



Caractérisation phénologique de différents écotypes de cactus (*Opuntia* spp.) Marocains sous les conditions édapho-climatiques de la région de Chaouia-Ouardigha (Phenological characterization among Moroccan ecotypes of cactus (*Opuntia* spp.) under soil and climatic conditions of the Chaouia-Ouardigha region)

Mabrouk A.^{1,2}, Abbas Y.^{3*}, Fakiri M.², Benchekroun M.²,
El Kharrassi Y.^{1,2}, El Antry-Tazi S.³, El Mzouri E.¹

¹INRA-Centre Régional de la Recherche Agronomique, B.P. 589, Settat, Maroc.

²Université Hassan I, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire d'Agro-alimentaire et Santé, 26000 Settat, Maroc.

³Centre de Recherche Forestière, Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Charia Omar Ibn Al Khattab B.P. 763, Rabat-Agdal, Maroc.

Received 12 Jun 2015, Revised 25 Feb 2016, Accepted 07 Mar 2016

*Corresponding Author. E-mail: abbayouns@gmail.com; Téléphone : +212 668 83 13 94; Fax: +212537 671151

Abstract

Trough the Green Morocco Plan (PMV) and National Plan to Combat Desertification (PNLCD), the cactus (*Opuntia* spp) cultivation has been developed. The areas occupied have tripled from almost 45 000ha in the beginning of 1990, to an estimated 150 000ha actually. The previous studies on cactus have been shown that this specie displays a high level of genetic diversity expressed in term of production, types of fruit and different stage of maturity. Knowing that the cactus germoplasm had a significant transfer in different parts of Morocco to expand its agroclimatic area, it has become critical to develop scientific knowledge on this specie by identifying both its phenology and its performance under a particular agroclimatic conditions. So, the aim of this study is to characterize the phenologic behavior of Moroccan cactus ecotypes and to examine their morphological variability within dominant species in Morocco. The study was involved on seven cactus species represented by 126 ecotypes collected from different regions in Morocco and installed in the experimental site of Ain Nzagh (INRA of Settat). The results obtained show that the studied ecotypes do not have the same phenologic behavior. In fact, 9.5% of them revealed a continuously prolific nature and gave buds by different ages of spears (Rm: mother spear, R1: spear of the first year, R2: spear of the second year, R3: spear of the third year). It is the ecotypes derived from *Opuntia ficus indica* specie noted: « H2 » from Zenata area, D2 from Lagribat area, « G2 » from Benismir area and for those noted « 113, E1, I2, H3, H1 » from Rhamna and Jbillette region. The same result was also observed for ecotypes belonging to *Opuntia megacantha* specie and noted: « B1 » from Sidi Boumehdi area and « 111, 112, 113, K2 » from Rhamna and Jbillette region. These ecotypes may be considered as potentially interesting for an appropriate revegetation and for cactus production in marginal and less favoured areas.

Keywords: Cactus, *Opuntia*, ecotype, buds, genetic variability, phenology, forestry, Morocco

Résumé

Dans le cadre du Plan Maroc Vert (PMV) et le Plan National de Lutte Contre la Désertification (PNLCD), la culture du cactus (*Opuntia* spp) s'est bien développée. Les superficies occupées ont triplé passant de 45.000 ha au début des années 1990, à plus de 150.000 ha actuellement. Les études précédentes sur le cactus ont montré qu'il présente une grande diversité génétique exprimée en terme de production, de types de fruits ainsi que des stades de maturité variés. Sachant que le germoplasme du cactus a connu un transfert considérable entre différentes régions du Maroc pour étendre sa superficie dans différents régions agroclimatiques, il est devenu cruciale d'approfondir les connaissances sur cette espèce en caractérisant sa phénologie et sa performance sous des conditions agroclimatiques bien déterminée. Ainsi, l'objectif de

cette étude est de caractériser le comportement phénologique de différents écotypes de cactus et examiner leurs variabilités morphologiques au sein des espèces dominantes au Maroc. L'étude a concerné sept espèces représentées par 126 écotypes d'*Opuntia* collectés de différentes régions du Maroc et installés au site expérimental d'Ain Nzagh de l'INRA de Settat. Les résultats obtenus ont montré que les écotypes étudiés ne présentent pas le même comportement phénologique. En effet, 9,5% d'entre eux ont révélé un caractère prolifique de façon continue et permanente et ont donné des bourgeons par différents âges de raquettes (Rm : raquette mère, R1 : raquette de la première année, R2 : raquette de la 2ème année, R3 : raquette de la troisième année). Il s'agit des écotypes dérivant de l'espèce *Opuntia ficus indica* notés : « H2 » provenant de la zone de Zenata, D2 dont l'origine est la zone de Lagribat, « G2 » provenant de la zone de Benismir et ceux notés « 113, E1, I2, H3, H1 » provenant de Rhamna et Jbilette. Egalement, les écotypes appartenant à l'espèce *Opuntia megacantha* : « B1 » provenant de la zone de Sidi Boumehdi et ceux notés « 111, 112, 113, K2 » et qui proviennent de Rhamna et Jbilette. Ces écotypes peuvent être considérés comme potentiellement intéressants pour un choix adéquat de revégétation et de production de cactus dans les zones marginales et les plus hostiles.

Mots clés : Cactus, *Opuntia*, écotype, bourgeons, variabilité génétique, phénologie, foresterie, Maroc.

1. Introduction

Le Maroc est un pays à climat méditerranéen aride semi-aride est connu par ses aléas climatiques pouvant engendrer des périodes successives de sécheresse et par l'aridité d'une grande partie de son territoire. En plus de ces effets climatiques le surpâturage et les activités anthropiques ont conduit à une dégradation alarmante du couvert végétal et à la disparition de plusieurs climax végétaux d'intérêts économique, écologique et académique très important. Vu la demande croissante des populations rurales en ressources alimentaires et économiques alternatives et adaptés aux conditions hostiles du paysage agroécologique, le cactus peut être une alternative pour un développement durable dans ces régions grâce à son adaptation au climat de ces zones et son importance économique [1-2]. C'est une espèce qui a été introduite au 16^{ème} siècle au Nord et au Sud de l'Afrique et tout au long du bassin méditerranéen [3-4]. L'hétérozygotie de son matériel génétique de départ a permis d'obtenir la diversité de formes que nous rencontrons actuellement [5]. Ce caractère a participé aussi à l'observation des variétés de différentes couleurs et des périodes de récolte qui varient d'un groupe à l'autre et d'une localité à l'autre [6]. Dans la région d'Aït Baâmrane, au sud de la ville de Tiznit (Maroc), le cactus inerme (*Opuntia ficus indica*) est le plus répandu et il se présente sous forme de deux écotypes connue localement par leurs nom vernaculaire « Aïssa » (à caractère précoce : récolte en juin- août et « Moussa » à caractère tardive : récolte septembre-décembre. Ces deux écotypes sont le plus souvent utilisées en plantations alignées entourées de cactus épineux (*Opuntia megacantha*) appelé localement « Achefri » [5]. Concernant les variétés disponibles au Maroc, Ait Hamou *et al.* (1998) [7] ont estimé que grâce à la diversité de ses régions écologiques, le pays dispose de plusieurs variétés et que chaque région a son propre cultivar. Le cactus "*Opuntia ficus indica*" et *O. megacantha* sont les principales espèces qui se sont adaptées aux conditions locales pour donner ces différents écotypes connues localement par leurs noms vernaculaires : Moussa, Aïssa et Achefri (Sidi Ifni), Rhamania (Rhamna), Doukalia (El-Jadida), El-Hadaouiya (Casablanca), Majdoubia (Mohammedia) et Eddallahia (Al-Hociema).

En 2002, Bencke et Morellato [8] dans leurs études sur la phénologie d'*Opuntia megacantha* ont démontré que les plantes de cette espèce produisent des bourgeons végétatifs et floraux au cours des saisons de printemps et d'été avec de longues périodes de développement du fruit et de dispersion retardée résultant du chevauchement des phénophases végétative et reproductive. La maturation des fruits d'*Opuntia* prend généralement un temps assez long [8].

En général, il y a peu d'études propres à la phénologie et particulièrement sur des jeunes plantations d'*Opuntia* Marocains. Les recherches ont été plutôt focalisées sur la période de floraison et de maturation du fruit pour déterminer la précocité et la tardivité des espèces d'*Opuntia* (*Opuntia ficus indica*). Récemment, El Kharrassi *et al.* (2015) [9] ont remarqué que le cactus marocain présente une grande diversité génétique avec différents types d'aspect agro-morphologique et développement phénologique. Certains écotypes fructifient à un stade très jeune dès la deuxième année, alors que d'autres produisent davantage de raquette avant d'entrer en production fructifère. Les mêmes auteurs ont rapporté que sous les mêmes conditions pédoclimatiques, certains écotypes émettent des bourgeons dès les mois de Février-Mars alors que d'autres ne le font qu'à partir de la période Mai-

Juin [1-10]. Ce comportement phénologique qui varie entre les différents écotypes mérite d'être mieux éclairer en vue d'un choix adéquat en matière de production et de programmes d'extension de la culture de cactus et de revégétation des zones marginales.

Dans la zone de la Chaouia-Ouardigha qui se situe dans un étage bioclimatique aride et semi-aride caractérisé par une irrégularité de pluie ainsi que des températures élevées pendant l'été. Ces facteurs exposent toute plantation à un stress bioclimatique intense, engendrant une période de disette où le pâturage devient rare. Ceci encourage et exacerbe le phénomène d'exode rural dans la région. Le cactus paraît une alternative prometteuse à ce genre de situation, grâce à son pouvoir de maintenir son développement dans les zones même les plus hostiles. Cette espèce constitue un stock d'aliment vert pérenne sur pied grâce à sa production en biomasse et fruitière. Egalement, elle encourage son exploitation à des fins agroindustrielles. Tous ces arguments reflètent l'intérêt que peut jouer cette plante, et particulièrement sa participation au développement durable des zones marginalisées. Dans cette optique, l'objectif de ce travail est de caractériser, le comportement phénologique de 126 écotypes de cactus appartenant à sept différentes espèces d'origine marocaine, en analysant la production et l'identification de bourgeons de la plante entière après 3 ans de plantation sous les mêmes conditions édapho-climatiques de la région de Chaouia-Ouardigha. Ceci permettra d'orienter le choix de plantation et de repeuplement vers les écotypes les plus adéquats pouvant garantir une production durable dans la région.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Site d'étude

L'étude a été réalisée au niveau du cactétum Ain Nzagh installé au CRRRA de Settat situé à une altitude d'environ 400 m, les coordonnées Lambert X : **292.413** et Y : **263.664**.

Le site se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride avec une pluviométrie moyenne qui varie entre 300 et 350 mm concentré entre les mois d'octobre et mai et une température moyenne très tempérés variant entre 5°C durant les mois décembre et janvier à 38°C durant l'été.

Le sol est très peu évolué avec une roche mère calcaire dont la profondeur varie entre 25 et 40 cm. Il est de type rendzine avec un pH légèrement alcalin de 7.5 et présentant une fertilité et une rétention d'eau faibles. La végétation annuelle associée à la culture de cactus *Opuntia* est une végétation assez typique des jachères de la région du Chaouia où on observe une dominance des espèces dicotylédones comme les Médiqes annuelles.

2.2. Matériel végétal

2.2.1. Nombre d'écotype et origine géographique

Le cactétum referme 126 écotypes âgés de 3 ans disposés en lignes sur un même substratum et mêmes conditions climatiques. Chaque écotype a un numéro d'accession et il est répété 4 fois. Au total, nous avons 504 plantes mis en terre. Le matériel végétal utilisé est le genre *Opuntia* collecté de plusieurs régions du Maroc (Tableau 1), à savoir : les Jbilette, plaines de Rhamna, les plaines de la Chaouia côtière entre El Jadida et Mohammedia, le plateau des Phosphates, Ouardigha, le Sous et les Montagnes de Ait Baâmrane, le moyen Atlas entre Beni Mellal et Sefrou, les plaines des Angades et les montagnes des Horst et de Beni Znassen de l'oriental, la chaîne du Rif depuis Nador jusqu'à Tanger et la plaine du Gharb et le pré-Rif occidental. La densité adoptée au niveau du Cactétum d'Ain Nzagh est de 2040 plants/ha (1.5 x 3.5 m).

2.2.2. Conduite de la culture

Le cactétum a été installé par l'INRA de Settat durant la campagne agricole 2011. La plantation a été effectuée à partir des cladodes qui étaient récoltées, séchées pendant 20 jours avant d'être directement mis en terre. Le séchage des cladodes avant la plantation est nécessaire afin d'éviter leur pourriture. La partie basale des cladodes (2/3 de la raquette) a été placée horizontalement avec une légère inclinaison afin d'augmenter la surface de contact avec le sol. Pour émettre d'avantage de racines, le mode de plantation est en ligne avec des espacements de 3.5 m entre les lignes et de 1.5 m entre les plantes de la même ligne ce qui donne une densité de plantation de 2040 plants/ha environ. Après les plantations, les raquettes ont été irriguées trois fois jusqu'à l'arrivée des pluies automnales.

2.2.3. Collecte des données et mesures des paramètres phénologiques

Le mode d'échantillonnage qui dans notre cas ne nécessite pas l'excavation de la plante, repose sur des observations visuelles et un comptage exhaustif de la production des raquettes et leur évolution chez les 504 plants (végétatif, fructifère ou avorté).

Tableau 1. Les régions de collecte des écotypes installés dans le cactétum d'Ain Nzagh- CRRA de Settat

Espèce	Ecotype	Région
<i>Opuntia dillenii</i>	242	Le plateau de Phosphate et zone de Khouribga
<i>Opuntia robusta</i>	412	Maroc Oriental
<i>Opuntia inermis</i>	191	Rhamna et Jbilette
<i>Opuntia leucotricha</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 361 • 611-633 	<ul style="list-style-type: none"> • Le moyen Atlas • Le pré Rif occidental
<i>Opuntia acquatorialis</i>	171	Rhamna et Jbilette
<i>Opuntia megacantha</i>	A1	Lagribat
	A2	Beni Smir
	A3	Guelmim
	B1	Sidi Boumehdi
	K1, K3	Zenata
	111, 112, 122, 143, 181, K2	Rhamna et Jbilette
	213, 221, 251, 267,	Le plateau de Phosphate et zone de Khouribga
	352, 371,	Le moyen Atlas
	411, 422, 431, 441, 442, 461, 471,	Maroc Oriental
	511, 532, 541, 543, 551, 571, 572, 581.	Rif Oriental
	621, 632, 641, 651.	Le Pré rif occidental
722, 741	Sous et montagnes d'Ait Baâmrane	
<i>Opuntia ficus indica</i>	E2	Bejaâd
	H2	Zenata
	D2	Lagribat
	C3	Bejaâd
	B2	Drabna
	J1, J3	Oulad Haddou
	F2, G2	Beni Smir
	B3, C2, D3, F1, F3	Guelmim
	113, 121, 131, 141, 142, 151, 152, 153, 161, 162, 163, 1101, D1, E1, G1, H1, H3, J2, I2.	Rhamna et Jbilette
	211, 212, 231, 232, 233, 241, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 271, 272, 273, 274, 275,	Le plateau de Phosphate et zone de Khouribga
	311, 321, 331, 341, 351,	Le moyen Atlas
	421, 451,	Maroc Oriental
	521, 531, 533, 542, 561,	Rif Oriental
	612, 631, 711, 712, 713, 714,	Le pré Rif occidental
	723, 731, 732, 733, 742, 743, 751, 752, 761, 762, 771, 772.	Souss et montagnes d'Ait Baâmrane

Vu la complexité de la phénologie de cactus qui se traduit par différents niveaux hiérarchiques (différents âges des raquettes (figure 1 : Rm, R1, R2, R3) et par différents type d'organes produits (végétatifs et fructifères), il s'est avéré judicieux de fragmenter cette étude phénologique selon le devenir des bourgeons produits.

La collecte des données a été réalisée sur tous les écotypes durant l'année 2014 du 09/03/2014 jusqu'au 30/08/2014. Sachant qu'au début du bourgeonnement, il est difficile de distinguer le type de bourgeon produit (Figure 2), nous avons procédé aux mesures des variables suivantes : le nombre total des bourgeons indéterminés (BI), le nombre total des bourgeons fructifères (BF), le nombre total des bourgeons végétatifs (BV) et le nombre total des bourgeons morts ou avortés (BM), en prenant en considération que :

$$N_{BI} = N_{BF} + N_{BV} + N_{BM} \text{ où } N \text{ est le nombre total de bourgeons}$$

Toutes les données ont été analysées par Tableur Excel où on a réalisé, tout d'abord à la date finale d'observation, un triage du devenir des BI produits (BF, BV ou BM), ensuite une comparaison et un classement arbitraire de la moyenne des bourgeons entre les différents écotypes.

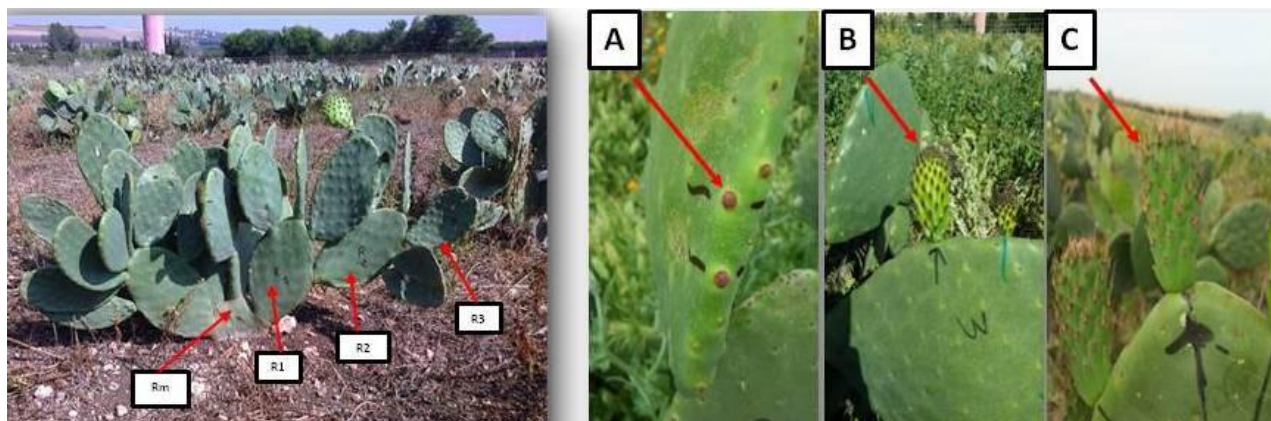


Figure 1. Présentation des différentes raquettes: Rm (Raquette mère), R1 (Raquette d'une année), R2 (Raquette de la 2^{ème} année), R3 (Raquette de la 3^{ème} année) au niveau d'un écotype d'*Opuntia ficus indica* installé au cactétum d'Ain Nzagh,-CRRA de Settât.

Figure 2. Photos des différents bourgeons produits par l'espèce *Opuntia ficus indica* installé au cactétum d'Ain Nzagh,-CRRA de Settât (A: Bourgeon indéterminé; B: Bourgeon végétatif et C: Bourgeon fructifère)

1. Résultats et discussion

1.1. Rappel des conditions climatiques

Depuis l'installation de ce cactétum on a constaté que les pluies n'étaient pas régulières d'une année à l'autre et au sein de la même année. En effet durant la première année de l'installation, les conditions climatiques étaient favorables pour l'installation de la culture, alors que pour les deux dernières années, le site du cactétum a connu des périodes de sécheresse relativement sévères sans qu'il y ait de froid. Ces conditions ont affecté la croissance et la vigueur ainsi que la phénologie des écotypes de cactus installées à la station expérimentale d'Ain Nzagh.

1.2. Nombre de bourgeons produits

En fonction de la moyenne de productivité en bourgeons, un classement arbitraire pour le choix des écotypes les plus intéressants selon leurs proliféricités a été adopté. A cet effet, six classes ont été définies (Tableau 2) :

- **Classe I :** où la moyenne des bourgeons par plante a varié entre 16 et 20, représentée par les espèces suivantes :
 1. *O. ficus indica* : écotype « I2 » dont l'origine est zone de Rhamna et Jbillette et l'écotype « H3 » provenant de Souss et montagne d'Ait Baâmrane.
 2. *O. dillenii* : écotype « 242 » provenant de plateau de Phosphate et zone de Khouribga
 3. *O. megacantha*: l'écotypes « K2 » provenant de la région de Rhamna et Jbillette , et l'écotype « K3 » dont la provenance est la zone de Zenata.

- **Classe II** : où la moyenne des bourgeons par plante varie entre 10 et 12, 75, représentée par les espèces suivantes :
 1. *O. ficus indica* : l'écotypes « E2 » provenant de Bejaâd l'écotype « F3 » provenant de la zone de Guelmim , l'écotype « H2 » provenant de la zone de Zenata et l'écotype « 752 » provenant de Souss et montagne d'Ait Baâmrane.
 2. *O. megacantha*: écotype « 111 » provenant de Rhamna et Jbilette.
- **Classe III** : où la moyenne des bourgeons par plante varie entre 5 et 8,75, représentée par les espèces suivantes :
 1. *O. ficus indica* : représenté par l'écotype « B2 » provenant de la zone de Drabna, l'écotype « B3 » provenant de zone de Guelmim, l'écotype F2 provenant de la zone de Beni Smir , les écotypes « 153 » et « 163 » provenant de Rhamna et Jbilette , l'écotype « 266 » provenant de plateau de Phosphate et zone de Khouribga, et les écotypes 733 et 751 provenant de Souss et montagne d'Ait Baâmrane.
 2. *O. megacantha*: l'écotype « 112 » provenant de la région Rhamna et Jbilette.
- **Classe IV** : où la moyenne des bourgeons par plante varie entre 1 et 4, 5, représentée par les espèces suivantes :
 1. *O. ficus indica* : les écotypes « D3-C2-F1 » provenant de la zone de Guelmim, l'écotype « D2 » provenant de la zone de Lagribat, l'écotype « C3 » provenant de la zone de Bejaâd, l'écotype J1 provenant de la zone de Oulad Haddou, l'écotype « G2 » dont l'origine est la zone de Beni Smir, « 232-263 » provenant de plateau de Phosphate et zone de Khouribga, l'écotype « 351 » provenant du Moyen Atlas, les écotypes « 113-152-151-E1-H1-J2 » provenant de Rhamna et Jbilette, les écotypes « 732-742-761 » provenant de Souss et montagne d'Ait Baâmrane et l'écotype « 631 » provenant du Pré rif occidental .
 2. *O. megacantha*: les écotypes « A1-A3-B1-251 » provenant de plateau de Phosphate et zone de Khouribga , l'écotype K1 provenant de la zone de Zenata, l'écotype « 741 » provenant de Souss et montagne d'Ait Baâmrane et l'écotype 551 provenant du Rif oriental .
 3. *O. acquatorialis* : l'écotype 171 provenant de Rhamna et Jbilette.
- **Classe V** : où la moyenne des bourgeons par plante varie entre 0,25 et à 0,75, représentée par les espèces suivantes :
 1. *O. ficus indica* : les écotypes -J3 provenant de la zone de Oulad Haddou, l'écotypes « 241-261-265-264-273-271-272-275 » provenant de plateau de Phosphate et zone de khouribga, 331-321-311provenant du Moyen Atlas, « G1-121-161-162-142-1101 » provenant de Rhamna et Jbilette, « 771 »provenant de Souss et montagne d'Ait Baâmrane, « 711-714 » provenant du Pré rif occidental, « 521 » provenant du Rif oriental .
 2. *O. megacantha*: « 213-267 » provenant de plateau de Phosphate et zone de Khouribga, « A2 » provenant de Beni Smir, « 143-181 » provenant de Rhamna et Jbilette, « 722 »- provenant de Souss et montagne d'Ait Baâmrane, « 352 » provenant du Moyen Atlas, « 572 » provenant du Rif oriental, « 621 » provenant du Pré rif occidental.
 3. *O. leucotricha* : « 611-633 » provenant du Pré rif occidental.
- **Classe VI** : regroupe 36 % des écotypes qui n'ont pas produit de bourgeons jusqu'à présent.

1.3. Le devenir des bourgeons produits

La figure 3 résume les productions moyennes des différents bourgeons des écotypes de cactus étudiés après trois ans après mise en terre. Chez la classe I et II, la production est dominée par les bourgeons de type végétatif (production de raquettes) que ceux fructifères (production de fleurs : fruits). Des taux de mortalités, ne

dépassant pas les 25%, ont été enregistrés chez quelques écotypes. Par contre chez la classe III, le pourcentage de bourgeons fructifères l'emporte sur celui de bourgeons végétatifs produits. 3 sur 9 écotypes ont subi une faible mortalité au niveau des jeunes bourgeons.

Tableau 2. Groupement des écotypes de cactus en classes selon le nombre moyen de bourgeons produit par plante âgée de 3 ans (Cactétum Ain Nzagh – CRRA de Settat) installés sous les mêmes conditions édapho-

clim
atiq
ue
de la
plai
ne
de la
Cha
ouia
,
Mar
oc.

Classes	Ecotypes	Nombre total (Moyen) de bourgeons/Plante	Nombre de bourgeons végétatifs /plante	Pourcentage des bourgeons végétatifs
Classe I	K2-242-K3-H3-I2	20-16	17,75-12,25	77-96
Classe II	752-111-F3-E2-H2	12,75-10	6,75-10,75	53-95
Classe III	B3-F2-733-153-266-B2-751-163-112	8,75- 5	0,5-4,75	6-90
Classe IV	B1-732-J1-H1-A1-113-D2-251-G2-152-D3-C2-E1-741-631-F1-761-232-K1-C3-351-742-J2-A3-551-263-171-151	4,5-1	0,5-4,25	22-100
Classe V	G1-771-714-161-A2-611-572-272-267-241-162-142-J3-1101-722-711-633-621-521-352-331-321-311-275-273-271-265-264-261-213-181-143-121	0,75 0,25	0,75-0	0-100
Classe VI	D1-773-772-743-731-723-713-712-651-641-632-612-581-571-561-543-542-541-533-532-531-511-471-461-451-442-441-431-422-421-412-411-371-361-341-274-262-233-231-221-212-211-191-141-131-122	0	0	-

En ce qui concerne la classe IV, le pourcentage de bourgeons végétatifs est supérieur à celui de bourgeons fructifères. Dans cette catégorie, il n'y a pas de relation ni entre le taux de bourgeonnement et de production des fruits, ni entre le taux de mortalité et celui du bourgeonnement. Quant à la cinquième classe, la majorité de

bourgeons produits par différents écotypes sont végétatifs, à l'exception de deux écotypes G1 et 771 où une production de fruit a été décelée, avec une mortalité moyenne de 45% de bourgeons chez les écotypes 771-714-272 et totale chez l'écotype 572.

Les écotypes de la classe 1 et 2 ont un caractère précoce ou semi-précoce vu le nombre de bourgeons produit (précocité par rapport à la campagne agricole 2013-2014) et vue le pourcentage des bourgeons fructifères (précocité par rapport à l'âge de la plante).

1.4. Discussion des résultats

En milieu aride, le succès écologique et agronomique des espèces de cactus du genre *Opuntia* dépend de plusieurs traits adaptatifs [11-12]. Ils ont développé des adaptations phénologiques, physiologiques et structurelles favorables à leur développement dans ces milieux, où l'eau est le principal facteur limitant pour la plupart des espèces végétales [13].



Figure 3. Production moyenne de bourgeons produits par classe d'écotypes de cactus âgés de 3 ans et installés sous les mêmes conditions édapho-climatique de la région de Chaouia-Ouardigha, Maroc.

Au Maroc, le paysage « cactérifère » devient de plus en plus répandu et les études qui ont été réalisées sur ce type de plante ne proposent pas un système de production qui intègre les savoirs locaux et s'insère parfaitement dans son environnement, notamment, le choix des écotypes les mieux adaptés et une plus-value économique. Ainsi dans cet article, on a essayé d'approfondir nos connaissances sur cette espèce en étudiant la phénologie des différents écotypes récoltés de différentes régions du Maroc et mis en terre sous les mêmes conditions pédo-climatiques. La finalité de cette étude est de sélectionner parmi les écotypes cibles ceux potentiellement intéressants en matière revégétalisation dans les milieux dégradés.

De point de vue étymologie, la phénologie est une discipline qui étudie les relations entre les phénomènes climatiques et les caractères morphologiques externes du développement annuel des végétaux [14]. Cette approche a été appliquée avec succès à 126 écotypes d'*Opuntia* provenant de 8 régions marocaines de différents étages bioclimatiques. Les résultats ont montré que le comportement phénologique des différents écotypes cibles est très hétérogène et que les caractères culturels varient essentiellement en fonction de la précocité ou la tardivité de l'apparition des bourgeons. Certains de ces écotypes ont produits plus de bourgeons (végétatifs et fructifères) que d'autres. En effet, au sein des écotypes de cactus *Opuntia* de la même provenance et appartenant à la même espèce, il a été remarqué que lorsqu'ils sont installés sous les mêmes conditions pédoclimatiques (Cactétum de l'INRA de Settat), leur prolificité n'est pas identique. L'exemple des écotypes 752 et 761 illustre bien cette hétérogénéité du fait que malgré, qu'ils appartiennent à l'espèce *Opuntia ficus indica* et dérivant de la région de Souss et des montagnes d'Ait Baâmrane, l'écotype 752 a produit plus de 12 bourgeons en moyenne/plante alors que celui 761 n'a produit que moins de 2 bourgeons/plante. Egalement, les écotypes 111 et 181 appartenant à l'espèce *Opuntia megacantha* et récoltés de la région de Rhamna et Jbilette, ont montré que l'écotype 111 a pu produire en moyenne plus de 12 bourgeons/plante tandis que celui 181 n'a produit que moins de 0,3 bourgeons/plante. Ce résultat explique que la phénologie de l'*Opuntia* est directement associée à l'environnement qu'il occupe [15-16]. La différence décelée en matière de bourgeonnement ne peut être que le résultat d'une variabilité génétique inhérente à l'espèce *Opuntia*. Ceci est confirmé par les études qui ont été menées par Arba (2009) [6], où il a noté que la différence de production végétative et fructifère chez le cactus explique qu'il est doté d'une diversité génétique non négligeable, qui varie d'une variété à l'autre et d'une localité à l'autre. Les mêmes observations ont été rapportées par Boujghagh (2007) [5] au Maroc ou Chaouche et Abdul-Hussain (2008) [17] en Algérie où ces auteurs ont révélé l'existence d'une grande variabilité génétique entre les écotypes d'*Opuntia* aussi bien au niveau de leurs fruits que de leurs raquettes.

De point de vu biomasse végétale, les écotypes de la classe I sont plus intéressants par rapport aux écotypes des autres classes. Ils pourront être recommandés dans la protection des sols contre le vent (érosion éolienne), la pluie (effet de splache, éboulement des terres) ou le phénomène de désertification (avancement des sables) vu leur croissance de manière efficace en longueur et en largeur. En outre, ces écotypes peuvent constituer une source fourragère pour les animaux issus d'élevage en période de sécheresse.

Par contre pour le choix du matériel végétal spécifique à la production fructifère, les écotypes de la classe III ont montré une supériorité remarquable en comparaison avec ceux des autres classes. Ils pourront être orientés vers les activités agro-industriels que ce soit dans la production alimentaire (fruits comestibles) ou dans l'utilisation pharmaco-médicinale (huiles essentiels, produits cosmétiques, molécules bioactives : polyphénols et phytostérols).

Toutes ces activités confèrent aux espèces du genre *Opuntia* une place importante sur les plans environnemental et socio-économique et confirment la suggestion faite par Boujghagh (2007) [5] quant à l'utilisation du cactus comme alternative de premier choix au Maroc. En effet, cet auteur stipule que ces espèces possèdent une très grande adaptation aux conditions de milieu les plus critiques (aridité du climat, chaleur, terrains pauvres...) et possèdent, outre des qualités technologiques, une production en biomasse très efficace et une valeur fourragère acceptable. Sur le plan environnemental, elles peuvent aussi jouer un grand rôle non seulement dans la protection et la restauration du sol mais aussi dans la prolifération de la faune et la flore (biomasse fourragère) sous le microclimat qu'il constitue à leur base.

Conclusions

Il ressort de cette étude que le choix approprié des écotypes à valoriser vis-à-vis d'une exploitation écologique, socioéconomique et industriel durable doit se baser sur une pré-étude phénologique qui vise le choix d'écotypes appropriés et adaptés à choisir et génétique (étude de polymorphisme) qui vise à spécifier l'espèce possédant des traits agro-phénologique remarquables. Dans cette étude, parmi les 126 écotypes prospectés, 9,5% d'entre eux ont révélé un caractère prolifique de façon continue et permanente et ont donné des bourgeons par différents âges de raquettes. Ces écotypes au nombre de 13 sont partagés entre les espèces *Opuntia ficus indica* et *Opuntia*

megacantha. Ils peuvent être considérés comme un choix approprié dans les programmes de revégétation et de production des cactus surtout dans les zones marginales et les plus hostiles.

En perspective à ce travail, il serait judicieux de poursuivre des recherches biotechnologiques sur l'espèce *Opuntia* (multiplication In-vitro des écotypes les plus intéressants en matière de prolificité), d'enrichir nos connaissances sur sa variabilité génétique via l'outil de biologie moléculaire et enfin procéder à des investigations plus détaillées de sa valeur agronomique (estimation de la production en biomasse).

Références

1. El Mzouri E., El Kharrassi Y., Yatim M., Tayaf S., Mabrouk A., Nasser B., 2014. *Balkan Agricultural Congress 8-11 Septembre 2014 Turquie Edirne*.
2. Arba M., 2006: *Acta Horticulturae*, 728 : 37-41..
3. Monjauze A, Le Houérou HN., 1965. *Bull ENSA Tunis*, 8-9 : 85-164
4. Arba M., El Aich A., Sarti B., Belbahri L.L., Boubkraoui A., Ait Hammou A., Zemmouri A., Sbaa H., 2000. *Bull. Mens. Inf. et de Liaison du PNTTA*, 68 : 1- 4.
5. Boujghagh M., et Chajia L., 2007. *Terre et Vie*. N° 52.
6. Arba M., 2009. *Symposium international « Agriculture durable en région Méditerranéenne (AGDUMED) », Rabat, Maroc*, 14-16 Mai. p.215.
7. Ait Hamou A., 1998. *La 1ère Journée Nat. Cult. Cact. DPA El Kelaà*.
8. Bencke C.S.C. et Morellato L.P.C., 2002. *Brazilian Journal of Botany* 35 (1) : 49-58
9. El Kharrassi Y., Sedra My H., Mazri M.A., El Mzouri E., Nasser B., 2015. *1^{er} symposium 'Santé – Environnement et Développement Durable' Impacte de l'environnement sur la santé et la biodiversité*. Samedi 28 février à la faculté des sciences d'El Jadida.
10. El kharrassi Y., ELMzouri E., Talha A., Benyahya H., Allai L., Nasser B., 2013. *VIII International congress Cactus Pear and Cochineal Symposium*, Octobre 27-31 Palermo Italy.
11. Nobel S.P., 1988. *Cambridge University Press. New York*. 270 pages.
12. Nobel S.P., 1995. *FAO. Plant Prod. and Protection*. Papper 132: 36 48.
13. Nefzaoui A., 2007. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*; n. 74. 2007 pages 301- 302.
14. Galoux A., Schnock G., Grulois O., 1967. *Bulletin de la Societe royale de Botanique de Belgique*, vol. 100, pp. 309-314.
15. Scheinvar L. 1985. *Flora Illustrada Catarinense, Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí*.
16. Mandujano M.C., Golubov J., Montaña C., 1997. *Journal of Arid Environments* 36:259-266.
17. Chaouche F.Z., et Abdul-Hussain M.S., 2008. *Agricultura – Stiintă si practică* n°1-2 : 65-66.

(2016); <http://www.jmaterenvironsci.com/>