurs en phosphore sont faibles, par rapport aux autres éléments. La période des teneurs les plus élevées, se trouve pendant la première phase végétative et la phase de production. C'est surtout au niveau des racines qu'on observe des fluctuations de la teneur en cet élément (figure 33). Ceci peut être évident, vu sa participation dans le développement racinaire et la migration des réserves. Les teneurs considérables des tiges et des capitules en cet élément confirment sa participation dans la phase de production puisque c'est un facteur de qualité et aussi de précocité (il raccourcit la durée du cycle et accélère la maturation).

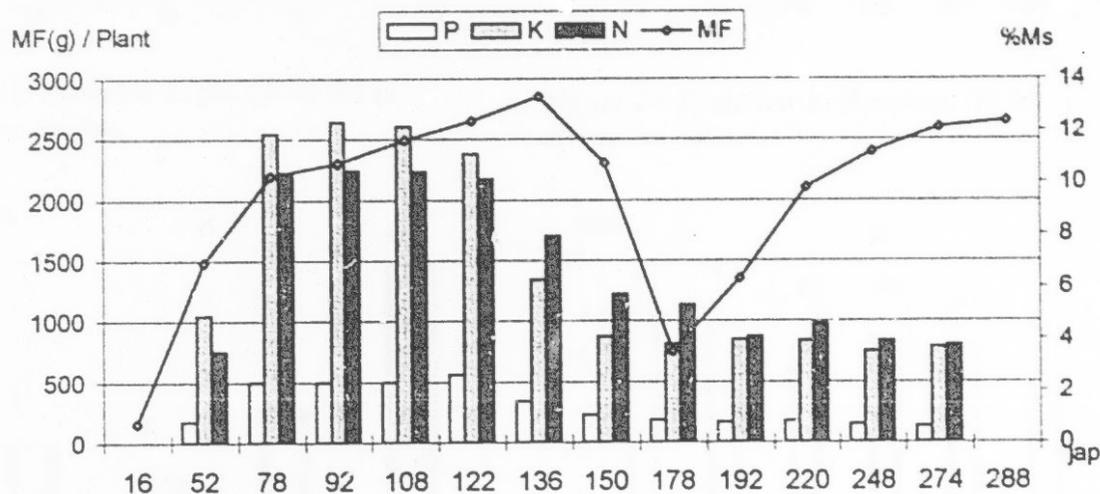


Figure 19: Evolution de la matière fraîche (MF en g/plant) de l'artichaut (Blanc Oranais) et des éléments nutritifs N.P.K (en % Ms) en fonction du temps.

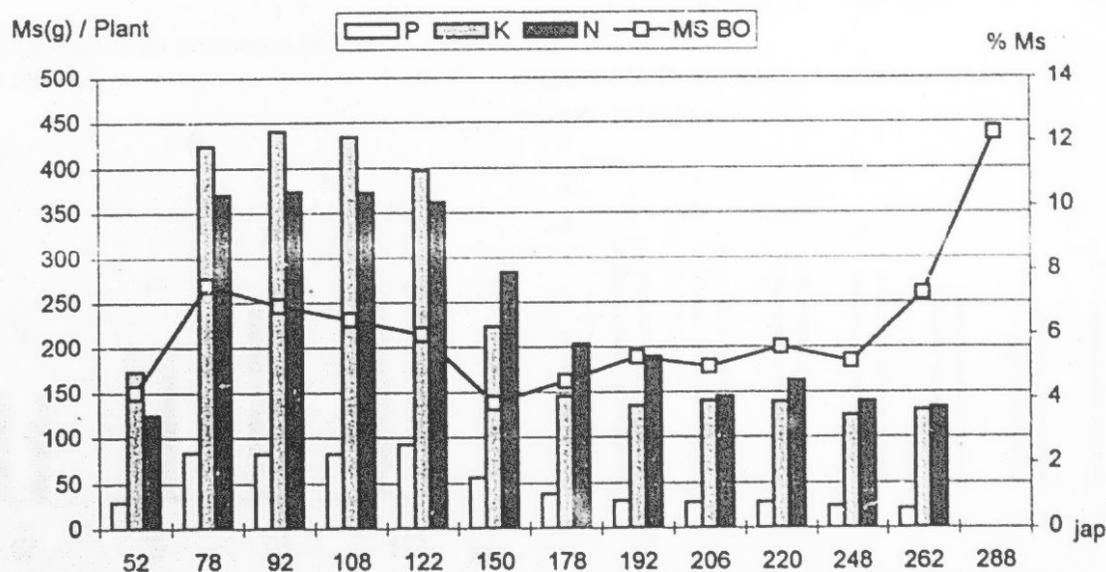


Figure 20: Evolution la matière sèche (Ms en g/plant) de l'artichaut (Blanc Oranais) et des éléments nutritifs N,P,K (en % Ms) en fonction du temps.

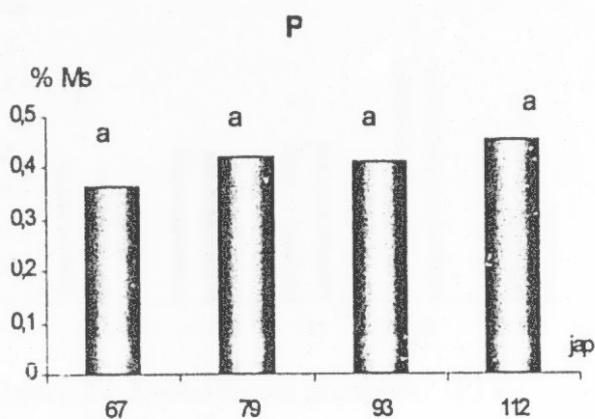


Figure 21: Evolution du phosphore (P) au niveau des feuilles.

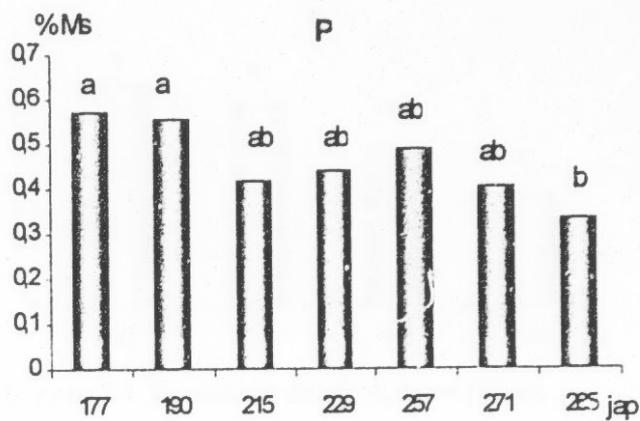


Figure 24: Evolution du phosphore (P) au niveau des rejets.

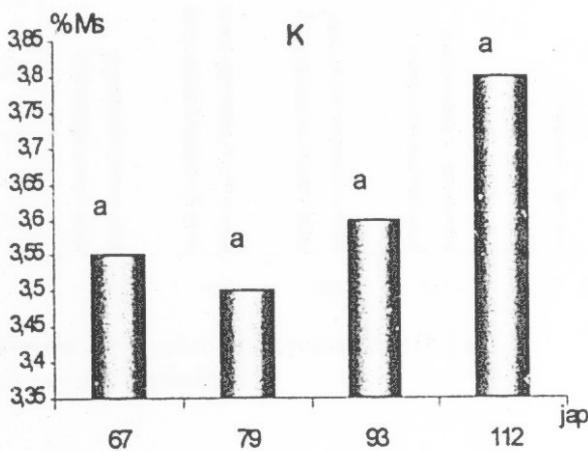


Figure 22: Evolution du potassium (K) au niveau des feuilles.

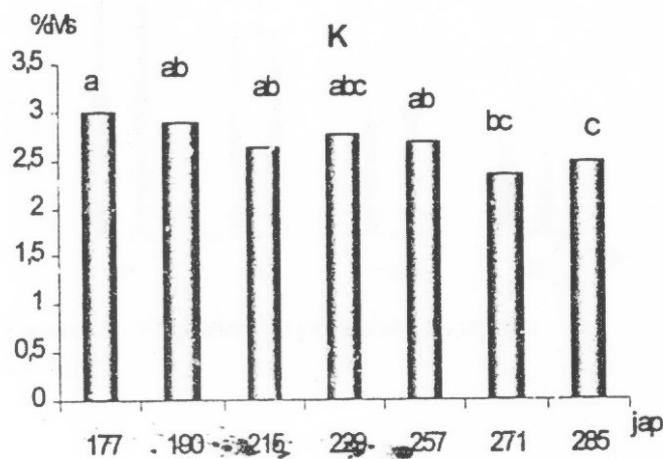


Figure 25: Evolution du potassium (K) au niveau des rejets.

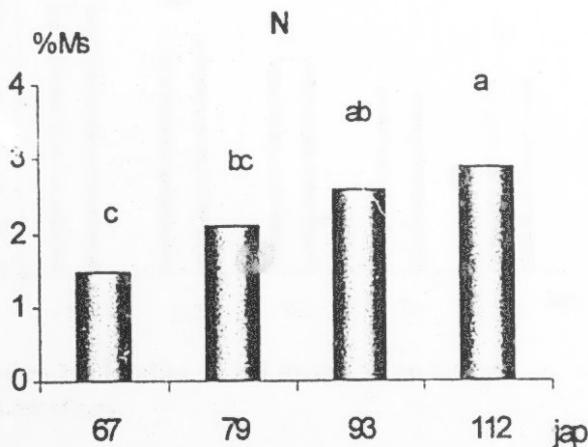


Figure 23: Evolution de l'azote (N) au niveau des feuilles.

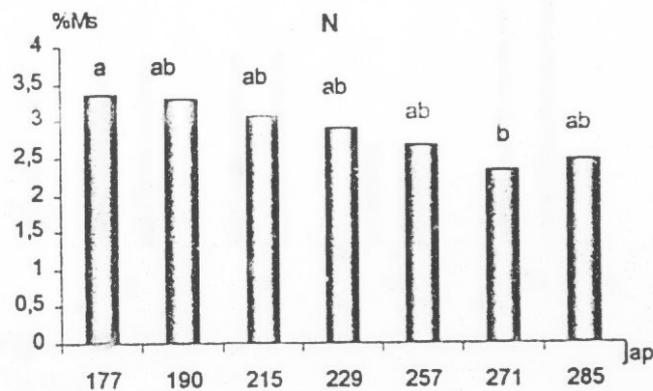


Figure 26: Evolution de l'azote (N) au niveau des rejets.

NB : les valeurs affectées par un même indice ne sont pas statistiquement différent à 5%.

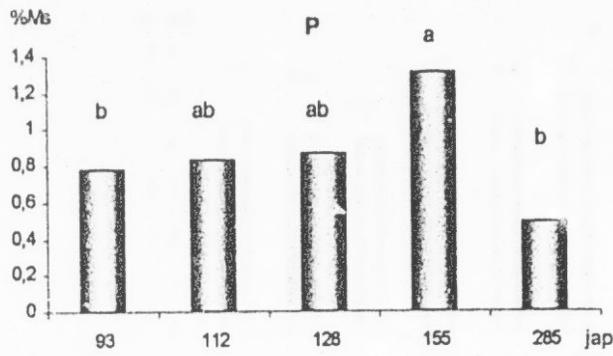


Figure 27: Evolution du phosphore (P) au niveau des capitules

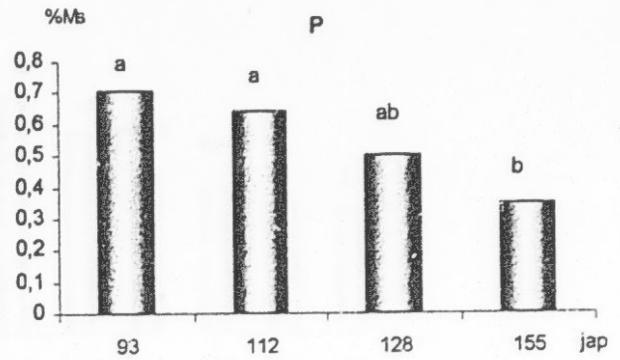


Figure 30: Evolution du phosphore (P) au niveau des tiges

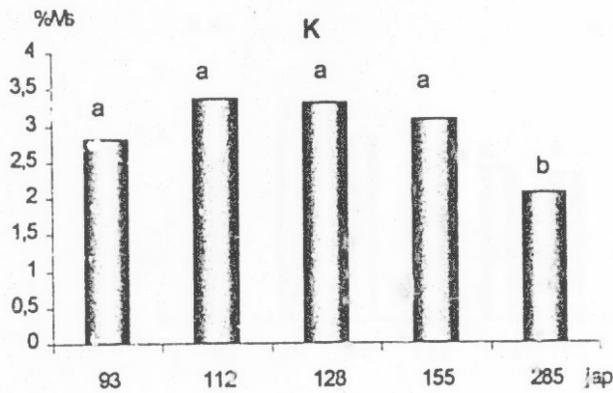


Figure 28: Evolution du potassium (K) au niveau des capitules.

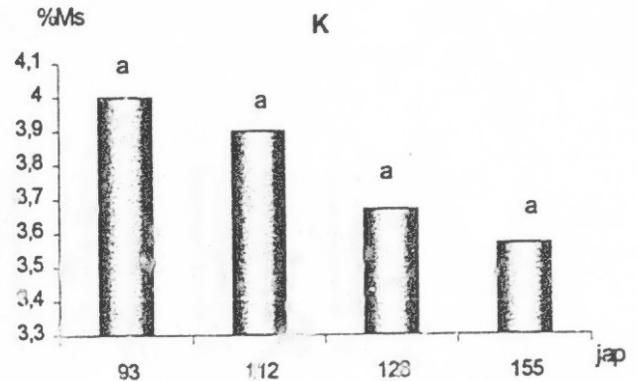


Figure 31: Evolution du potassium au niveau des tiges.

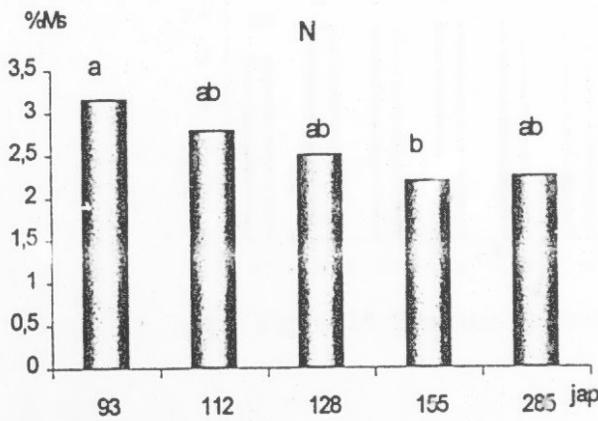


Figure 29: Evolution de l'azote (N) au niveau des capitules.

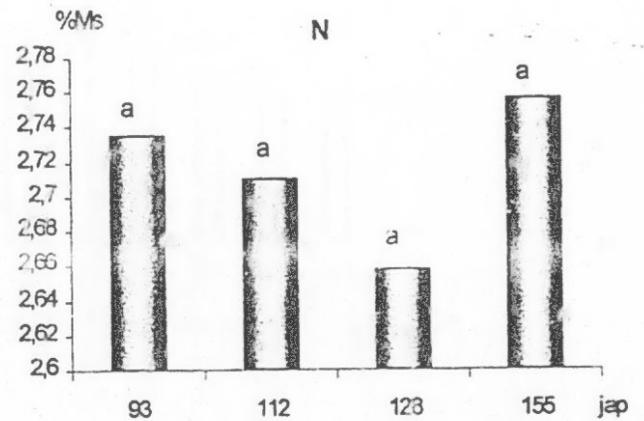


Figure 32: Evolution de l'azote (N) au niveau des tiges.

NB : les valeurs affectées par un même indice ne sont pas statistiquement différent à 5%

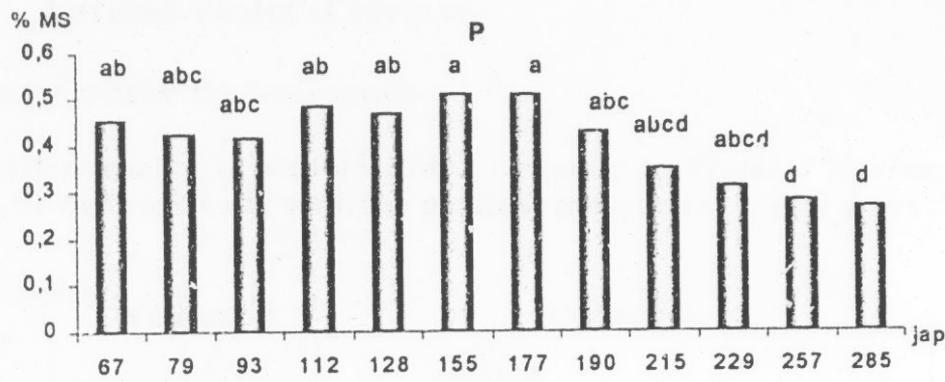


Figure 33: Evolution du phosphore (P) au niveau des racines.

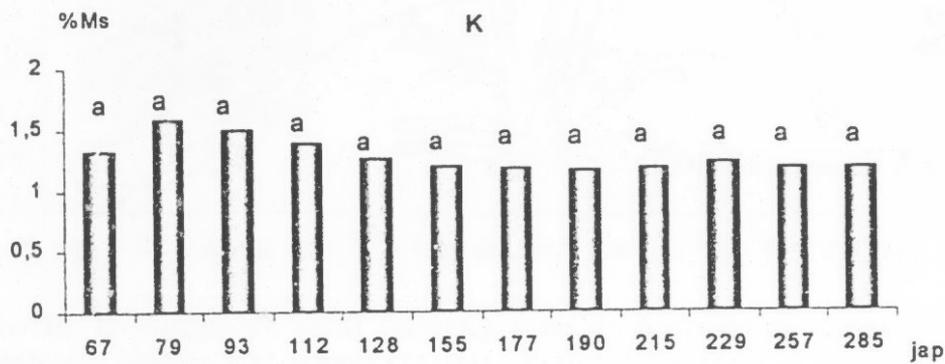


Figure 34: Evolution du potassium (K) au niveau des racines.

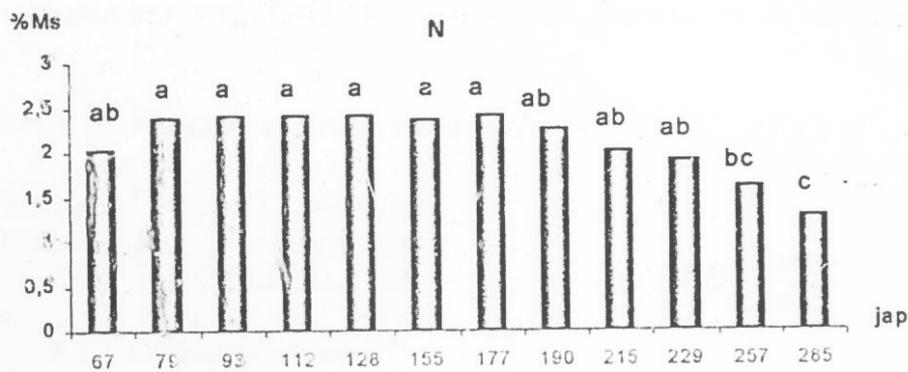


Figure 35: Evolution de l'azote (N) au niveau des racines.

NB : les valeurs affectées par un même indice ne sont pas statistiquement différent à 5%



2. Variété Violet d'Hyères

2.1. Courbe de croissance

Contrairement à la variété *Blanc Oranais*, le *Violet d'Hyères*, présente une courbe de croissance continue pendant presque la totalité du cycle végétatif.

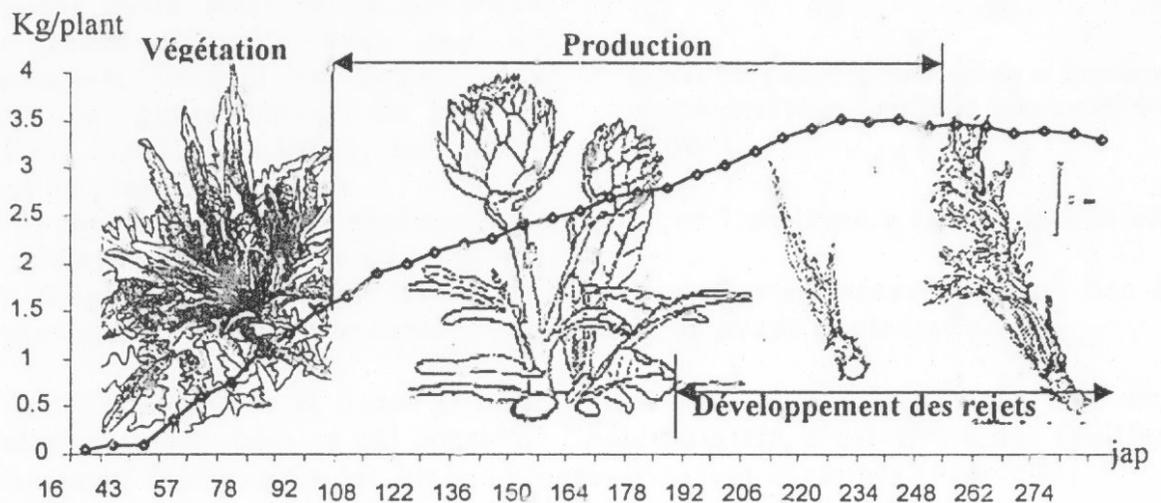


Figure 36: Evolution du poids frais (Kg/plant) en fonction du temps (jour après plantation : jap) de l'artichaut (variété *Violet d'Hyères*).

Sur cette courbe on peut distinguer trois phases qui se succèdent : le développement végétatif, la production florale et le développement des rejets.

1.1.1. Phase de croissance végétative

on distingue deux périodes dissemblables par leurs vitesses de croissance et d'émission des feuilles.

2.1.1.1. Première période

Elle commence à partir du 16^{ème} jour (fin Août) jusqu'au 52^{ème} jour (fin Septembre). Représentée par une courbe exponentielle, cette phase est caractérisée par un rythme d'émission de feuilles lent (figure 37). La vitesse de croissance, calculée sur base du rapport poids total (g) sur la durée de la période (j) est de 8.92 g/j pour la variété *Violet d'Hyères* (contre 36.7g/j pour la variété *Blanc Oranais*). Cette situation a été bien décrite par un agriculteur de la région de CHERFECH, en disant que « le *Blanc Oranais* démarre à la quatrième vitesse tandis que le *Violet d'Hyères* demeure à la première ».

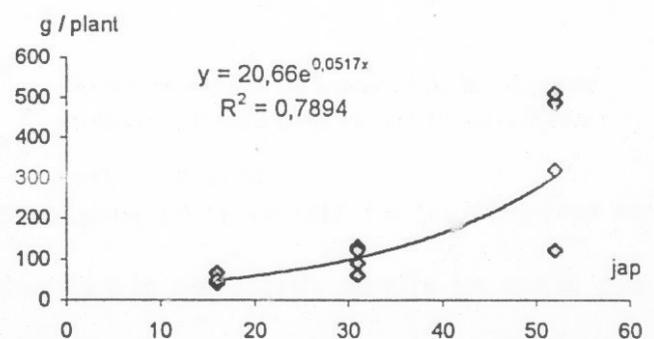


Figure 37: courbe de tendance de la première période de phase végétative de la variété *Violet d'Hyères*.



SUITE EN

F

2



ONAGRI
TUNISIE

MICROFICHE N°

10583

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

Observatoire National de l'Agriculture
30, Rue Alain Savary - 1002 Tunis

المركز الوطني للفلاحة
30. نهج آلان سافاري - 1002 تونس

F

2



2.1.1.2. Deuxième période

Cette phase présente un rythme de croissance plus accéléré ($v=27.63$ g/j). Du 60^{ème} jour au virage floral (100^{ème} jour) la production des feuilles suit une croissance du type linéaire.

Pendant notre suivi, on a remarqué que certains plants avec peu de végétation donnent rapidement des capitules généralement de petites tailles. POCHARD(1961), les qualifie de plantes accélérés.

Ce phénomène peut être expliqué par le fait que l'œilleton a subi l'induction florale avant d'être sevré de la plante mère.

FOURY 1980, Indique que l'histoire des bourgeons est nécessairement liée à la plante mère et peut par conséquent débuter dé avant la plantation .

A la différence avec le *Blanc Oranais*, les feuilles âgées du *Violet d'Hyères*, deviennent découpées ce qui constitue l'hétéroblastie, c'est-à-dire des feuilles entières au départ, puis des limbes progressivement découpés (Figure40).

1.1.2. Phase de production florale

La deuxième partie de la courbe de croissance est celle de la formation des capitules et la production, qui commence à partir de la deuxième semaine de Novembre et se prolonge jusqu'à la fin du mois de mars.

Au environ du 108^{ème} jour commence l'apparition des capitules, la récolte du capitule principal débute à partir du 130^{ème} jour .

De ce fait on peut conclure que la formation du capitule nécessite trois à quatre semaines.

La structure du groupement de l'inflorescence de la variété *Violet d'Hyères* se présente comme suit :

La partie basse de la tige appelée zone basale est stérile et elle ne porte pas de ramification de production.

C'est seulement sur la partie supérieure couronnée par le capitule principal, que se trouve les ramifications des capitules d'ordre secondaires (figure40).

L'analyse statistique, révèle une différence significative entre le poids des capitules du *Violet d'Hyères* ($Pm=212g$) et du *Blanc Oranais* ($Pm=167.8g$).

NB : Pm :Poids moyen.

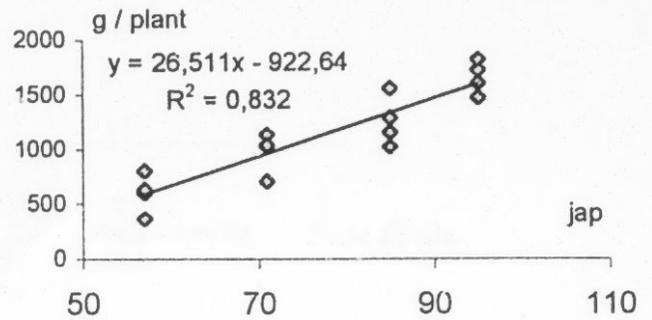


Figure 38: courbe de tendance de la deuxième période de la phase végétative de la variété *Violet d'Hyères*.

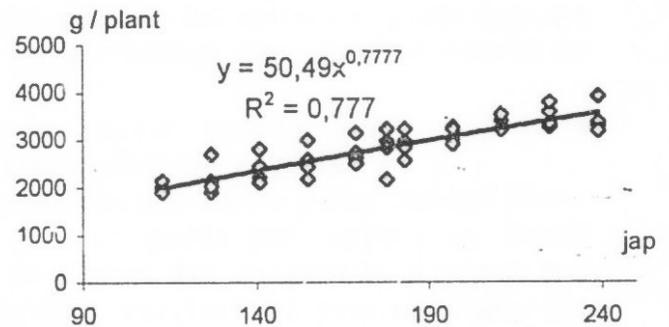


Figure 39: courbe de tendance de la phase de production florale de la variété *Violet d'Hyères*.

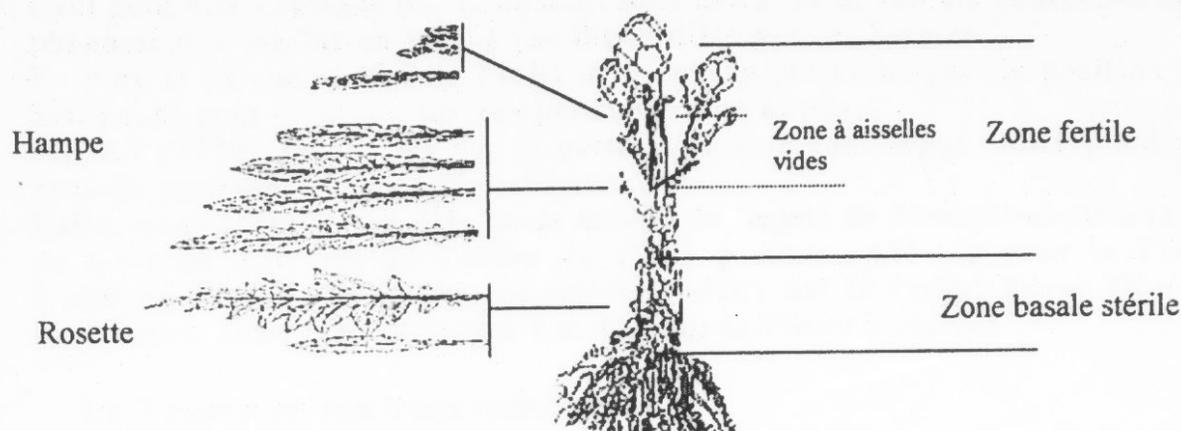


Figure 40 : Groupement de l'inflorescence et forme des feuilles de la variété *Violet d'Hyères*

2.1.3. Développement des rejets (deuxième phase végétative)

La troisième partie est celle de la formation et du développement des rejets. La production des rejets, commence dès la récolte du premier capitule (disparition de la dominance apicale exercée sur les bourgeons axillaires). LAMALFA et FOURY (1969), signalent que la décapitation provoque un démarrage plus simultané et généralisé, en particulier dans la zone distale de la tige.

Au départ cette phase n'est pas assez remarquable, comme dans le cas de la variété *Blanc Oranais*, vu qu'il n'y a pas une chute de végétation.

La précocité en démarrage et en développement des rejets de la variété *Blanc Oranais* lui donne une avance sur le gain de poids par rapport au *Violet d'Hyères*. En plus, et en tenant compte de l'arrêt des irrigations pratiqué par les agriculteurs au mois de Mai pour les deux variétés, on peut conclure que le temps mis pour faire croître les rejets est différent (figures 41 et 42).

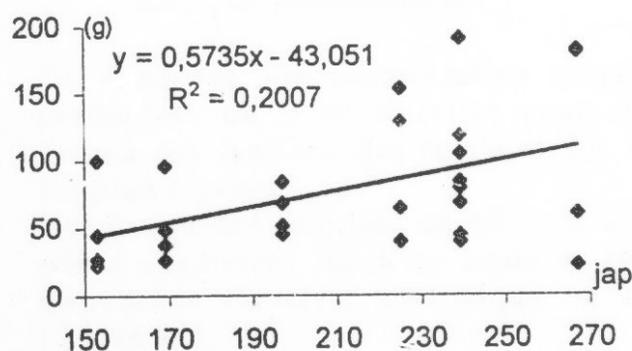


Figure 41: Evolution du poids moyen des rejets de la variété *Violet d'Hyères*.

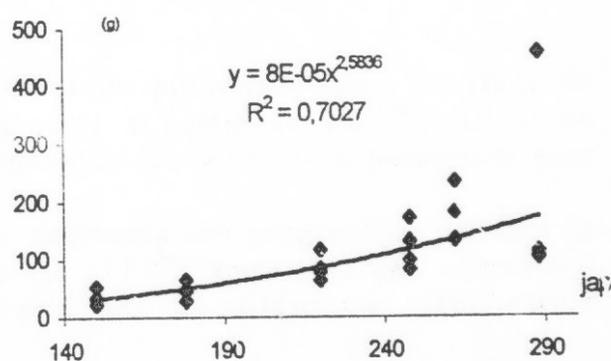


Figure 42: Evolution du poids moyen des rejets de la variété *Blanc Oranais*.



On observe aussi, une nette hétérogénéité des rejets dans le cas du *Violet d'Hyères*.

Ceci peut être expliqué par la concurrence entre les différents bourgeons et le phénomène d'inhibition exercé par les feuilles sur ces derniers.

En plus et vu que la tige de *Violet d'Hyères* est assez longue, la position des bourgeons peut favoriser les uns par rapport aux autres.

FOURY (1980), mentionne que la partie d'entre-nœud longue, correspond à la zone de croissance rapide des œilletons.

Enfin, nous observons que le poids moyen des rejets de *Blanc Oranais* à la fin du mois de mars est de l'ordre de 193.3 g contre 111.1 g pour le *Violet d'Hyères*. En plus le nombre de rejets produits par la variété *Blanc Oranais* est compris entre 6 et 29 contre 4 et 17 pour le *Violet d'Hyères*.

2.2. Teneur en matières minérales

De même que pour la variété *Blanc Oranais*, les teneurs minérales varient avec les différentes parties de la plante cependant on remarque des teneurs plus élevées en azote et en potassium dans les organes végétatifs de la variété *Violet d'Hyères*.

Tableau 10 : Teneur en MS (% de MF) et en éléments minéraux (% de MS) des différents organes de la variété *Violet d'Hyères* en fonction des principaux stades physiologiques de la plante : Végétation (53^{ème} j), Production florale (131^{ème} j) et développement des rejets (166^{ème} j).

	végétation				Production florale				Développement de rejet			
	Ms	N	P	K	Ms	N	P	K	Ms	N	P	K
Racine	21.99	1.93	0.37	1.63	15.76	2.29	0.30	1.27	18.60	2.22	0.29	1.23
Feuille	11.32	2.83	0.51	3.66	7.04	3.63	0.65	3.70	7.62	3.00	0.64	3.59
Rejet									22.35	3.57	0.53	3.25
Capitule					22.35	2.70	0.74	2.75				
Tige					6.63	2.21	0.59	3.68				
Total		4.76	0.88	5.29		10.83	2.28	11.40		8.79	1.46	8.07

2.2.1. Le potassium(K)

On remarque une augmentation progressive du potassium jusqu'au stade de production où il se stabilise pour régresser à partir du 183^{ème} j. C'est au niveau des feuilles, des rejets et des tiges que les teneurs en potassium sont les plus élevées.

Au niveau des feuilles, on observe une augmentation progressive pendant la phase végétative jusqu'au stade de récolte (131^{ème} Jour) puis une régression. Cependant l'analyse statistique ne révèle pas de différence significative (figure 46).

En contre partie au niveau des rejets on remarque une régression progressive en fonction de temps montrant une demande plus importante pendant le démarrage des rejets (figure 49). La teneur en potassium est aussi élevée au niveau des capitules et des tiges. Si au niveau des tiges, la régression n'est pas statistiquement décelable (figure 55), au niveau des capitules on remarque



une différence suivant l'hierarchie des capitules. Au niveau des racines, on remarque une augmentation pendant la phase de croissance végétative accélérée puis une régression progressive pour se stabiliser à partir de la phase de production (figure 58).

2.2.2. L'azote (N)

L'évolution générale de l'azote au niveau de la plante suit de très près celle du potassium (figure 44).

Au niveau des feuilles on remarque une évolution progressive durant la phase végétative puis la régression commence à partir du 130^{ème} jour, signalant la phase productive.

Pour les rejets, c'est semblablement le départ de ces derniers qui est le plus exigeant en azote, puisqu'on remarque une régression graduelle au cours du temps qui n'est pas statistiquement significative (figure 50).

Au niveau des capitules et des tiges on décèle aussi une teneur élevée en azote avec une régression en fonction du temps (figure 53 et 56).

L'évolution de la teneur en azote au niveau des racines suit l'allure générale du scénario observé au niveau des feuilles. Cependant on remarque un début de cycle avec des teneurs presque stationnaires jusqu'au 88^{ème} jour ; ensuite une augmentation progressive jusqu'au 131^{ème} jour, pour se stabiliser une deuxième fois avant de régresser à partir du 195^{ème} jour (figure 59).

2.2.3. Le Phosphore (P)

Comparé aux deux autres éléments nutritifs déjà mentionnés, la teneur en phosphore est de loin plus faible.

L'allure générale de la mobilisation de cet élément par la plante consiste à une hausse progressive pendant la phase végétative, une stabilisation pendant la phase productive (130^{ème} jour) et une régression pendant l'évolution des rejets (183^{ème} jour).

L'évolution du phosphore au niveau des feuilles marque deux phases non statistiquement différentes : Une augmentation progressive pendant le stade végétatif et une stabilité pendant le reste du cycle (figure 45).

Au niveau des rejets et de même pour les tiges, la régression progressive de la teneur en phosphore en fonction du temps n'est pas décelée statistiquement (figure 48).

Cependant on remarque une décroissance remarquable au niveau des capitules (figure 51). Ceci paraît être logique puisque le phosphore est un facteur de qualité et cette dernière est décroissante chez l'artichaut suivant l'ordre d'apparition des capitules.

Au niveau des racines, on remarque une évolution sinusoïdal marquant des pics en début du cycle traduisant la rhizogénèse et le démarrage végétatif, au 104^{ème} jour (figure 57), stade d'initiation florale et enfin au 181^{ème} jour, phase du développement des rejets. Bien que la teneur du phosphore dans la plante n'est pas assez élevée cela ne traduit pas un faible besoin. Ceci peut être dû à la rareté de la forme disponible pour la plante dans le sol.



3.

Conclusion

L'étude des deux variétés les plus cultivées en Tunisie, le *Blanc Oranais* et le *Violet d'Hyères* et dans les conditions de notre expérimentation citée précédemment montre que chaque variété se comporte différemment de l'autre au cours de son cycle.

Le *Violet d'Hyères* présente une croissance régulière et continue le long de son cycle de développement, alors que la variété *Blanc Oranais* montre une croissance végétative rapide au départ, un repos végétatif et deux périodes de productions florale (automnale et printanière).

Les différences entre ces deux variétés sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 11: Comparaison du cycle de développement des deux variétés d'artichaut les plus cultivées en Tunisie *Violet d'Hyères* et *Blanc Oranais*.

Stade		<i>Blanc Oranais</i>	<i>Violet d'Hyères</i>
végétation	Démarrage	Rapide (v=40g/j)	Lent (v=8.8g/j)
	Feuille adulte	entière	découpée
	Régression végétative	150j	-
capitule		Deux périodes de production distinctes (1) et (2)	une seule période de production (échelonnée)
	Période de production	(1) oct-déc (2) avril	déc- avril
Production	Nombre de jours pour atteindre ce stade	(1) 92 à 100j (2) 262	130 à 136j
	Poids moyen (g)	167.8	212
	Nombre	6-23	4-17
Rejet	Poids moyen au mois de mars (g)	193.3	111.1
	Nombre de jours pour atteindre ce stade	150	164



Le tableau (12) présente le niveau d'immobilisation des éléments nutritifs pour les deux variétés d'artichaut, au niveau des différents organes de la plante et pendant les principaux stades physiologiques.

Tableau 12: Teneur en MS (% de MF) et en éléments minéraux (% de MS) au niveau des différents organes pour les deux variétés d'artichaut *Blanc oranais* et *violet d'Hyères* pendant les principaux stades physiologiques de la plante.

		Blanc Oranais			Violet d'Hyères		
		Végétation	Production	Développement des rejets	végétation	Production	Développement des rejets
racine	Ms	20,49	12,46	17,24	22,00	15,77	18,61
	P	0,45	0,42	0,43	0,37	0,30	0,29
	K	1,32	1,49	1,16	1,63	1,27	1,23
	N	2,02	2,40	2,24	1,93	2,29	2,22
Feuille	Ms	8,12	8,64	-	11,33	7,05	7,63
	P	0,36	0,41	-	0,51	0,65	0,64
	K	3,55	3,60	-	3,66	3,70	3,59
	N	1,48	2,56	-	2,83	3,63	3,00
Rejet	Ms	-	-	21,60	-	-	8,99
	P	-	-	0,42	-	-	0,53
	K	-	-	2,63	-	-	3,25
	N	-	-	3,07	-	-	3,57
Capitule	Ms	-	17,32	-	-	22,35	-
	P	-	0,84	-	-	0,74	-
	K	-	3,35	-	-	2,75	-
	N	-	2,79	-	-	2,70	-
Tige	Ms	-	9,12	-	-	6,63	-
	P	-	0,64	-	-	0,59	-
	K	-	3,90	-	-	3,68	-
	N	-	2,71	-	-	2,21	-
Total	P	0.81	2.31	0.85	0.88	2.28	1.46
	K	4.87	12.34	3.79	5.29	11.4	8.07
	N	3.5	10.46	5.31	4.76	10.83	8.79

L'analyse minérale montre des besoins élevés et progressifs en azote et en potassium durant la phase du développement végétatif, puis une stabilisation de la consommation, pendant la production des capitules et le démarrage des rejets. Enfin, on enregistre une régression pendant le reste du cycle. Cependant il faut signaler que la faible mobilisation du phosphore en cours du cycle de la plante suit la même évolution que celle de l'azote et du potassium.

La courbe d'évolution des éléments nutritifs N.P.K en fonction du temps permet de traduire les besoins de la plante pendant les différents stades de son développement. Par suite elle facilitera l'élaboration d'un programme de fertilisation adapté à la plante et même à la variété cultivée.

Ceci sera plus intéressant par la pratique de la fertigation, qui permet un apport fractionné et continu des besoins de la culture selon le stade de développement de la plante.



Chapitre 6

ETUDE DE DIFFÉRENTS MODES D'IRRIGATION ET DE FERTILISATION

-Site expérimental : Station Expérimentale de l'INRGRF à CHERFECH-

Introduction

Plusieurs études (SAMMIS, 1980 ; SATPUTE et al, 1992 ; BOGLE et al, 1989 ; BUCKS et al, 1974 ; SATPUTE et al, 1992 ; POYSA et al, 1987) s'accordent sur le fait que les méthodes conventionnelles d'irrigation exposent les plantes au stress hydrique et favorisent les pertes d'eau par évaporation, percolation et ruissellement résultant en une faible efficacité de l'irrigation. L'utilisation de nouvelles méthodes d'irrigation qui apportent l'eau de façon précise, à doses faibles et régulières devient alors primordiale et c'est à ce niveau que l'irrigation localisée acquiert son importance.

L'irrigation localisée des espèces maraîchères est actuellement en expansion dans notre pays. L'amélioration significative des rendements, de la qualité du produit final et de l'économie de l'eau semble justifier le remplacement des méthodes conventionnelles. Son utilisation est d'autant plus encouragée par le développement de la fertigation ayant pour but l'augmentation de l'efficacité de l'eau et des éléments minéraux, tout en contrôlant la solution nutritive dans le sol et minimiser les pertes de fertilisants.

Les résultats satisfaisants observés par la pratique de la fertigation (PAPADOPOULOS, 1996 ; ASKRI, 1999) pour certaines cultures maraîchères de plein champ (Pomme de terre, Tomate) nous a incité à mener le présent travail qui consiste à comparer trois modes d'irrigation : la fertigation, le goutte à goutte non fertilisant et l'irrigation gravitaire.

**1.****Matériels et méthodes****1. Matériel végétal**

La variété Violet d'Hyères décrite dans le chapitre précédent est celle qui a été utilisée au cours de cette expérience

2. sol

L'essai a été mené à la station expérimentale de l'INRGREF située à Cherfech. Le sol de Cherfech est un sol peu évolué d'apport fluvial, dont les principales caractéristiques physiques sont résumé dans le tableau suivant :

Tableau 13: Principales caractéristiques physiques du sol de la station INRGREF à Cherfech.

% Argile	% Limon	% Sable	DA (g/cm ³)	Hv _{cc} (%)	Hv _{FP} (%)	Stock cc (mm/m)
52.3	38.7	9.0	1.52	41.7	24.6	417

DA : densité apparente ; Hv_{cc} : humidité volumique à la capacité au champ ;
Hv_{FP} : humidité volumique au point de flétrissement permanent ; stock_{cc} : stock d'eau à la capacité au champ

3. Eau et système d'irrigation

Les parcelles sont irriguées par l'eau de Medjerda.

Pour l'irrigation localisée, l'eau est pompée à partir d'un bassin recevant l'eau de Medjerda par l'intermédiaire d'une pompe électrique, passe à travers deux filtres l'un à gravier et l'autre à tamis avant d'arriver dans la rampe porte-goutteurs.

Le groupe de tête comporte un manomètre en amont et un autre en aval pour contrôler le colmatage du poste de filtration, une vanne amont pour l'isolement du réseau général et une vanne aval pour l'isolement du groupe de tête.

Les conduites sont constituées d'une conduite principale et deux conduites secondaires (porte goutteurs), équipés d'un Volucompteur et d'un manomètre montés en séries. Les goutteurs sont écartés de 33 cm et ont un débit de 2 l/h. Pour l'irrigation gravitaire, l'eau arrivant à la parcelle par le biais d'une canalisation souterraine est pompée à partir d'un puits par une pompe électrique. L'eau est communiquée aux raies par une rampe à vannettes coulissantes. Le débit est réglé à 360l/h .



4. Conduite de la culture

4.1. Plantation

Les cabosses sont plantés le 14/08/1997, avec une densité de 12500 plants/ha, et ont subi le même traitement (prégermination) que ceux plantés dans la parcelle du CPRA Essaida (voir chapitre 5).

4.2. Conduite de l'irrigation

La gestion des irrigations a été basée sur le calcul quotidien de l'évapotranspiration potentielle (ETP) Penmen-Monteith à l'aide du logiciel IRSIS développé à l'Université Catholique de Louvain (ULC) en Belgique. Les besoins en eau de la culture sont calculés par la formule :

$$BE = K_c \times ETP.$$

BE : besoin en eau de la plante.

K_c : coefficient cultural estimé en fonction du stade de développement de la plante (Voir tableau 15).

ETP : évapotranspiration potentielle

Tableau 14: Coefficient cultural (K_c) de l'artichaut en fonction du stade du développement de la plante (AHT, 1997)

Phase de croissance	Plantation reprise			3 feuilles		8 feuilles		Formation de capitule			Première coupe		Coupes consécutives				Reprise œilleton		Récolte secondaire											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
Décade																														
Mois	Août			Sept		Oct		Nov			Déc		Jan				Fév		Mars		Av									
K_c	0.5			0.6		0.7		0.8																			0.7			

Les précipitations ont été prises en compte pour le calcul des doses d'irrigation.

4.3. Traitements

Le but de l'essai est de comparer le développement de la variété violet d'Hyères sous trois modes d'irrigation définis comme suit :

- Traitement 1 : Irrigation goutte à goutte avec apport d'engrais par fertigation.
- Traitement 2 : Irrigation goutte à goutte avec apport d'engrais en couverture.
- Traitement 3 : Irrigation gravitaire et application d'engrais en couverture.



Le dispositif expérimental est un essai aléatoire complet avec trois traitements et quatre répétitions (voir figure 60).

En utilisant le programme de fertilisation mentionné au niveau du document de la vulgarisation (AVFA,1993) on a pu concevoir un programme de fertilisation permettant à la fois un apport fractionné et équilibré entre les éléments fertilisants (tableau 16).

Pour avoir une idée approximative sur la teneur du sol en élément majeur on a pris en considération l'analyse chimique du sol effectuée par ASKRI (1999), l'année précédant notre expérimentation (tableau 15).

Tableau 15 : Teneur du sol du site expérimental en élément majeur N,P,K (ASKRI,1999).

Element	Teneur (ppm)
N	1500
P ₂ O ₅	9.33
P ₂ O	580

Tableau 16: Programme de fertilisation et fertilisant appliqué (U/ha) pour la variété Violet d'Hyères cultivée à la station INRGREF à Cherfech.

Mois	N (Ammonitre33.5%)	K ₂ O (Nitrate de potasse46%)	P ₂ O ₅ (Acide Phosphorique 85%, d :1.7)
Septembre	30	20	20
Octobre	30	20	20
Novembre	30	30	30
Décembre	30	40	30
Janvier	20	50	30
Février	20	20	20
Mars	20	20	20
Avril	20	20	20
Total	200	220	190

La fumure de fond est constituée de 200 Kg/ha de Sulfate de potasse et 150Kg/ha de Super phosphate (45%). Les mêmes quantités de fertilisants fournies en fertigation sont données par épandage aux autre traitements, seulement le phosphore est apporté sous forme d'acide phosphorique. L'acide phosphorique sert à la fois à subvenir aux besoins de la plante et à la neutralisation des bicarbonates présents dans l'eau d'irrigation.

4.4. Protection phytosanitaire

Des traitements contre le mildiou (*Bremia lactucae*) et l'alternariose (*alternaria*) ont été réalisés en utilisant le Benlate, le Manébe et le Dithane. Des traitements contre les noctuelles et les pucerons ont été réalisés par l'application de Lannate ainsi que du Super Nata. Le spic et l'antilimace ont



été utilisés contre les escargots, ennemis de l'artichaut durant les années humides.

5. Mesures effectuées

5.1. Paramètres climatiques

Les paramètres climatiques ont été mesurés à la station météorologique située à proximité de la parcelle expérimentale. Les données de température (maximale et minimale), d'insolation, d'humidité relative de l'air (maximale et minimale) et de la vitesse du vent ont été utilisées pour l'estimation de ET_0 (l'évapotranspiration potentielle) par la formule de *Penman Monteith*.

5.2. Humidité du sol

Le suivi de l'humidité du sol durant la campagne a été effectué afin d'évaluer le stock d'eau dans le sol et déterminer la consommation réelle en eau de la plante.

Les mesures de l'humidité du sol ont été réalisées à l'aide d'une sonde à neutrons type Solo 25 ; A cet effet, 2 tubes d'accès ont été placés l'un à l'amont l'autre à l'aval de chaque parcelle (Voir Figure 60).

Les mesures neutroniques n'étant pas valables pour les 20 premiers centimètres à cause de la déperdition des neutrons, elles ont été complétées par des mesures gravimétriques pour les couches superficielles.

Le stock d'eau initial a été déterminé par la méthode gravimétrique jusqu'à 1 m de profondeur. Les échantillons prélevés tous les 10 cm lors de l'installation des tubes d'accès ont été utilisés pour établir l'équation d'étalonnage de la sonde. Des mesures neutroniques ont été faites, tous les 10 cm, juste après le prélèvement des échantillons. Une régression linéaire a été établie entre les mesures brutes (N_c) données par la sonde à neutrons et l'humidité volumique (θ_v) déterminée par la méthode gravimétrique. L'équation est :

$$\theta_v = a N_c + b$$

Un comptage neutronique dans l'eau (N_e) est effectué avant chaque série de mesure (N_m) afin de corriger les fluctuations éventuelles dues à une dérive électronique. Le comptage corrigé (N_c) correspond au rapport :

$$N_c = (N_m / N_e) * 1000.$$

5.3. Estimation du stock d'eau dans le sol

Les mesures de l'humidité du sol ont été effectuées, périodiquement, sur une profondeur de 1 m et avec un pas de 10 cm. Le stock d'eau est déterminé par la formule suivante :



$$S = \sum H_{vi} \times \Delta z_i$$

H_{vi} : Humidité volumique à chaque niveau i ,
 Δz_i : Epaisseur de la couche du sol (10 cm).

5.4. Estimation du drainage

Etant donné que l'année a été pluvieuse, le Drainage a été pris en compte dans la formule d'estimation des besoins de la plante ; nous l'avons estimé par le modèle simplifié suivant :

$$\text{Si } S_m \geq S_{cc} \text{ alors } D = S_m - S_{cc} \text{ sinon } D = 0$$

S_m : Stock mesuré.
 S_{cc} : Stock à la capacité au champ.
 D : Drainage.

5.5. Estimation de la consommation en eau

La consommation en eau (ETR) de l'artichaut est déterminée par l'équation du bilan hydrique suivante :

$$ETR = P + I + (S_i - S_f) - D$$

P : Pluviométrie enregistrée en mm,
 I : Irrigation appliquée en mm,
 D : Drainage en mm,
 $S_i - S_f$: Variation du stock d'eau dans le sol (en mm) entre l'instant initial et l'instant final.

5.6. Nombre de capitules par plant

Le suivi du potentiel de production des plants exprimé en nombre de capitules par plant a été effectué sur 20 plants par traitement (à raison de cinq par répétition).

5.7. Poids des capitules

Au stade «D» défini par Foury (1980) comme étant le stade optimal de récolte et qui se situe juste avant le début d'ouverture des bractées, Les capitules classés, selon leur ordre d'apparition, sont coupés à 5 cm de la base et pesés à l'état frais.



5.8. Rendement et précocité

Le rendement a été exprimé en douzaines par hectare et en kilogramme par hectare. L'ordre d'apparition des capitules est leur poids pris en compte pour la détermination du rendement et de la précocité. Toute production récoltée avant le mois de mars est considérée comme étant précoce

5.9. Efficience d'utilisation de l'eau

L'efficience de l'utilisation de l'eau WUE (Water use efficiency) est définie comme étant le rapport entre le rendement (exprimée en kg de capitules produit par hectare) et la quantité d'eau consommée (mm).

$$WUE \text{ (kg/mm)} = Rdt \text{ (Kg/ha)} / ETR$$

6. Analyse statistique

L'essai a été conduit selon un dispositif aléatoire complet avec trois traitements T1, T2 et T3 et quatre (4) répétitions. Le modèle mathématique utilisé est :

$$\gamma_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

γ_{ij} : observation de la répétition j du traitement i.

T_i : Effet du traitement i

ϵ_{ij} : Erreur aléatoire tel que ϵ_{ij} suit la loi normale $N(0, \sigma^2)$.

L'analyse statistique a été faite en utilisant le logiciel SPSS version 8.0 qui nous a permis d'effectuer une analyse de la variance à un seul facteur pour les paramètres de rendement, moyennant la procédure ANOVA à un seul facteur. La séparation des moyennes a été effectuée par la PPDS et le test de Duncan.

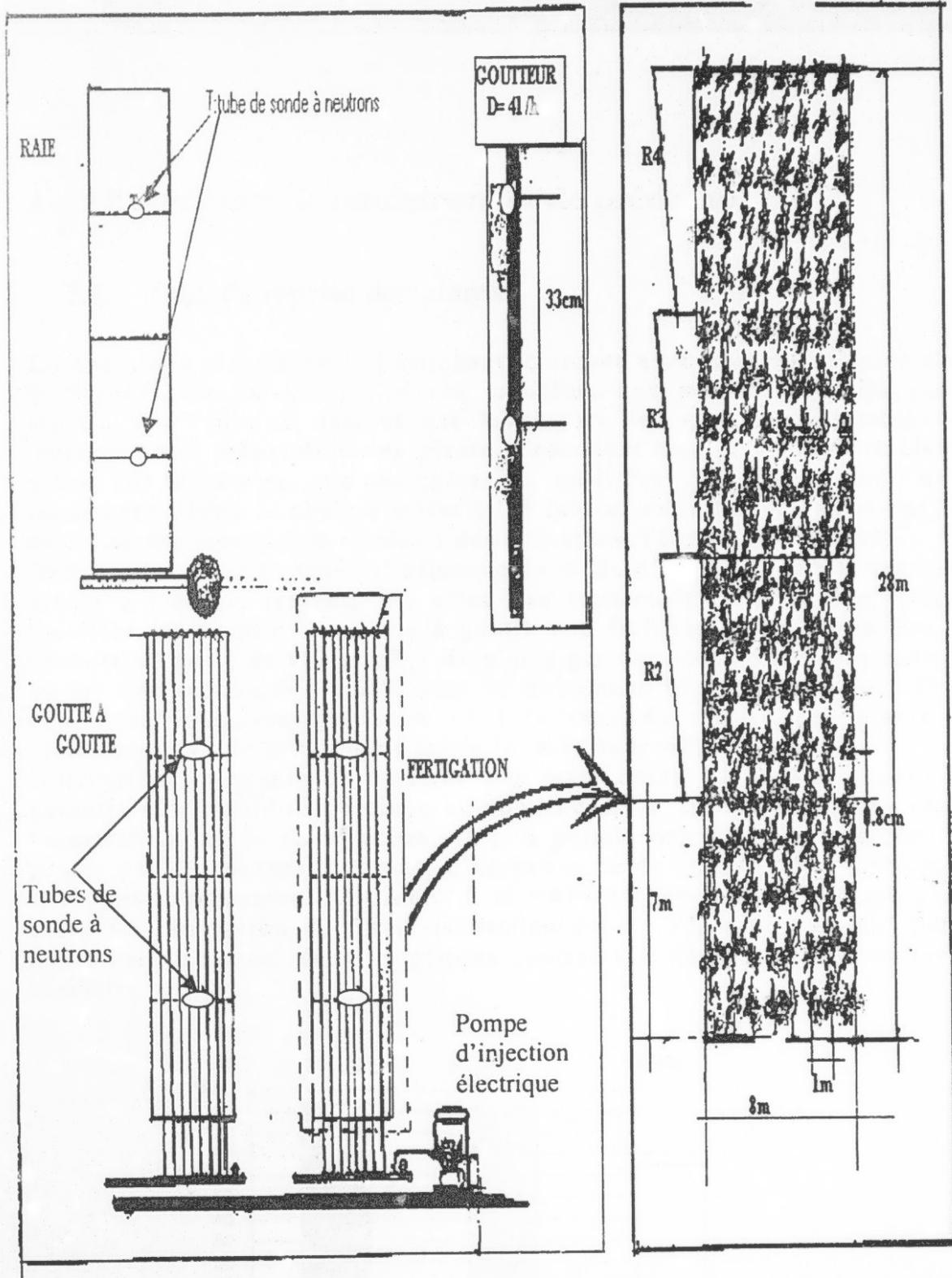


Figure 60: Dispositif expérimental de l'essai à la station INRGREF Cherfech.

1. Paramètres de rendement et de précocité

1.1. Taux de reprise des plants

En Tunisie la plantation de l'artichaut, coïncide avec les mois les plus chauds de l'année (Juillet-août) ; ce qui constitue une période difficile pour la reprise des boutures, surtout que la plupart des racines se dessèchent au moment de la préparation des plants. Cependant assurer un nombre élevé de plants par hectare est une des opérations qu'il faut réussir pour avoir un bon rendement. Outre la chaleur estivale, ce facteur est influencé aussi par l'état sanitaire des plants et la conduite des irrigations (dose et fréquence).

Dans le cas de notre essai, l'influence du mode d'irrigation sur la reprise des plants a été fort ressentie. En effet, les traitements conduits en irrigation localisée (fertigation et goutte à goutte non fertilisante) ont eu la meilleure réussite de point de vue nombre de plants par hectare. Nous avons enregistré un taux de reprise de 93,58% pour le traitement T1 et 91,08% pour T2. Par contre en irrigation gravitaire (T3) le taux de reprise des plants à la plantation était de loin le plus faible (65%) (figure 61).

L'irrigation fréquente et modérée des traitements T1 et T2, a permis de garantir une humidité continue et non excessive au voisinage des racines, favorisant ainsi la rhizogénèse. Ceci a permis aux germes de croître sans passer par des phases critiques, d'asphyxie ou de stress pouvant contraindre leurs développements. AGGARWAL et NARDA (1994), signalent que dans le cas d'une irrigation à la raie la diminution de l'humidité du sol pendant l'intervalle séparant deux irrigations contraint le développement du système racinaire.

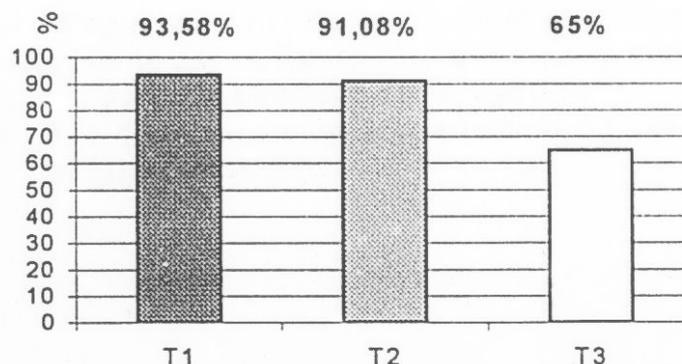


Figure 61: Le taux de reprise à la plantation des plants d'artichaut (Violet d'Hyères) pour les différents traitements.



1.2. Nombre de capitules par plant

Le nombre de capitule produit par plant, est corrélé positivement avec la vigueur des plants et leurs capacité de production .
Cependant l'évaluation du nombre moyen de capitules par plant et par unité de surface (m^2), montre un avantage pour l'irrigation fertilisante (T1) avec $8,3 \text{ cap/pt/m}^2$ contre 7 cap/pt/m^2 pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante (T2) et $4,95 \text{ cap/pt/m}^2$ pour l'irrigation à la raie (T3).
Dans le cas de la fertigation (T1) la présence des fertilisants dans la zone humide au voisinage des racines permet une meilleure absorption de ces derniers. SWEENEY et Al (1987) signalent que la reprise de l'azote par les plantes lorsqu'il est apporté par le système d'irrigation est 2.5 fois plus importante que lorsque la même quantité est enfuie au sol à la plantation.
Ceci permettra un meilleur développement des plants qui se répercutera sur leurs capacités de production.

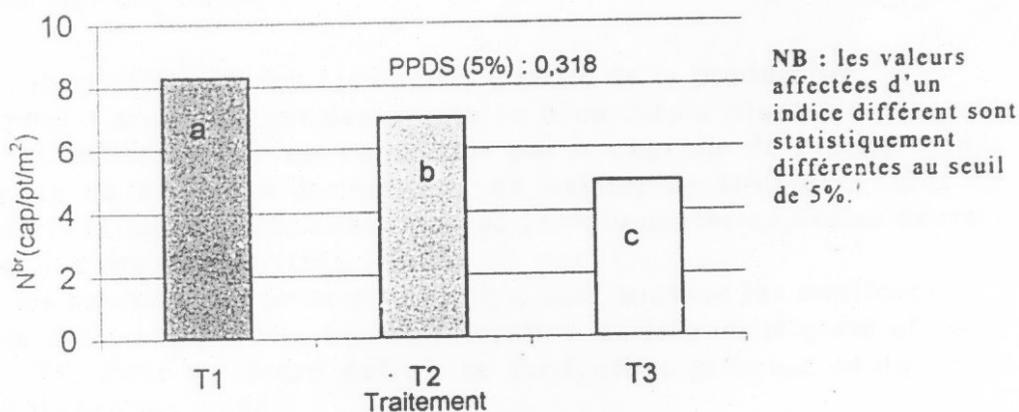


Figure 62: Le nombre moyen de capitules d'artichaut (violet d'Hyères) par plant et par m^2 en fonction du système d'irrigation.

1.3. Nombre de douzaine par hectare

L'évolution de la production exprimée en nombre de douzaines par hectare qui est l'unité d'appréciation du rendement la plus utilisée par les agriculteurs et représenté par la figure (63) qui montre que les rendements ont été meilleurs dans la parcelle conduite en fertigation.
On a enregistré 6824 douzaines pour le traitement T1 contre 5692 douzaines pour T2 et 4063 douzaines pour T3.

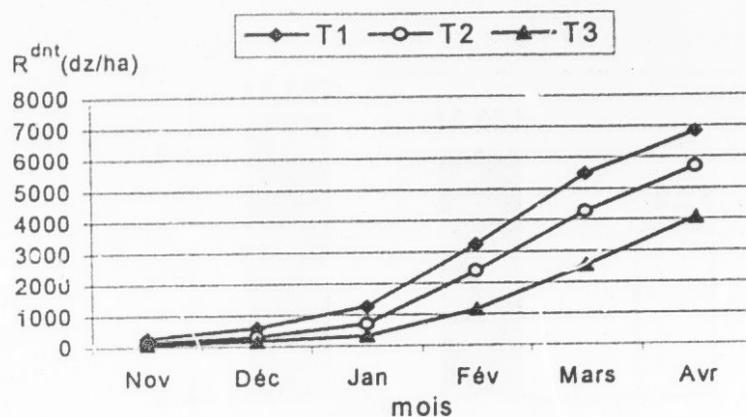
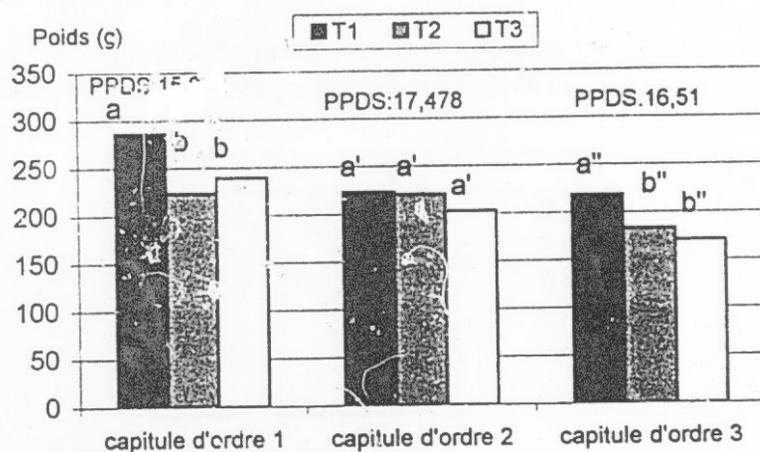


Figure 63: Evolution du rendement total cumulé de l'artichaut (Violet d'Hyères) exprimé en douzaines par hectare (dz/ha) en fonction du temps.

1.4. Poids des capitules

Le poids des capitules donne une idée sur la qualité de la production. Il est connu pour l'artichaut que les capitules d'un même plant n'ont pas la même qualité. L'inflorescence est constituée par le capitule de premier ordre terminal et ceux de second ordre, il peut en exister de troisième, voir de quatrième ordre. FOURY 1978, confirme que le volume des capitules décroît nettement avec l'ordre d'apparition.

Ce sont donc les capitules de premier ordre qui sont souvent les meilleurs. Dans le cas de notre expérience, une amélioration de la qualité a été observé au niveau de T1. Pour un ordre défini, la fertigation présente toujours le poids de capitule le plus élevé.



NB : les valeurs affectées d'un même indice ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

Figure 64: Poids moyen des capitules suivant leurs ordre d'apparition pour les différents traitements.

La production exprimée en tonnes par hectare montre un grand écart entre le système d'irrigation localisé et l'irrigation à la raie (figure 65). La fertigation a permis une augmentation de la production de 16% par rapport à l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et de 71% par rapport à l'irrigation à la raie.

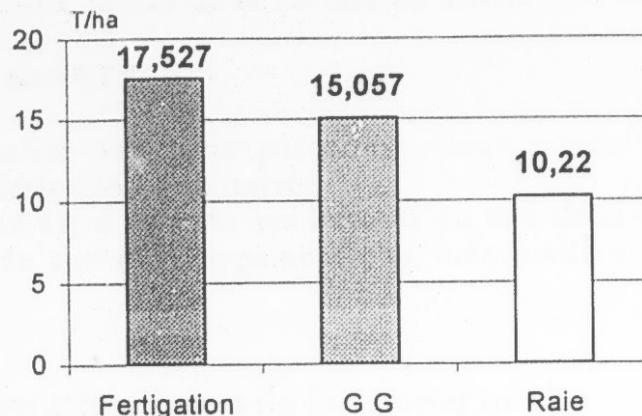


Figure 65: Production totale de l'artichaut (Violet d'Hyères) pour les différents traitements exprimé en kg/ha.

1.5. Précocité

On considère comme étant précoce et susceptible d'être exporté toute production d'artichaut avant le mois de mars.

Pour notre essai la production pouvant être exporté et qui est exprimée en pourcentage par rapport à la production totale, représente 78.29% pour la fertigation, 61.83% pour le goutte à goutte non fertilisant et 42.12% pour la raie.

Le tableau 17 qui représente la production exportable montre que pour la période allant de novembre à février l'avantage est pour la l'irrigation localisée (T1 et T2).

Tableau 17 Evolution de la production de l'artichaut (Violet d'Hyères) en fonction du temps pour les différents traitements (exprimée en % de la production totale).

	T1	T2	T3
Nov	3,98	2,16	1,74
Déc	4,74	3,27	2,20
Jan	9,65	6,93	3,94
Fév	28,84	29,54	20,70
Mars	32,99	33,27	33,88
Avr	19,79	24,84	37,55

2. Consommation en eau de la plante

En Tunisie, où les ressources en eau sont limitées et pour une culture emblavant plus de 2500ha par an et connue comme étant l'une des cultures les plus consommatrices d'eau (8000 à 10000 m³ par cycle cultural), la bonne gestion des irrigations devient impérative.



Nous traitons dans ce chapitre le pilotage de l'irrigation en temps réel, par l'évaluation des besoins en eau de la culture en utilisant la formule :

$$BE = Kc \times ETP$$

Le pilotage est réalisé sur trois parcelles : deux conduites en irrigation localisée et une en irrigation gravitaire.

L'objectif de l'étude est d'estimer les besoins en eau de la plante durant les différentes phases de son développement pour une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation.

2.1. Conditions climatiques de la campagne :

La figure (66) regroupe les précipitations et l'évapotranspiration potentielle (ETP) durant la période du cycle de développement de la plante .

L'année agricole 1997-98 a été exceptionnellement humide. En effet la pluie a été régulière et répartie sur tout le cycle de développement de la plante.

Les quantités de pluies enregistrées ont été de l'ordre de 486.2 mm contre un total de 649.7 mm d'évaporation potentielle calculée.

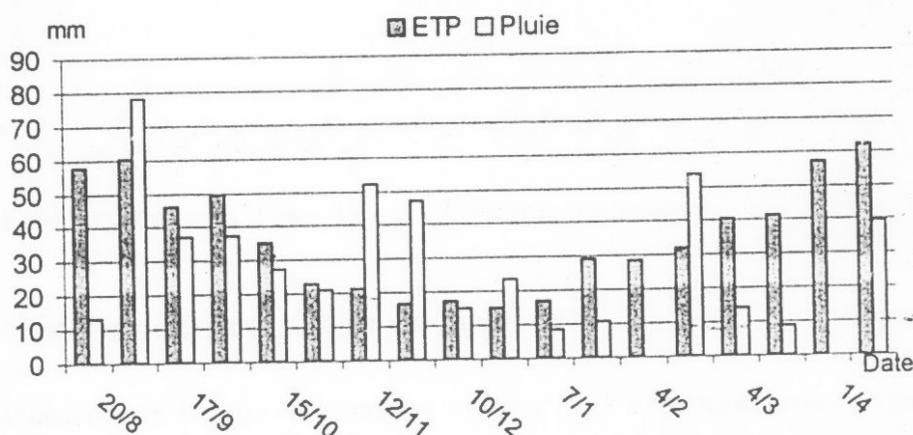


Figure 66: Evolution de l'ETP et la pluie au cour du cycle de la plante.

2.2. Pilotage des irrigations :

Une irrigation de l'ordre de 60mm a été effectuée, début Août, pour faciliter la préparation du lit de plantation (labour, recroisement, et billonnage).

Ainsi pour une plantation effectuée le 14 Août 1996, le stock d'eau (initial) à un mètre de profondeur était de l'ordre de 317.8, 328.3 et 311.8 mm respectivement dans les traitement conduit en goutte à goutte, fertigation et irrigation de surface.

Après la plantation et durant les deux premières mesures :



Deux irrigations totalisant 70mm (45+25) ont été fournies au traitement conduit en irrigation classique.

Trois irrigations totalisant 30mm (10mm pour chaque irrigation) ont été données aux traitements conduit en irrigation localisée.

Nous avons enregistré également 13.1mm de pluie durant cette même période.

Ces irrigations, ont permis d'avoir de l'humidité dans les couches superficielles du sol, condition essentielle pour permettre la croissance des germes et le levée de la plante.

Depuis, nous avons enregistré des quantités de pluie assez importantes qui suffisent aux besoins de la plante et qui ont permis d'enrichir le stock d'eau dans le sol pour tous les trois traitements (figure67).

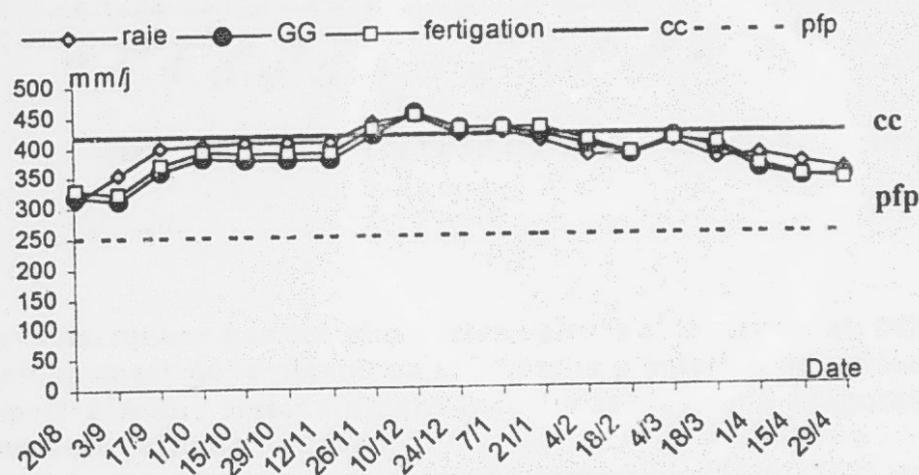


Figure 67: Evolution du stock d'eau dans les différents traitements.

2.3. Consommation en eau de la plante

Pour l'évaluation de la consommation en eau de l'artichaut nous avons pris en considération :

- ❖ les apports par la pluie et l'irrigation.
- ❖ l'eau exportée par évaporation ainsi que les pertes par percolation profonde.

Le ruissellement a été considéré comme nul puisque nous n'avons enregistré aucune perte d'eau en dehors des billons.

Le drainage a été évalué par le suivi du stock d'eau du sol. Nous avons considéré perdue, par percolation profonde toute la quantité d'eau dépassant la capacité de rétention du sol sur la profondeur considérée (1m).

L'évolution de la consommation en eau (en mm/ j) de la culture dans les différents traitements est portée sur la figure(68).

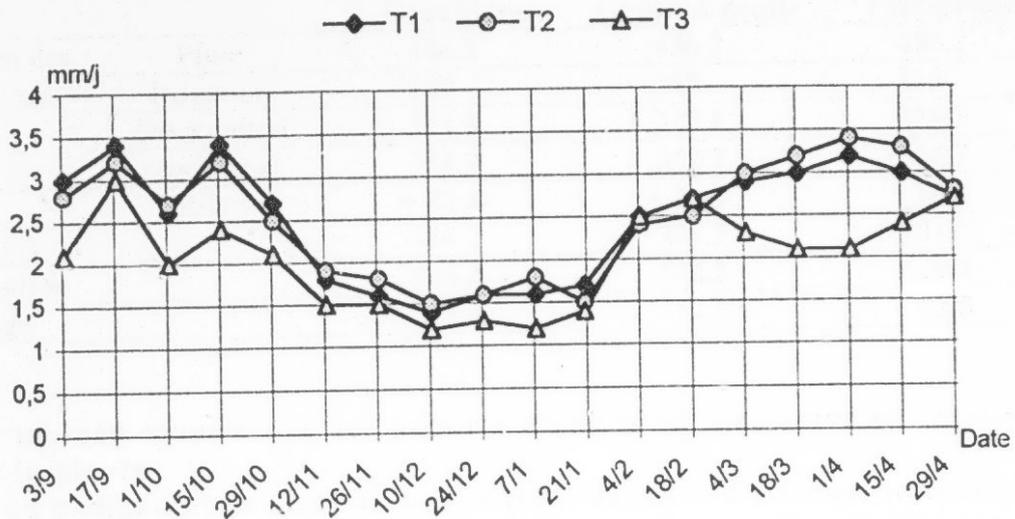


Figure 68: Evolution de l'ETR (mm/j) dans les différents traitements.

Nous remarquons que les plus fortes valeurs s'observent au début du cycle de développement de la plante, en effet car la plantation de l'artichaut s'effectue au mois d'août, période durant laquelle la demande évaporative est la plus importante de toute l'année.

Durant la deuxième quinzaine après plantation (17/9-1/10) et pour tous les traitements nous enregistrons des consommations supérieures à 3mm par jour. Cela s'explique par la forte demande évaporative et les pluies enregistrées (78mm en 8fois) ce qui a favorisé l'évaporation.

A la fin du cycle de développement de la plante, les consommations en eau sont de nouveau en hausse car la demande évaporative augmente durant cette période (mars - avril).

Egalement la transpiration de la plante est importante du fait de la formation des rejets.

Dans l'ensemble, la consommation en eau est plus élevée sur les parcelles conduites en irrigation localisée parce que le nombre de plants par hectare est plus important dans ces parcelles que dans celle conduite en irrigation de surface qui présente un fort pourcentage de manquant.

Nous constatons une différence de consommation de l'ordre de 76.85 mm en moyenne entre les traitements conduits en irrigation localisée et en irrigation de surface (tableau 18).



Tableau 18: Bilan hydrique des différents traitements.

		Traitements		
		Gravitaire	Goutte à goutte	Fertigation
Contribution des réserve du sol	Pluie	486.2	486.2	486.2
	Irrigation	160	215	215
	Stock initial	311.8	317.8	328.3
	Stock final	354.2	342.7	338.7
	Bilan	+ 42.4	+ 24.9	+ 10.4
Total (P+I)		646.2	701.2	701.2
Consommation		548.4	622.2	628.3
Drainage		55.4	54.1	62.5

Le même tableau montre que les apports d'eau n'ont pas servi en totalité à alimenter la plante.

En effet, en comparant le stock initial et final dans les différents traitements, nous observons qu'il y a un enrichissement du sol pour tous les traitements.

Cet enrichissement a été de l'ordre de 42.4, et 24.9 et 10.4 respectivement dans les traitements gravitaire, goutte à goutte et fertigation. Par ailleurs, le bilan hydrique fait apparaître une perte d'eau par percolation profonde pour tous les traitements. Ces pertes sont de l'ordre de 55.4, 54.1 et 62.5 respectivement pour les traitements gravitaire, goutte à goutte et fertigation.

Ces pertes sont imputables aux fortes pluies enregistrées durant tout le cycle de développement de la plante et surtout les quantités enregistrées durant la période allant de décembre à février. Les petites doses de lessivage des goutteurs données à la fin de chaque irrigation fertilisante sont à l'origine de la perte excédentaire par rapport à l'irrigation goutte à goutte non fertilisante.

2.4. Efficacité de l'utilisation de l'eau

L'efficacité de l'utilisation de l'eau, exprimée en kilogramme de capitules par hectare et par millimètre d'eau consommée, montre l'efficacité de l'utilisation de l'eau par la plante.

Malgré une consommation plus importante, le système d'irrigation localisé a nettement amélioré l'efficacité de l'utilisation de l'eau par rapport à la raie. Cette amélioration est le résultat de l'augmentation du rendement.

On a enregistré une efficacité de 27.89kg/mm pour la fertigation contre 24.19kg/mm pour le système goutte à goutte et 18.63kg/mm pour l'irrigation gravitaire.

La faible efficacité de l'eau au niveau du système gravitaire a été interprétée par SATPUTE et al. (1992), comme étant le résultat d'une moindre efficacité des racines à extraire l'eau du sol suite à leurs passages par des micro-asphyxies au début du cycle d'irrigation et d'un stress hydrique à sa fin, vu la longueur de l'intervalle entre les irrigations et aux quantités importantes d'eau fournies.



3.

Conclusion

L'irrigation localisée et spécialement la fertigation, a plus que justifié son utilité. Par comparaison à l'irrigation de surface nous avons enregistré des améliorations de rendement, de précocité et de vigueur des plants.

Le fractionnement des besoins de la culture, permet un meilleur contrôle de la solution nutritive dans le sol. En plus, La fertigation en minimisant les pertes des éléments minéraux par lessivage, permet une amélioration de l'efficacité des engrais très mobile comme l'azote. Surtout pendant une année pluvieuse comme celle de notre expérience.

En assurant une humidité continue et non excessive dès le jeune âge des plants, l'irrigation localisée a permis d'augmenter la chance de reprise et du développement végétatif des boutures. Par suite on a enregistré un taux de reprise des plants à la plantation de 93.58% et 91.08% respectivement pour la fertigation et le système goutte à goutte non fertilisante contre 65% pour le système gravitaire.

La diminution de l'échec à la reprise des boutures permet de réduire les opérations de remplacements, qui se répercute sur l'homogénéité de la parcelle et la minimisation des frais d'achat des plants et de la main d'œuvre. L'augmentation du rendement par la fertigation, exprimé en douzaines par hectare signale un plus de 20% et de 68% respectivement par rapport au système goutte à goutte non fertilisant et l'irrigation à la raie.

La vigueur des plants conduits en fertigation, a permis la production d'un nombre moyen de 8.3 cap/m² contre 7 cap/m² pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et 4.95 cap/m² dans le cas de l'irrigation à la raie.

Le calendrier de la production, reflète un gain de précocité pour la fertigation, par rapport aux autres traitements. Cette précocité pouvant être investie dans l'exportation, est évaluée par la quantité de capitules produite avant le mois de Mars. La fertigation présente 78.3% de la production totale contre 61.83% pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et 42.12% pour l'irrigation à la raie.

On a enregistré une consommation en eau plus élevée dans les traitements conduit en irrigation localisée résultant a la fois d'une densité plus élevée



(au niveau de l'irrigation à la raie il y a un fort pourcentage de manquant) ainsi qu'un bon développement végétatif des plants.
L'efficience de l'utilisation de l'eau reflète un avantage en faveur de l'irrigation localisée avec 27.89 kg/mm et 24.19kg/mm respectivement pour la fertigation et le goutte à goutte contre 18.63% pour la raie. Cette amélioration résulte essentiellement de l'augmentation du rendement par le système d'irrigation localisée.



Chapitre 7

INVESTIGATION AUPRÈS DES AGRICULTEURS

-Sites expérimental : Agriculteurs -

Introduction

Les faibles rendements réalisés dans le cas de la culture de l'artichaut ainsi que les résultats satisfaisants de l'utilisation de l'irrigation localisée fertilisante sur certaines cultures maraîchères de plein champ comme la tomate et la pomme de terre, ont incités les agriculteurs à introduire cette technique dans la conduite de la culture de l'artichaut. L'adoption de ce mode de conduite n'a pas été précédé par des travaux de recherches qui peuvent éclairer les agriculteurs sur les techniques culturales à suivre. C'est pourquoi nous nous sommes fixé comme axe d'investigation l'observation d'un certain nombre de parcelles d'artichaut dans la région de l'Ariana et qui a concerné dix agriculteurs. Nous présentons ci après la conduite de la culture de l'artichaut en détail, pour l'un de ces agriculteurs situé à Cherfech..

1. Etude de cas d'un agriculteurs

Située dans la région de Cherfech, la parcelle d'artichaut est constituée de 5.8ha divisée en 4 secteurs et caractérisée par un sol non homogène et de nature limono-argileuse.

1.1. Conditions de culture adoptée par l'agriculteur

1.1.1. Eau et système d'irrigation

L'agriculteur cultivant l'artichaut pour la première année opte pour l'irrigation localisée fertilisante. Il est équipé d'un bassin de collecte d'eau et d'une station de tête comprenant un régulateur de pression, un filtre à sable, un filtre à tamis et un injecteur d'engrais. Le principe de fonctionnement est identique à celui de la station de l'INRGREF à Cherfech (voir matériel et



méthodes chapitre 2) seulement, les goutteurs sont distants de 50 cm avec un débit de 4 l/h. La gestion des irrigations a été faite sur la base de l'ETP moyenne de la région.

1.1.2. Plantation

L'agriculteur a choisi la variété Violet d'Hyères comme matériel végétal. Achetés à un agriculteur de la région de Cherfech, les plants sont des cabosses et des éclats de souche. Ils ont été plantés en lignes jumelées sur un sol non billonné. La plantation a commencé le 26/07/1997 pour finir le 14/08/1997. L'écartement entre deux rangées d'une même ligne jumelée est de 50 cm. Les plants sont en quinconce, distants de 0.8 m sur la ligne et 1.5 m entre les lignes. La densité de plantation au départ est de 16500 plants/ha.

1.1.3. Fertilisation et engrais utilisés

Les problèmes d'hydromorphie observés, durant une bonne période du cycle de développement de la plante ont contraint l'agriculteur à réaliser le programme de fertigation proposée. D'où, il a alterné la fertilisation en couverture (quand le sol est trop humide) en utilisant les engrais classiques (voir Tableau 19) et la fertigation (quand il pouvait se permettre de faire une irrigation).

Le calendrier de la fertilisation a été le suivant :

Tableau 19: La fertilisation par couverture effectuée à l'exploitation de l'agriculteur à CHERFECH.

Période	Produit	Quantité (kg/ha)
23-07-97 (fumure de fond)	Super45	200
	Sulfate de potasse	230
Du 03-10-97 au 12-12-97	Ammonitre	376.72
Du 03-10-97 au 12-12-97	Solu-potasse	163.79

Tableau 20: Programme de fertigation et engrais appliquées au niveau de l'exploitation de l'agriculteur à Cherfech.

Période	Produit	Quantité (kg/ha)
Du 24/10/97 au 28/10/97	Ammonitre	36.2
	Solu-Potasse	7.24
Du 01/01/98 au 30/01/98	Acide Phosphorique	5.79 (litre)
	Ammonitre	62.06
	Solu-Potasse	43.44
Du 12/02/98 au 21/02/98	Acide Phosphorique	10.86 (litre)
	Ammonitre	31.6
	Solu-potasse	21.72
Mars 98	Ammonitre	155.17
Avril 98	Ammonitre	103.44

méthodes chapitre 2) seulement, les goutteurs sont distants de 50 cm avec un débit de 4 l/h. La gestion des irrigations a été faite sur la base de l'ETP moyenne de la région.

1.1.2. Plantation

L'agriculteur a choisi la variété Violet d'Hyères comme matériel végétal. Achetés à un agriculteur de la région de Cherfech, les plants sont des cabosses et des éclats de souche. Ils ont été plantés en lignes jumelées sur un sol non billonné. La plantation a commencé le 26/07/1997 pour finir le 14/08/1997. L'écartement entre deux rangées d'une même ligne jumelée est de 50 cm. Les plants sont en quinconce, distants de 0.8 m sur la ligne et 1.5 m entre les lignes. La densité de plantation au départ est de 16500 plants/ha.

1.1.3. Fertilisation et engrais utilisés

Les problèmes d'hydromorphie observés, durant une bonne période du cycle de développement de la plante ont contraint l'agriculteur à réaliser le programme de fertigation proposée. D'où, il a alterné la fertilisation en couverture (quand le sol est trop humide) en utilisant les engrais classiques (voir Tableau 19) et la fertigation (quand il pouvait se permettre de faire une irrigation).

Le calendrier de la fertilisation a été le suivant :

Tableau 19: La fertilisation par couverture effectuée à l'exploitation de l'agriculteur à CHERFECH.

Période	Produit	Quantité (kg/ha)
23-07-97 (fumure de fond)	Super45	200
	Sulfate de potasse	230
Du 03-10-97 au 12-12-97	Ammonitre	376.72
Du 03-10-97 au 12-12-97	Solu-potasse	163.79

Tableau 20: Programme de fertigation et engrais appliquées au niveau de l'exploitation de l'agriculteur à Cherfech.

Période	Produit	Quantité (kg/ha)
Du 24/10/97 au 28/10/97	Ammonitre	36.2
	Solu-Potasse	7.24
	Acide Phosphorique	5.79 (litre)
Du 01/01/98 au 30/01/98	Ammonitre	62.06
	Solu-Potasse	43.44
	Acide Phosphorique	10.86 (litre)
Du 12/02/98 au 21/02/98	Ammonitre	31.0
	Solu-potasse	21.72
Mars 98	Ammonitre	155.17
Avril 98	Ammonitre	103.44

1.1.4. Protection phytosanitaire

Des traitements contre l'*oidium* ont été faite par l'action de SaproI et Bavistin ainsi que l'AncéorC₃ pour le *mildiou*. Pour la lutte contre les insecte nuisibles essentiellement les noctuelles, l'agriculteur a utilisé le Lannate, le Dursban et le Métofan.

1.2. Résultats et discussion

1.2.1. Conduite de la culture

L'étude de cas de cet agriculteur est très intéressante, vu que, c'est un exemple concret montrant qu'il ne suffit pas d'utiliser les techniques culturales les plus récentes pour réussir sa culture.

Lors de notre première visite, nous avons constaté beaucoup d'hétérogénéité dans la parcelle probablement suite aux opérations répétées de remplacement des manquants, ainsi que le non calibrage des rejets et le mélange des moyens de multiplication végétative (cabosse, ovolo, et éclat de souche).

Cependant le problème qui saute au yeux est celui de l'hydromorphie. Suite au niveau élevé de la nappe et aux fortes précipitations enregistrées durant la saison de culture, des stagnations d'eau ont été observées un peu partout dans les parcelles d'artichaut.

Le suivi de l'évolution de la nappe, à l'aide d'un pizomètre installé au cour de la parcelle d'artichaut montre que durant une bonne période du cycle de développement de la plante l'eau est piégée dans la zone 0-80 cm (figure69), considérée comme la zone d'enracinement de la culture.

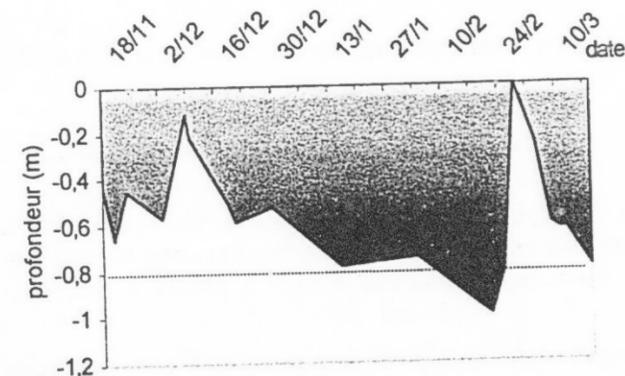


Figure 69: Evolution du niveau de la nappe de la parcelle d'agriculteur.

Ces conditions de stagnation d'eau obligent, une forte proportion des racines à passer par des périodes plus au moins longues d'asphyxie. DUCHAUFOR (1989), signale que la respiration des racines ainsi que leur pénétration dans le sol, sont assurées de façon optimale lorsque l'état de la structure assure une forte capacité en air (supérieur à 10%, seuil critique 5%). Quant on se trouve en présence d'une nappe stagnante, ou d'un sol tassé à texture fine (argileuse, limono-argileuse), saturée d'eau capillaire, le renouvellement de l'oxygène ne pouvant avoir lieu, la respiration des racines



est compromise. MHIRI(1996) ajoute que en cas d'excès d'eau la plante manifeste des symptômes identiques à ceux qui découle d'un stress hydrique. L'agriculteur, en adoptant une plantation sur un sol non billonné, n'a fait qu'amplifier les conséquences de cette humidité excessive.

Des cas d'atrophie, de pourriture et d'arrêt de croissance ont été observées dans la grande parcelle d'artichaut.

Toutes ces conditions réunies ont pour effet la diminution du rendement total de la culture. MHIRI(1996), signale que la présence de l'oxygène dans la rhizosphère est une des conditions nécessaires aux fonctions physiologiques des racines et toute déficience en cet élément se traduit par une réduction de la productivité de toute la plante.

La figure (70) montre que la production totale a légèrement dépassé les 3000 douzaines.

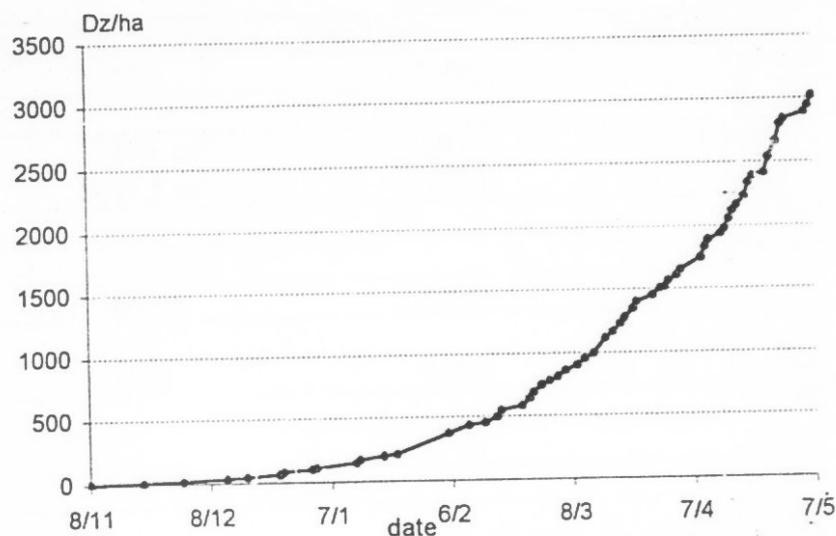


Figure 70: Evolution de la production réalisée par l'agriculteur (cumule) exprimé en douzaine par hectare.

1.2.2. Commercialisation de la production

La période de récolte s'est étalée de Novembre à Mai. Les ventes ont été réalisées au marché de gros, sur place et à des unités de transformation. En tout l'agriculteur a vendu 20648.5 douzaines qui sont représentées par le tableau 21.

Tableau 21: Comparaison entre la calendrier de production réalisé par l'agriculteur à cherfech et la calendrier de production de notre essai expérimental.

Mois	Agriculteur		Notre essai	
	Douzaines/ha	Taux (%)	Douzaines/ha	Taux (%)
Nov	8.78	0.25	85,56	3,98
Déc	78.44	2.2	271,57	4,74
Janv	135.6	3.8	569,19	9,65
Fév	554.91	15.58	2563,24	28,84
Mars	795.77	22.35	4683,77	32,99
Avr	625.5	17.57	6822,91	19,79
Mai	1360.86	38.22		



Il faut cependant noter que 60% de la production a été vendue pour la consommation en frais à un prix moyen de l'ordre de 1.350 Dinar la douzaine. Les 40% restants ont été vendues à des unités de transformation à un prix moyen de l'ordre de 1 Dinar la douzaine. L'observation de l'évolution de la production, montre que les problèmes rencontrés par l'agriculteur, principalement l'hydromorphie, ont affecté la précocité.

1.2.3. Les charges de la culture

Les charges de la culture sont représentées par le tableau suivant :

Tableau : 22 fiche tecnico-économique de la culture de l'artichaut, réalisé par l'agriculteur.

Opération	Quantité	charges	
		Prix Unitaire	Total (Dinars)
Préparation du sol	91h	8.000	728.000
Achat des plants	-		5 706.382
Irrigation	13392 m ³	0.091 D	1 218.672
	8011,5 m ³	0.105 D	841.207
Fertilisation	-		876.850
Fertigation	-		825.195
Binage mécanique	16h 45'	8.000	134.000
	-		595.268
Traitement phytosanitaire	13h	8.000	104.000
	-		64.000
Frais de récolte			192.000
Main d'œuvre	912 jours		5 104.000
Charge totale			16 389.574
Revenu (recette)			24 984.685
Bénéfice			8 595.111

On remarque que les charges les plus lourdes sont celles de l'achat des plants, de l'irrigation et bien sûr la main d'œuvre. Il faut signaler que la densité élevée ainsi que le grand nombre de remplacement ont augmenté d'avantage la charge consacrée à l'achat des plants.

Sans prétendre dire qu'on a fait une étude technico-économique, nous pouvons dire que malgré tous les problèmes rencontrés l'agriculteur a pu réaliser un bénéfice de 1500 dinars par hectare.

Ceci montre que la culture de l'artichaut est rentable car le prix de vente est assez intéressant.

2. Résultats de l'enquête sur la fertigation de l'artichaut chez certains agriculteurs dans la gouvernorat de l'Ariana .

Au cour de l'enquête réalisée auprès de certains agriculteurs pratiquants l'irrigation fertilisante, on a observé des parcelles d'artichaut conduite en lignes jumelées, en ligne simple, en quinconce, différentes densités de plantation et divers programme de fertilisation ont été appliqués.



lignes jumelées, en ligne simple, en quinconce, différentes densités de plantation et divers programme de fertilisation ont été appliqués. Malgré ces variantes conduites de la culture de l'artichaut, le gain apporté par la technique de fertigation, a été consentit par la plus part des agriculteurs. Comparé au système classique d'irrigation (gravitaire) on a enregistré une économie d'eau de 3600m³ en moyenne.

Les figures (71,72,73,74,75,76,77,78) traduisant le rendement en douzaines par hectare (dz/ha) et la date d'entré en production, avant et après, l'introduction de la fertigation dans la conduite de la culture de l'artichaut, montrent une augmentation du rendement variant (suivant l'agriculteur) de 1000 à 2000 douzaines par hectare ainsi qu'un gain de précocité de 15 à 45 jours.

La comparaison des résultats de cette enquête avec ceux de l'expérience que nous avons réalisé à la station de l'INRGREF à Cherfeche montre que :

- ❖ Le rendement enregistré au cour de cette expérience dépasse d'environ 2724 dz/ha la moyenne des agriculteurs cultivant la même variété (tableau 23).
- ❖ La production est plus ou moins tardive (de 15 à 30jours selon les agriculteurs) chez les agriculteurs enquêtés (tableau (23) et figures74,75,76,77,78).

De nombreuses causes sont à l'origine de ces retards observé chez les agriculteurs dont principalement, le manque de maîtrise de la technique de la fertigation, une conduite inadéquates de la variété ainsi que les problème d'hydromorphie

Tableau 23 : Comparaison entre les rendements réalisés à la station de l'INRGREF à Cherfech et ceux des agriculteurs soumis à l'enquête..

	Variété utiisée	Rendement (dz/ha)
Notre essais expérimental	Violet	6824
1 Agriculteur à cherfech	Violet	3000
2 Agriculteur à kalaat el Andalos	Violet	4800
3 Agriculteur à Cherfech	Violet	4000
4 Agriculteur à kalaat el Andalos	Violet	4000
5 Agriculteur à Jdaïda	Violet	4000
6 Agriculteur à Jdaïda	Violet	4800
7 Agriculteur à kalaat el Andalos	Blanc	5000
8 Agriculteur à Jdaïda	Blanc	5000
9 Agriculteur à Jdaïda	Blanc	6000
10. Agriculteur à kalaat el Andalos	Blanc	7000

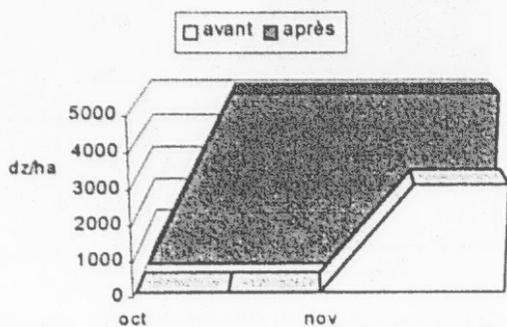


Figure 71 : Rendement de l'artichaut (Blanc) et date d'entrée en production, avant et après l'introduction de la fertigation dans la conduite de la culture chez un agriculteur à Kalat el Andlos

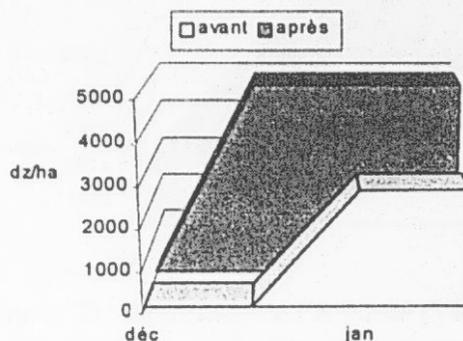


Figure 74 : Rendement de l'artichaut (Violet) et date d'entrée en production, avant et après l'introduction de la fertigation dans la conduite de la culture chez un agriculteur à Kalaat el Andalos

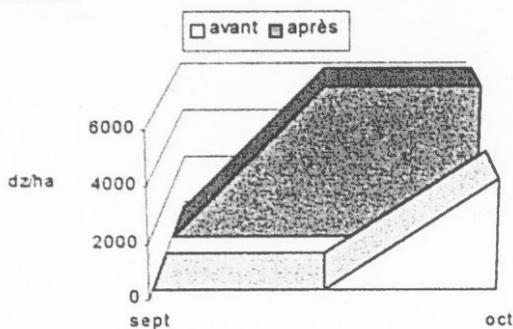


Figure 72 : Rendement de l'artichaut (Blanc) et date d'entrée en production, avant et après l'introduction de la fertigation dans la conduite de la culture chez un agriculteur à Jdaïda

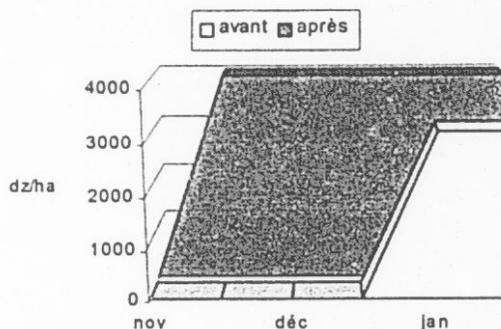


Figure 75 : Rendement de l'artichaut (Violet) et date d'entrée en production, avant et après l'introduction de la fertigation dans la conduite de la culture chez un agriculteur à Jdaïda

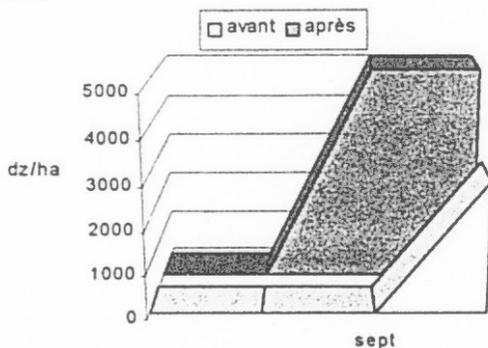


Figure 73 : Rendement de l'artichaut (Blanc) et date d'entrée en production, avant et après l'introduction de la fertigation dans la conduite de la culture chez un agriculteur à Jdaïda.

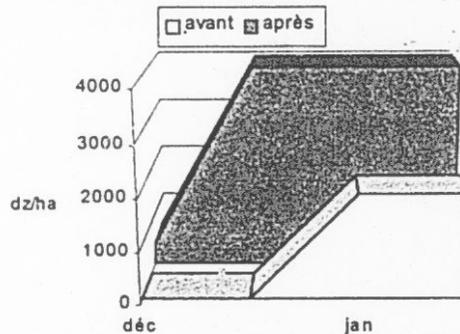


Figure 76 : Rendement de l'artichaut (Violet) et date d'entrée en production, avant et après l'introduction de la fertigation dans la conduite de la culture chez un agriculteur à Cherfech.

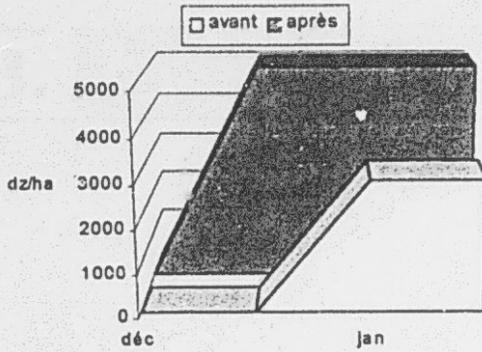


Figure 77 : Rendement de l'artichaut (Violet) et date d'entrée en production, avant et après l'introduction de la fertigation dans la conduite de la culture chez un agriculteur à Jdaïda.

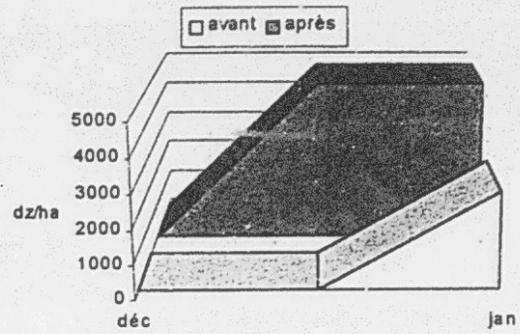


Figure 78 : Rendement de l'artichaut (Violet) et date d'entrée en production, avant et après l'introduction de la fertigation dans la conduite de la culture chez un agriculteur à Jdaïda.

3.*Conclusion*

Les cas d'hydromorphie observés chez l'agriculteur à Cherfech et un peu partout dans la basse vallée de la Medjerda, nous fait penser à étendre la culture de l'artichaut dans d'autres régions, vu qu'elle n'a pas d'exigences particulières du point de vue température et photopériode.

L'installation des billons lors de la plantation de l'artichaut semble être primordiale même avec une irrigation localisée. Ceci permet, en cas de stagnation, d'éviter le contact des racines superficielles (fonctionnelles), avec l'eau et garantir un sol aéré au voisinage de ces derniers. MHIRI, 1996 signale La raréfaction progressive de l'oxygène dans la rhizosphère y induit des modification des conditions physico-chimiques du sol.

La plantation en lignes jumelées paraît être un mauvais choix, surtout pour la variété Violet d'Hyères (variété à fort développement végétatif).

L'introduction de la technique de la fertigation par certains agriculteurs dans la conduite de la culture de l'artichaut, a permis d'augmenter leurs rendement ainsi qu'un gain de précocité et une remarquable économie d'eau.

Cependant, la comparaison des résultats des agriculteurs avec ceux de notre expérience réalisée à la station de L'INRGREF à Cherfech, montre que les rendements, ainsi que la précocité en production réalisée par ces agriculteurs, peuvent être améliorés d'avantage.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de ce travail de recherche les principaux résultats auxquels nous avons abouti sont les suivants :

L'étude du comportement variétal des deux variétés d'artichaut les plus cultivées en Tunisie à savoir le Blanc Oranais et le violet d'Hyères révèle deux cycles de développements différents.

Le violet d'Hyères, avec au début un démarrage végétatif lent (8.8g/j) présente une croissance régulière qui continue tout au long du cycle.

Le stade de production florale nécessite en moyenne 133 jours et permet une production échelonnée s'étalant de la mi-novembre à la fin mars, avec un poids moyen des capitules de 212g.

Le développement des rejets se déclenche dès la récolte du premier capitule. Les rejets produits par cette variété sont très hétérogènes (4 à 17 rejets par plant avec un poids moyen de 111.1g en mi-mars)

Le Blanc Oranais montre une croissance végétative rapide (40 g/j), aboutissant après 92 jours en moyenne à la première production florale (mi-octobre). Le poids moyen des capitules est de l'ordre de 167.8g. A partir du 150^{ème} jour, on observe une régression végétative au cours de laquelle disparaît la partie aérienne de la plante. Un redémarrage végétatif assuré cette fois ci par les rejets, permet à certains d'entre eux d'arriver au stade de production florale et d'assurer ainsi une deuxième récolte. Le nombre de rejets produits par cette variété sont plus importants (de 6 à 23).

Pour les deux variétés, l'analyse minérale des différentes parties de la plante montre une mobilisation importante du potassium et de l'azote au niveau des organes végétatifs et davantage, dans les organes de productions (capitule et tige). Des teneurs plus élevées au niveau de la variété Violet d'Hyères ont été remarquées.

Une seconde étude visant la comparaison des effets de trois modes d'irrigation à savoir : l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et la fertigation appliqués à l'artichaut (variété Violet d'Hyères). Cette étude nous a permis de dégager les résultats suivants :

- l'irrigation localisée a favorisé une densité finale de plants élevée et ceci en augmentant le pourcentage de reprise des boutures à la plantation de 93.58% et 91.08 % respectivement pour la fertigation et l'irrigation goutte à goutte non fertilisante, contre 65% pour l'irrigation à la raie.

- Le nombre de capitules par unité de surface (m^2) montre aussi un avantage pour l'irrigation localisée, avec $8.3 \text{ cap}/m^2$ pour la fertigation et $7 \text{ cap}/m^2$ pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante contre $4.95 \text{ cap}/m^2$ pour l'irrigation gravitaire.
- Le rendement exprimé en T/ha a été nettement amélioré par l'irrigation localisée et spécialement la fertigation qui a permis d'avoir 17.527 T/ha contre 15.057 T/ha pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et 10.22 T/ha pour l'irrigation à la raie.
- La fertigation a permis un gain de précocité, 78.29% de la production totale a été obtenue avant le mois de mars, contre 61.83% pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante et 42.12% pour l'irrigation à la raie.
- Une consommation en eau plus élevée résultant à la fois du bon développement végétatif, ainsi qu'une densité de plant plus importante a été enregistrée dans le cas de l'irrigation localisée.
- L'efficacité de l'utilisation de l'eau a été améliorée par l'irrigation localisée avec $27.89 \text{ kg}/\text{mm}$ pour la fertigation et $24.19 \text{ kg}/\text{mm}$ pour l'irrigation goutte à goutte non fertilisante, contre $18.63 \text{ kg}/\text{mm}$ pour l'irrigation gravitaire.

Le suivi d'un certain nombre d'agriculteurs pratiquants la fertigation de l'artichaut dans la région de l'Ariana nous a permis de dégager les remarques suivantes :

- Des problèmes d'hydromorphie observés durant les phases de développement de la plante suite au mauvais fonctionnement du réseau de drainage, ont été à l'origine du retard de la production et du faible rendement enregistré sur la parcelle de l'agriculteur de Cherfech.
- En cas de stagnation d'eau suite au forte pluie ou au fonctionnement inadéquat du réseau de drainage, l'abandon de l'installation des billons, par certains agriculteurs pratiquant l'irrigation localisée peut aggraver la situation.
- Au niveau de la conduite de la culture il y a une grande diversité et les agriculteurs ne différencient pas la conduite culturale pour les variétés
- Auprès de tous les agriculteurs soumis à l'enquête, nous avons enregistré une amélioration de la production ainsi qu'un gain de la précocité, par l'adoption de l'irrigation fertilisante dans la conduite de la culture de l'artichaut.
- Les rendements obtenus à la station de L'INRGREF Cherfech ($6824 \text{ dz}/\text{ha}$) étaient meilleurs que ceux réalisés par les agriculteurs pratiquant la fertigation et utilisant la même variété (3000 à $4800 \text{ dz}/\text{ha}$) ; ceci est le résultat d'une pratique plus rigoureuse de cette technique qui peut être encore mieux optimisée.

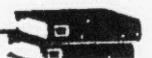


REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



Références bibliographiques.

- AGGARWEAL, R. and N.K. NARDA.** 1992. Studies on quality comparison of furrow and drip irrigated tomatoes. *J. Res. Punjab. Agric. Univ.* 29 (4):514 -518.
- ANSTETT, A.**(1965) Les exportations des espèces légumières en maraîchage de pleine terre. *Bull. Techn.inform.*-200-459-67
- ANNUAIRE DES STATISTIQUES AGRICOLES,1980.** Ministère de l'agriculture (DG/PDIA).
- ANNUAIRE DES STATISTIQUES AGRICOLES,1983** Ministère de l'agriculture (DG/PDIA).
- ANNUAIRE DES STATISTIQUES AGRICOLES,1986** Ministère de l'agriculture (DG/PDIA).
- ANNUAIRE DES STATISTIQUES AGRICOLES,1993** Ministère de l'agriculture (DG/PDIA).
- ANNUAIRE DES STATISTIQUES AGRICOLES,1997** Ministère de l'agriculture (DG/PDIA).
- ANNUAIRE DES STATISTIQUES AGRICOLES,1998.** Ministère de l'agriculture (DG/PDIA).
- ASKRI, H. (1999)** Effet de différents mode d'irrigation sur une culture de tomate de saison. Mémoire de troisième cycle de l'INAT.
- A.V.F.A (1993)** La culture de l'artichaut. Document technique - colab GIL et INRAT oct 1993.
- BARBIERI, R. (1959)** Osservazioni sulla biologia del carciofo « Spinoso sardo » *Staz.Sass.* III 7,19.
- BARBUT, M. , et G. CHEVALIER. (1940)** Etudes sur la culture de l'artichaut en Algérie effectuées à l'Institut Agricole d'Alger 1939-40- *Doc.et Renseig-Agric*-120.
- BEAKBANE, A.B. (1961)** Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting- *Nature*-192 Dec9-954-955.
- BESLER, E. (1977)** Trickle-drip irrigation. Principles and application to soil-water management, *Advances in Agronomy*, 29, 343-393.
- BOGLE, C.R. , T.K. HARTZ, and C. NUNEZ . (1989)** Comparison of subsurface trickle and furrow irrigation on plastic-mulched and bare soil for tomato production. *J. AMER. SOC.HORT.SCI.* 114 (1) 40-43.
- BONNET, A. (1959)** Contribution à l'étude de l'artichaut -Thèse de docteur-Ingénieur-Faculté des sciences - Toulouse.



- BOSWELL, M. (1984)** Application of chemicals. In Hardie irrigation, microirrigation design manual. Ed, Jermes Harde, El Cujon, California,-1-8.
- BUCKS. D.A , L.J. ERIE and O.R. FRENCH. (1974)** Quntity and frequency of trickle and furrow irrigation for efficient cabbage production. Agronomy journal. Vol 66.p53-57.
- CHAUX, CL. et FOURY, Cl.(1994)** Production légumière, Tome 2.Ed.Lavoisier.
- CIAMPI, C. et R. GELLINI. (1958)** Studio anatomico sui rapporti tra structurae capacita di radicazione in talee di olivo -N. Giorn. Bot. Ital. -Ns65- 417-424.
- CIAMPI, C. et R. GELLINI. (1963)** Insorgenza e sviluppo delle radizi aventizie in Olea Europea L. Importanza della structura anatomica agli effetti dello sviluppo delle radichette- Giorn.Bot.Ital.70-62-74.
- CTIFL. (1982)** Mémento fertilisation des cultures légumières.
- DELLACECCA, V. et V.V. BIANCO. (1967)** Valore agronomico delle gemme in relazione alla loro posizione sul risoma di carciofo- Atti 1° Cong.sul carciofo-Bari-21-25.
- DESBERG, S. et E. BRESLER. (1985).** Drip irrigation manual. In International information Center, Ed, Becb Dagen; Israel,11-15.
- DONALD et HAMBLIN (1976)** The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria - Adv.Agron.vol.28.
- DUCHAUFOR, Ph.(1989)** Pédologie -SOL, Végétation, environnement-Ed Masson.
- EDRA. (1997)** Tabelle di composizione degli alimenti stituto Nazionale della Nutrizione.
- EL BARKOUKI. M.H. , S.A SAHANAN. , M. EL MOTAZ BILLAH, S.T. BOULAS, et FA. HOSNI. (1976)** Structure root development and size of the globe artichoke offshoots Egypt, J.Hort, (3)-2-119-123.
- EL BEZ, M.(1997)** La culture de l'artichaut en Tunisie. Rétrospective, Prospective et perspective d'avenir. *P.F.E* .
- ELFVING, D.C. (1982)** Crop response to trickle irrigation Horticultural Reviews 4,1-48.
- FOURY,C. (1967)** Etude de la biologie florale de l'artichaut; Ann.Amélior.Plantes-17 (14)- 357-373.
- FOURY,C. (1969)** Etude de la biologie florale de l'artichaut (Cunara scolymus L.) ; application à la sélection-2^{ème} partie : Etude des descences obtenues en fécondation controlée. Ann.Amélior. Plantes19 (1) -23-52.



- FOURY, C. (1970)** Quelques aspects techniques de la culture de l'artichaut en Algérie – ESR-SF/Alg 8 rapport technique 1- F.A.O- Rome.
- FOURY, C. (1977)** Essai d'application d'acide gibbérellique GA3 sur une culture d'artichaut de printemps (*Cynara scolymus* L.) cultivar Blanc Hyérois- Ann.Amélior.Plantes-27 (4)- 411-426.
- FOURY, C. (1978)** Quelques aspects de l'Histoire des variétés d'artichaut (*Cynara scolymus* L.) –journ. D'Agric. Trad. Bot. Appl.-15-1-26-49.
- FOURY, C. (1978b)** Etude sur le développement et la mise à fleur de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.) cultivé en conditions naturelle à partir de semence. D.E.A de Physiologie végétale. Université Paris VI-64p.
- FOURY, C. (1980)** Etude sur le développement et la mise à fleur de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.) issu de boutures et de semis. Thèse de docteur-ingénieur. Université de Pierre et Marie Curie –Paris 6-162.
- GALVANO, G. et A.LANZA. (1971)** Prova d'impiego di brattee di carciofo (*C. scolymus* L.) nell'alimentazione di vitelli all'ingrosso-Soc.Ital.delic Sc.Vetin. Vol,xxv-316-320.
- GUIMBARD, C. et J. CORRE. (1972)** Observation sur le rôle des facteurs trophiques dans les corrélations de rhizogénèse chez la jeune plante étoilée de tomate (*lycopersicum esculentum* Miller). C.R.Acad.Sc Paris-264-276.
- HARBAOUI, Y. (1975)** Effet de l'acide Gibberellique et des dates de reveil sur une artichautière de deuxième année. Mémoire de fin d'études du troisième cycle de l'I.N.A.T.
- HARISTON, J.E., J.S. SCHEPERS And W.L CONVILL. (1981)** A trickle irrigation system for frequent application of nitrogen to experimental plots. Soil Science Society of America Journal, 45, 880-882.
- HARTMAN, H.T et D.E. KASTER. (1968)** Plant propagation –Prentice Hall- Englewood cliffs-New-Jersey.
- HOLMAN, H.D. (1980)** Fertilizing through irrigation system. In Citrus and vegetables magazine, November-34-40.
- JANNACCONE, A. (1967)** Ricerche sperimentali sulla biologia del carciofo (*Cynara Scolymus* L.) –Rivista di Agronomia I.
- LAMALFA, G., C. FOURY et D. CHAMBONNET. (1969)** Essai d'utilisation en culture d'automne du matériel provenant de la décapitation estivale-bull. stat Amélio.Plantes – Montfavet.
- LA MALFA, G. et C. FOURY. (1971)** Aspect de la multiplication végétative de l'artichaut dans le bassin occidental de la Méditerranée- P.H.M-N°114-19-29.



- LA MALFA, G. et C. FOURY. (1973) Caratteristiche morfologiche e biologiche delle piante di *Cynara scolymus* L. In rapporto agli organi di moltiplicazione—Atti 2° Cong. Int. sul carciofo-Bari-407-418.
- LATTANZIO, V., D. LAFIANDRA et I. MORONE-FORTUNATO. (1979) La composizione chimica e valore nutritivo del carciofo—Atti 3° con. Int. sul carciofo- Bari- Instampa.
- LEPPIK, E.E. (1977) The evolution capitulum types of the compositae in the light of insect-flower interaction—in the biology and chemistry of the compositae-61-89- Edit. by Heywood, Harborne, Turner-Academic Press- London.
- MARESQUELLE, H.J. (1965) Sur la filiation des inflorescences (second rapport), Travaux de biologie végétale dédiés au Pr. Plantefol-435-446.
- MARRAS, G.F. (1969) Recherche sugli apparati radicali del carciofo—Att. 1. cong. Int. sul carciofo-Bari-45-53.
- MARZI, V., V. LATTANZIO et S. VANADIA. (1975) Il carciofo piante medicinale-Liantonio in palo del colle-53p.
- MHIRI, A. (1996) Relations sol-plante en fertigation – advanced short course en fertilization –irrigation : fertigation. Oct20- nov3- 1996 Tunis-53-84.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE. 1998. Suivi de la campagne agricole-1997-1998. DG/PDIA. (SID statistique agricoles- avril 1998).
- MITTEMBERGHER, L. (1964) Indagini sull'origine delle radici avventizie in talee legnose di perpo—Revis. Della ortoflor. ital. vol.48-1- Janv-Fév -34-44.
- MONCOUSIN, CH. (1982) Contribution à la caractérisation biochimique et physiologique de la phase juvénile de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.) au cours de sa multiplication végétative conforme et accélérée en culture in vitro. Thèse de Docteur Ingénieur. Université de Paris-sud. Orsay.
- MONTAG, U.J. et M. SHNEK. (1997) Principles of fertigation and their potential for global application. IFA. Fadinap Reg. Conf. For Asia and the Pacific. Chiangmai, Thailand.
- MORONE FORTUNATO, I., S. VANADIA. et V. LATTANZIO. (1979.b) Osservazioni sulla transizione a fiore dell'apice vegetativo di quattro varietà de *Cynara scolymus*—Atti del 3° cong. Int. Sul carciofo. Bari—in Corso di stampa.
- NOUGAREDE, A. (1965) Organisation et fonctionnement du méristème apical des végétaux vasculaires. In travaux de biologie végétale dédiés au professeurs PLANTFOL—Masson- Paris.
- PAPADOPOULOS, I. (1986a) Nitrogen fertigation of greenhouse-grown cucumber. Plant and soil, 93. 97-93.



- PAPADOPOULOS, I.(1987a) Effect of residual soil salinity resulting from sulphate waters on lettuce. *Plant and soil* 97.171-177.
- PAPADOPOULOS, I.(1988a) Nitrogen fertigation of trickle irrigated potato. *Fertiliser research* 16. 157-167.
- PAPADOPOULOS, I.(1991). Fertigation in cyprus and some other countries of the near east region.F.A.O consultation of fertigation/chimigation .September.8-11.
- PAPADOPOULOS, I. (1996) Micro-irrigation and fertigation. In *Advanced Short course on fertigation*. NOV.26-Dec.3-Beirut, Libanon—79-105.
- PAUWELS. J.M. , E. VAN RANST. , M. VERLOO. , A.ZE. MVONDO. (1992) *Manuel de laboratoire de pédologie. Méthodes d'Analyse des sols et de plantes, Equipement, Gestion de Stocks de Verrerie et de Produit Chimiques*. publication agricole.AGCD.265p
- PHENE . C.J and D.W. BEALE. (1976) High-frequency irrigation for water nutriment management in humid region. *Soil Sc. Soc. of Am.* J 40. 430-436.
- PHENE . C.J. , Fauss, J.L. and SANDERS, D.C.(1976)Water-nutrient-herbicide management of potatoes with trickle irrigation.*Amer.Pot.J.*56-59.
- POCHARD, E. (1961) Les stades phénologiques de l'artichaut- Incompte rendu annel d'activité- station Amélioration des plantes-I.N.R.A.-Avignon-Montfavet.
- POYSA. V.W. , C.S. TAN and J.A. STONE. (1987) Flooding stress and root development Of sevral tomato genotypes. *HortScience* 22(1):24-26.
- RISTIMÄKI , L. (1997) Fertigation field programme. In IFA- Fadinap regional conference for Asia and the Pacific.- Chiangmai, Thailand. December 1-4.
- SAMMIS, T.W. (1980) Comparison of sprinkler, trickle, subsurface and furrow irrigation methods for row crop. *Agronomy journal*.72(5): 701-704.
- SATPUTE. G.U. , S.K. BENDALE. and A.R. KAUSAL. (1992) Water requirement of tomato crop under drip and furrow irrigation.PKV Res.J 16 (1).
- SCARAMELLE PETRI. P. , S. MAZZI and P. STRIGLI. (1960) Considerazioni sulla formazione delle radici avventizie con particolare riguardo a : curcubita pepo, Nerium Oleander, Menyanthus Trifoliata e Solanum lycopersicum-N.Giorn.Bot.IT.N.S.37.1.2.131-175.
- SCHWEERS, V.H. and DW.GRIMES (1976) Drip and furrow irrigation on fresh markst tomato on a slowly permable soil.*California agriculture* .8-10.
- STIFL, (1968) Les clones d'artichaut violet de Provence sélectionnés par l'I.N.R.A. et multiplié par C.T.I.F.L. in CTFL. Doc. N°20.Octobre.

SWEENY. D.W. , A.B. BOTTCHEER. , S.J. LOCASCIO and K.L. CAMPBELL. (1987)
omato yield and nitrogen recovery as influenced by irrigation method,
nitrogen source, and mulch. HortScience 22(1): 27-29.

VERGNIAUD, P.(1990) Un exemple de prévention des colmatage des reseaux d'irrigation
goutte à goutte .PH.M. Revue Horticole . N°305.39-42.



FIN

104

VUES