

## Les ressources génétiques locales des légumineuses alimentaires au Maroc

M. SADIKI<sup>1</sup>

### RESUME

Les populations locales des légumineuses alimentaires sont caractérisées par une diversité génétique importante pour la majorité des caractères. Comme chez la plupart des espèces végétales, cette diversité est constamment sujette à l'érosion génétique. Un programme de collecte, caractérisation, évaluation et utilisation des ressources génétiques locales de fève, de pois chiche et de lentille a été initié depuis 1985. Ainsi, une collection d'environ 900 entrées des trois espèces a été développée.

Un schéma d'organisation et de gestion de cette collection a été développé. Il pourra servir de modèle de base pour le développement d'une banque de gènes maghrébins.

Sur la fève, un schéma modèle d'amélioration des populations locales comme étape clé pour leur utilisation en sélection est présenté. Il est basé sur un système de sélection récurrente. Les populations améliorées serviront de sources pour dériver des lignées performantes qui peuvent être utilisées pour la création de variétés synthétiques.

**Mots-clés:** fève, pois chiche, lentille, ressources génétiques, collecte, caractérisation, évaluation, documentation, amélioration des populations, Maroc

### SUMMARY

**Title:** Local genetic resources of food legumes in Morocco

Local populations of food legumes are important reservoir of genetic diversity for many traits. However, like many other crops, these populations are continuously exposed to genetic erosion. A research program aimed at the collection, characterization, evaluation, and utilization of local germplasm was established since 1985. Local populations have been assembled from different traditional growing areas. Nearly 900 different accessions of faba bean chickpea and lentil assembled.

<sup>1</sup> Département d'Agronomie et d'Amélioration des Plantes, IAV Hassan II

A scheme for germplasm organization is established as a primary step toward developing a basic strategy for genebank of grain legumes for the Maghreb countries.

A model was established on faba bean for germplasm enhancement as a bridge to utilization of local populations in breeding programs. Hence on faba bean broadbased gene pools were developed through a recurrent selection system and can serve as source to derive performant lines for breeding synthetic varieties.

**Key words:** faba bean, chickpea, lentil, germplasm, collection, characterization, evaluation, documentation, germplasm enhancement, Morocco

## ملخص

### العنوان: الموارد الوراثية المحلية للقطاني بالمغرب

إعداد: م. صديقي<sup>1</sup>

1: معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة، الرباط

تمتاز الأصول الوراثية المحلية للقطاني بتنوع هام لجميع الخاصيات. لكن هذا التنوع الحيوي معرض باستمرار للاندثار كما هو الشأن عند باقي النباتات. ومن أجل الحد من هذا الخطر، تم تطوير برنامج بحث منذ سنة 1985 يهدف إلى جمع العشائر المحلية للفلول و الحمص والعدس، و تقييم خصائصها و استثمارها في برنامج إستنباط الأصناف. وهكذا قد بلغ عدد العشائر التي تم جمعها حوالي 900 عشيرة من الأصناف الثلاثة .

ومن جهة أخرى، ألت البحوث إلى طريقة عمل لتنظيم الأصول الوراثية يمكن الإقتداء بها لتطوير مشروع بنك المصادر الوراثية للقطاني على مستوى بلدان المغرب العربي والذي هو في طور الإنجاز. و أخيراً، أسفرت الدراسة في ميدان تحسين عشائر الفول على نتائج جد مفيدة تتلخص في إيجاد كيفية تحسين يمكن إستعمالها كطريقة لإستثمار المصادر الوراثية المحلية من أجل إستنباط أصناف جديدة ذات إنتاجية و ملائمة عاليتين .

**الكلمات المفتاحية:** الفول، الحمص ، العدس، الأصول الوراثية، جمع، تقييم، استثمار، توثيق، تحسين، المغرب

## INTRODUCTION

L'objectif primordial des activités menées dans le domaine des ressources génétiques des légumineuses à graines au Maroc consiste à maintenir une variabilité génétique très large pour faire face, à travers de la création variétale et la sélection des géniteurs, aux pressions différentielles d'un milieu en perpétuelle évolution. De gros efforts sont déployés pour mettre à la disposition des sélectionneurs de ces espèces un germoplasme prêt à être utilisé en tant que matériel de départ des programmes de sélection. Les objectifs prioritaires du programme, qui inclut la fève, le pois chiche et la lentille, s'articulent autour des axes suivants:

1. l'élargissement et l'enrichissement de la variabilité génétique au moyen des collectes et des introductions,
2. l'identification des sources de caractères désirables recherchés à travers la caractérisation et l'évaluation des ressources génétiques accumulées,
3. le développement des méthodes et des approches pour l'utilisation et l'exploitation des ressources génétiques par un système d'amélioration des populations (germplasm enhancement), et
4. l'acquisition d'une évaluation des diversités génétiques aidant à l'élaboration d'une stratégie du choix des géniteurs d'un programme d'amélioration.

Conscient de la difficulté et de la lourdeur de cette tâche, le programme s'efforce d'aborder, au plan méthodologique, les meilleures stratégies et approches d'études, de collectes, de caractérisation, d'évaluation et de conservation de la diversité. En effet, les collections ne sont utilisables que si elles sont systématiquement évaluées et si les résultats de ces évaluations sont enregistrés, interprétés et communiqués. La gestion des collections exige la connaissance de la nature et de l'état des échantillons stockés.

## COLLECTE DES LEGUMINEUSES ALIMENTAIRES AU MAROC

Dans la perspective d'enrichir et d'élargir la variabilité génétique disponible dans les collections des légumineuses alimentaires, en l'occurrence la fève, la féverole, le pois chiche et la lentille, un système de collectes des populations et écotypes locaux a été initié en 1985. Depuis cette date des missions de collecte sont conduites chaque année à travers les différentes régions du Maroc.

Dans le processus de prospection, le collecteur se heurte aux problèmes très importants posés par le matériel à collecter, l'échantillonnage à réaliser, la taille de l'échantillon ainsi que la qualité de l'information à recueillir d'une population. La stratégie adoptée à l'IAV Hassan II pour les prospections des populations locales des légumineuses alimentaires est basée sur le principe d'élargir la variabilité du matériel de départ par accumulation progressive des accessions. Les

sites de collecte sont choisis de façon systématique et exhaustive dans toutes les régions du Maroc. Les objectifs de base de cette stratégie sont:

1. obtenir, en collectant une grande masse de matériel diversifié, des variétés qui sont d'emblée intéressantes,
2. élargir considérablement la variabilité génétique pour pouvoir, après des modifications génétiques relativement simples, extraire des caractères recherchés pour développer de nouvelles variétés,
3. accéder à des pools génétiques nouveaux pour en extraire des traits favorisant le développement de nouvelles variétés.

### **Planification et réalisation de la collecte**

Le choix des sites de collecte est opéré sur la base:

- d'une tournée dans les régions concernées durant les périodes de floraison,
- de la programmation des stages des étudiants de l'IAV Hassan II,
- des informations recueillies lors de collectes antérieures,
- des données de caractérisation et d'évaluation du matériel contenu dans la collection originaire des différentes régions.

Le principe de la collecte consiste à prélever les échantillons dans des sites éloignés des centres urbains et à couvrir, au maximum la diversité du terrain. La carte de distribution des zones de production constitue la base pour la planification et la réalisation des prospections et collectes.

### **Résultats**

Les premières collectes de l'IAV Hassan II ont commencé en 1984-1985. Actuellement la collection compte 567 accessions de fève répertoriées et vérifiées pour la duplication. D'autres entrées sont disponibles mais ne sont pas encore incluses dans la collection, en l'absence d'informations précises relatives à l'identité, à l'origine et aux duplications. Parmi ces 567 entrées, 392 ont été caractérisées, au cours du temps, dont 249 ont aussi subi l'évaluation préliminaire.

Pour les deux autres espèces les travaux ne sont pas aussi bien avancés. En effet, les collectes de pois chiche n'ont commencé qu'en 1988. Seules 45 entrées parmi les 160 caractérisées ont été évaluées.

Enfin, pour la lentille, les travaux de collecte ont commencé en 1993-1994 avec 94 entrées introduites dans la collection.

## **BASE DE DONNEES DES RESSOURCES GENETIQUES DES LEGUMINEUSES**

Les travaux liés à la gestion, à la conservation du matériel végétal et à son utilisation sont très lourds. Aussi, est-il nécessaire de bien les organiser. Les ressources génétiques doivent être accessibles aux chercheurs de différentes disciplines. Pour en faciliter l'utilisation, il est impératif que l'information concernant le matériel végétal contenu dans les collections soit disponible, constamment enrichie et facilement accessible. L'établissement d'une base de données accompagnée d'une documentation périodique et actualisée des résultats est une étape primordiale pour répondre à ces objectifs. Le développement d'un réseau national avec un partage concerté de tâches entre les différents organismes impliqués (notamment IAV Hassan II et INRA) est une nécessité pour capitaliser les efforts. L'établissement, la gestion de la base de données et la diffusion de l'information par la production d'une documentation périodique sont des activités mises au point. L'élaboration d'un catalogue comprenant les descripteurs de la caractérisation et d'évaluation est le meilleur moyen pour optimiser l'utilisation du germoplasme disponible. La base de données a été créée par l'intégration de trois niveaux d'organisations:

- possibilité de répertoire et d'interrogations détaillées,
- traitement systématique des données de caractérisation et d'évaluation par les méthodes statistiques multivariées par couplage avec des programmes statistiques appropriés,
- enregistrements détaillés de tous les essais de caractérisation et d'évaluation et leur connexions à l'ensemble des données.

La base de données est organisée en trois fichiers: identification, caractérisation et évaluation.

### **Données d'identification (passport data)**

Le fichier "passport data" contient toutes les informations concernant l'identification et les descripteurs de l'origine des entrées. A l'instar du système communément adopté par les banques de gènes, un code, attribué une seule fois, est affecté à chaque entrée dès son introduction dans la collection. Même si la population est retirée de la collection, son nombre ne sera pas réaffecté. Ce code est dit numéro de l'accession.

Les données ne sont pas toujours disponibles pour toutes les populations, surtout pour les échantillons qui n'ont pas été collectés par le programme. Des informations complémentaires, actuellement disponibles pour la plupart des accessions collectées au Maroc, concernent les caractéristiques de l'exploitation et les résultats des enquêtes avec les agriculteurs.

## **Données de caractérisation**

Le fichier de caractérisation comprend les données relatives aux descripteurs mesurés dans les essais. Les expérimentations de caractérisation sont conduites au champ, en serre ou au laboratoire. Les descripteurs de caractérisation sont des caractères simplement hérités dont l'expression n'est pas très influencée par l'environnement. Ils sont visuellement notés par l'adoption d'une échelle. La liste des descripteurs utilisés est partielle, elle peut être élargie à d'autres descripteurs communément utilisés à mesure que les données seront disponibles.

## **Données d'évaluation**

L'évaluation concerne les caractères quantitatifs, influencés par l'environnement. On distingue l'évaluation préliminaire de l'évaluation avancée. En général, l'évaluation préliminaire est conduite dans un nombre limité de sites. Les caractères sont, en général, mesurés sur des plantes individuelles. En revanche, l'évaluation avancée prend en considération l'effet de l'environnement. Les essais sont conduits dans plusieurs sites et sur plusieurs années.

## **ORGANISATION**

La collection ainsi constituée est subdivisée en une collection de base comprenant une partie de chaque échantillon et une collection de travail contenant l'autre partie. Cette dernière est utilisée comme base pour tous les travaux d'évaluation. Les entrées de cette collection sont multipliées, chaque année, à partir de quelques plantes représentatives en isolement. Le semis est pratiqué en plante-ligne, la descendance de chaque plante est semée en une ligne. Après quelques générations, chaque lignée peut être considérée comme pure et l'avancement peut se faire à partir d'un nombre limité de plantes par ligne.

## **CONSERVATION**

Etant donné le coût élevé de maintien des ressources génétiques, l'ensemble des génotypes inventoriés ne peuvent être conservés en l'état. Les effectifs à conserver et les modalités de maintien doivent être optimisés. Deux démarches complémentaires sont adoptées dans cette perspective:

- constituer une collection de référence ou "core-collection: des critères, judicieusement choisis, permettent d'identifier les échantillons à inclure dans la collection, et par conséquent, de réduire le nombre d'accessions à maintenir tout en préservant l'essentiel de la diversité génétique. Les analyses multivariées de classification favorisent un tel choix;
- gérer dynamiquement le germoplasme: cette démarche, génératrice de variabilité, complète la gestion statique. Les actions menées sont de trois natures:

- \* la multiplication des échantillons en conditions naturelles.
- \* l'amélioration des populations par un système de sélection récurrente avec une pression de sélection faible pour une mise à niveau progressive des caractères à intérêt agronomique.
- \* le développement de pools par regroupement des accessions présentant des caractéristiques semblables ou voisines.

## UTILISATION EN CREATION VARIETALE: CAS DE LA FEVE

Théoriquement, l'amélioration du rendement chez *Vicia faba* L. par la voie de la sélection peut être achevée par différentes méthodes. Cette flexibilité est due principalement à la biologie florale de cette plante, qui est partiellement autogame et partiellement allogame (Le Guen et Berthelem 1986). Par ailleurs, le germoplasme local de fève offre une diversité considérable pour la plupart des caractères d'intérêt pour le sélectionneur (Sadiki 1990). cependant, étant donné leur hétérogénéité et leur performance moyenne en deçà du matériel élite, les populations locales ne peuvent pas être injectées directement dans les programmes de sélection. Le passage par une étape d'amélioration est nécessaire avant l'utilisation de ce matériel dans les schémas de sélection. En effet, l'amélioration des populations (germplasm enhancement), par le système de sélection récurrente, est une approche efficace pour l'exploitation des populations locales en création variétale. Ainsi, un programme d'amélioration des populations locales basé sur un système de sélection récurrente familiale pour les composantes du rendement, a été entamé à l'IAV Hassan II et trois cycles de sélection ont été réalisés (Zaghane 1991; Nabloussi 1992; El Mehdi 1993; Mehdi 1994). chaque cycle comprend une phase de choix et une phase de recombinaison. Dans ce papier seront présentés les résultats de l'évaluation du progrès réalisé pour les composantes du rendement.

### Expérimentation

Le matériel végétal utilisé est composé de 4 populations dérivant de 2 cycles de sélection récurrente familiale. Chacune des 4 populations est composée de dix familles de demi-frères. La population d'origine est aussi insérée dans l'essai. La population source a été développée par intercroisement de plusieurs populations locales collectées à travers le Maroc (Sadiki 1990). Une première sélection a été réalisée dans ce matériel en présence et en absence d'inoculation au botrytis et dans deux stations différentes. Ainsi 4 populations ont été générées et ont fait l'objet d'un autre cycle de sélection. A partir de chaque population, sont sélectionnées les meilleures plantes dont la moitié des graines (demi-frères) est semée et l'autre moitié est mise en réserve. Une sélection inter-lignées et ensuite intra-lignée est opérée.

La descendance des plantes élites issues de ce choix ainsi que celle de leurs plantes mères sont semées l'année suivante pour constituer la population source du cycle suivant.

L'essai d'évaluation a été conduit à la ferme d'application du Tadla, IAV Hassan II au cours de la campagne 1994. Les caractères mesurés sont:

- la hauteur (en cm) de la tige principale (HTF),
- la hauteur (en cm) au 1er noeud florifère (HPNF),
- le nombre de tiges florifères (NTFL),
- l'homogénéité (H): l'homogénéité de la population traduisant les ressemblances entre les plantes au sein de la population est appréciée par une échelle de notation de 1 à 5 avec 1: très homogène et 5: très hétérogène,
- le développement (D). Il traduit l'état global de la végétation et l'importance de la partie aérienne. Il a été noté selon une échelle 1-5 où 1: très développée; 2: développée; 3: moyenne; 4: chétive; 5: très chétive.
- hauteur de la plante (HP),
- nombre de tiges fructifères (NTF), (tiges portant des gousses),
- nombre de noeuds fructifères sur la tige principale (NNFTP), (noeuds qui portent des gousses),
- nombre de noeuds fructifères sur toute la plante (NNF),
- nombre total de gousses par plante (NGP),
- nombre moyen de graines par gousse (NGrG); cette moyenne est obtenue par comptage des graines de 5 gousses par plante,
- nombre de graines par plante (NGrP),
- rendement par plante (RP), (en g); c'est le poids total des graines par plante,
- poids moyen d'un grain (PMG), calculé par le rapport:  $PMG = Rdt/NGrP$ ,
- nombre de gousses par noeud (NGN), calculé par le rapport:  $ngn = ngp/nnf$ ,
- rendement estimé (RE), c'est le produit:  $RE = NGP \times NGrG \times PMG$ ,

Par ailleurs, d'autres mesures sont prises sur chaque parcelle élémentaire:

- rendement de la parcelle (RPA), par mesure du poids total des graines récoltées sur la parcelle,
- rendement moyen par plante (rm), calculé à partir du rendement de la parcelle ( $Rdt = PP/P$ ).

## Résultats

### Progrès réalisé au 3e cyle

L'effet le plus important produit par la sélection est le changement de la valeur moyenne de la population. Ce changement correspond à la réponse à la sélection, symbolisée par R. Le progrès génétique réalisé est obtenu par la différence des moyennes des générations issues d'un cycle de sélection (Mpop) et la moyenne de la population parentale (Mpar):  $R = Mpop - Mpar$ . Le progrès réalisé au cours du 3ème cycle, calculé pour le nombre de tiges fructifères, le nombre de gousses par plante, le nombre de graines par gousse, le poids moyen d'une graine et le rendement estimé figure au tableau 1.

Le nombre de tiges fructifères par plante a été amélioré de l'ordre de 19%, 13%, 35% et 23% dans les populations 1, 2, 3 et 4 respectivement. Pour le nombre de gousses par plante, la réponse à la sélection a été minimale chez la population 1



(4%), maximale chez la population 4 (47%) et de l'ordre de 9% à 44% chez les populations 2 et 3 respectivement. La réponse au 3ème cycle de sélection est similaire pour les 4 populations pour le nombre de graines par gousse. Elle est de 31% en moyenne. Dans les populations 3 et 4, le rendement estimé a subi une augmentation importante (70%) et le progrès a été le double de celui obtenu dans les populations 1 et 2 qui est de 27% et 42% respectivement.

En conclusion, la réponse à la sélection est significative dans toutes les populations; mais elle est plus importante chez les populations 3 et 4 pour les composantes du rendement à l'exception du poids moyen d'une graine qui a subi une faible régression dans les populations 1 et 2. Ce résultat serait dû à la corrélation négative entre ce caractère et le nombre de gousses par plante.

### **Comparaison entre le progrès réalisé et estimé**

Le tableau 2 donne le progrès estimé pour le 3ème cycle de sélection à partir des données de la campagne précédente (El Mehdi 1993) et le progrès réalisé au cours de ce cycle. La réponse à la sélection réalisée dépasse de plus de deux fois la réponse estimée pour tous les caractères étudiés sauf pour le poids moyen du grain dans les populations 1 et 2. La sous-estimation du progrès peut être expliquée par l'effet de l'environnement. En effet, l'héritabilité servant à l'estimation du progrès, a été calculée à partir des variances estimées en 1993 (El Mehdi 1993), année défavorable par rapport à cette campagne.

### **Progrès cumulé**

L'évolution du progrès génétique réalisé pour les composantes du rendement au 1er, 2ème et 3ème cycle de sélection récurrente familiale ainsi que le progrès cumulé des trois cycles pour les composantes du rendement sont présentés dans le tableau 3.

Le progrès génétique par cycle est variable d'une population à une autre et d'un cycle à un autre. Cette différence est due d'une part à l'interaction génotype x environnement, et d'autre part, à la non similitude des histoires de sélection des 4 populations.

Le progrès cumulé est important pour tous les caractères étudiés. Il est de l'ordre de 27 gousses par plante en moyenne et de 3.16 g pour le nombre de graines par gousse.

La réponse au 2ème cycle est inférieure à celle du 3ème cycle sélection. Ce résultat est probablement dû, en partie, aux conditions climatiques défavorables de la campagne 1992-93.

**Tableau 1.** Moyennes des populations et la réponse au 3ème cycle de sélection récurrente dans 4 pools différents

Pools	NTF	NGP	NGrG	PMG	RE
<b>Pool 1</b>					
Moyenne de la population	5,2	25,7	3,4	10,4	89
Moyenne parentale	4,2	25,6	2,4	1,1	64
Progrès réalisé	1,0	0,1	1	-0,04	26
Progrès en %	19	4	29	-4	30
<b>Pool 2</b>					
Moyenne de la population	4,7	26,5	3,7	0,97	94
Moyenne parentale	4,1	24,2	2,6	1,00	55
Progrès réalisé	0,6	2,3	1,1	-0,03	39
Progrès en %	13	9	30	-3	42
<b>Pool 3</b>					
Moyenne de la population	4,9	27,8	3,6	0,77	110
Moyenne parentale	3,2	16,3	2,4	0,9	34
Progrès réalisé	1,7	11,5	1,2	0,1	76
Progrès en %	35	41	33	9	70
<b>Pool 4</b>					
Moyenne de la population	4,7	25,5	3,6	1,07	96
Moyenne parentale	3,6	13,6	2,4	1,0	28,5
Progrès réalisé	1,1	11,9	1,2	0,07	67,3
Progrès en %	23	47	33	7	70

**Tableau 2.** Comparaison du progrès attendu du 3ème cycle de sélection calculé sur la base des estimations de la campagne précédente et le progrès réalisé de ce cycle

Population	Caractère	Réponse à la sélection	
		Estimé	Observé
1	NGP	0,92	1,10
	NGrG	0,13	1,00
	PMG	0,03	-0,04
2	NGP	0,06	2,20
	NGrG	0,12	1,10
	PMG	0,02	-0,03
3	NGP	3,11	11,50
	NGrG	0,04	1,20
	PMG	0,07	0,10
4	NGP	5,90	11,90
	NGrG	0,11	1,20
	PMG	0,02	0,07

**Tableau 3.** Evolution du progrès génétique réalisé (r) au 1er, 2ème et 3ème cycle de sélection récurrente familiale pour les composantes du rendement

Population	Caractère	Progrès réalisé			
		Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 4
1	NGP	9,97	14,7	0,10	24,80
	NGrG	0,13	0,03	1,00	2,16
	PMG	0,39	0,35	-0,04	0,70
2	NGP	15,18	12,5	2,20	29,40
	NGrG	3,34	0,06	1,10	4,50
	PMG	0,12	0,08	-0,03	0,17
3	NGP	11,79	2,8	11,50	26,60
	NGrG	0,91	0,24	1,20	2,40
	PMG	0,21	0,14	0,17	0,52
4	NGP	14,18	4,0	11,90	30,10
	NGrG	3,4	0,21	1,20	15,60
	PMG	0,17	0,14	0,07	0,38
Moyenne	NGP	12,8	8,5	6,43	27,7
	NGrG	1,9	0,14	1,13	3,20
	PMG	0,22	0,18	0,58	0,98

## CONCLUSION

La fève (*Vicia faba*) est une plante partiellement allogame. Le rendement et sa stabilité pourraient être améliorés significativement par l'hétérozygotie et l'hétérogénéité. La production commerciale des variétés hybrides pour l'exploitation complète de l'hétérosis est encore infaisable. Ainsi, le développement de variétés synthétiques chez la fève est recommandé (Le Guen et Berthelem 1986; Bakheit et Mahdy 1988; Stelling *et al.* 1994).

Le système d'exploitation adopté dans ce programme permet de créer des populations sources améliorées. Ainsi, le passage par une étape d'amélioration du rendement est nécessaire avant l'utilisation du matériel local, offrant des caractéristiques intéressantes, dans un schéma de sélection (germplasm enhancement).

Pour la création variétale, la méthode de sélection doit donner un meilleur gain génétique par unité de temps et avec un faible coût. Ainsi, une sélection massale ou maternelle au sein de chaque sous-population sélectionnée doit être opérée. Les individus performants sont retenus dans des proportions égales pour chaque trait. Un polycross sera effectué pour choisir les individus qui ont une bonne aptitude à la combinaison. Ces individus seront les parents d'une variété synthétique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akhtouch, B. (199). Amélioration génétique de la fève *Vicia faba* L. *major*. Mémoire de 3ème cycle, IAV Hassan II, Rabat.
- Berrais, R. (1990). Amélioration génétique de la fève. Mémoire de 3ème cycle, IAV Hassan II, Rabat.
- Berthelem, P., Duc, G., Le Guen, J and Picard, J. (1984). Sélection de la féverole: Situation actuelle et perspectives journée ITCF, 12 décembre 1984.
- Bond, D.A. (1982). The development and performance of synthetic varieties of *Vicia faba* L. in faba bean improvement: proceedings of the international faba bean conference, cairo, march 7-11, 1981, pp. 41-51. ed. by Geoffrey Hawtin and Colin Webb. International Center for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. Published by Martinus Nijhoff/W. Junk, for the ICARDA/IFAD Nile Valley Project.
- El Mehdi, B. (1993). I. Réponse à un 2ème cycle de sélection récurrente pour le rendement de la fève (*Vicia faba* L.). II. Caractérisation préliminaire d'une collection de lignée de pois chiche (*Cicer arietinum* L.). Mémoire de 3ème cycle, IAV Hassan II, Rabat.
- El-Sayed, F.A. (1984). Evaluation and utilisation of faba bean germplasm in an international breeding program. in genetic resources and their exploitation - chickpeas, faba beans and lentils. J.R. Witcombe and W. Erskine (eds.), pp. 172-186.
- Gallais, A. (1977). Amélioration des populations, méthodes de sélection et création de variétés. *Annl. Améliorat. Pl.* **27**, 281-329.
- Hawtin, G.C. (1984). Strategies for exploiting the faba bean gene pool. in genetic resources and their exploitation-chickpeas, faba beans and lentils. eds. J. R. Witcombe and W. Erskine, pp 163-171.
- Kittlitz, E.V., Ibrahim, K.I.M., Ruck Enbauer, P. and Robertson, L.D. (1993). Analysis and use of interpool cross (mediter ranean x central european) in faba beans (*Vicia faba* L.). i. performance of Mediterranean and central european faba beans in Syria and Germany. *Plant Breeding* **110**, 307-14.
- Le Guen, J and Berthelem, P. (1986). A recurrent breeding scheme for faba bean improvement. *Fabis Newsletter* **15**, 7-12.

- Le Guen, J, Mesquida, J. Pierre, J.S., Morin, G., Tabei, J.N. and Carre, S. (1993). Efficacité pollinisatrice de différents traitements sur 2 lignées de féverole de printemps (*Vicia faba* L. var *equina* stendel), à des niveaux d'autofertilité différents, avec utilisation de diverses espèces de *Bombus latr.* (hyméoptera: apidae). *Apidologie* **24**, 129-45.
- Link, W. (1990). Autofertility and rate of cross-fertilization crucial characters for breeding synthetic varieties in faba bean (*Vicia faba* l.). *Tag.* **79**, 713-7.
- Link, W. and Ederer, W. (1993). The concept of varietal ability for partially allogamous crops. *Plant Breeding* **110**, 1-8.
- Link, W., Stelling, D. and Ebmeyer, E. (1994). Factors determining the performance of synthetics in *Vicia faba* L. 1. heterogeneity, heterosis and degree of cross-fertilisation. *Euphytica* **75**, 77-84.
- Mehdi, S. (1994). Evaluation et exploitation en sélection des populations locales et étrangères de fève et de féverole. Mémoire de 3ème cycle, IAV Hassan II, Rabat.
- Nabloussi, A. (1992). Caractérisation des populations marocaines et évaluation de la réponse à la sélection récurrente chez la fève. (*Vicia faba* L.). Mémoire de 3ème cycle, IAV Hassan II, Rabat.
- Sadiki, M. (1990). Germplasm development and breeding for improved biological nitrogen fixation of faba bean in Morocco. Ph.D. Univ. of Minnesota, USA.
- Stelling, D., Link, W. and Ebmeyer, E. (1994). Factors affecting the performance of synthetics in *Vicia faba* L. 2. syn-generation. *Euphytica* **75**, 85-93.
- Zaghdane, H. (1992). Sélection de la fève pour la résistance au *Botrytis* et criblage des populations marocaines et identification des sources de résistance. Mémoire de 3ème cycle, IAV Hassan II, Rabat.