

Liste des figures :

Figure 1: Photo d'une plante de <i>Vicia faba</i> L.	4
Figure 2: Photo d'une fleur de <i>Vicia faba</i> L.	4
Figure 3: Classification de <i>Vicia faba</i> L. selon Muratova (1931).....	5
Figure 4: Evolution de la superficie et du rendement des fèves au Maroc, entre 1996 et 2011.....	14
Figure 5: Dommages des tâches chocolatées au niveau des feuilles.....	17
Figure 6: Lésions rougeâtres de <i>Botrytis fabae</i> sur tige.....	17
Figure 7: Folioles de fève attaquées par <i>Ascochyta fabae</i>	18
Figure 8: Dégâts de l'anthracnose sur tige et gousses.....	19
Figure 9: Effet de la rouille sur les feuilles de la fève.....	19
Figure 10: Symptôme de l'alternariose sur feuille de fève.....	20
Figure 11: Dégâts du mildiou sur les gousses de fèves.....	21
Figure 12: Plantes de fève attaquées par le virus.....	22
Figure 13: Photo de l' <i>Orobanche crenata</i> Forsk.....	23
Figure 14: Plante de fève attaquée par les pucerons.....	25
Figure 15: <i>Sitona</i> sur une foliole de fève.....	25
Figure 16: Graines de fève attaquées par les bruches.....	26
Figure 17: Schéma général des activités des ressources génétiques chez une espèce végétale.....	28
Figure 18: Plan de la parcelle d'expérimentation.....	34
Figure 19: Formes de folioles utilisées par les descripteurs.....	35
Figure 20: Précipitations en mm au niveau du Domaine Expérimental de Douyet, durant la campagne 2012-2013.....	40
Figure 21: Répartition des 68 populations en fonction des tailles des folioles.....	41

Figure 22: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la forme des folioles.....	42
Figure 23: Répartition des 68 populations étudiées en fonction du nombre des folioles.....	42
Figure 24: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la hauteur des plantes.....	43
Figure 25: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la coloration des fleurs.....	44
Figure 26: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de l'intensité des stries.....	45
Figure 27: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de l'angle des gousses à la maturité.....	46
Figure 28: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la forme des gousses.....	46
Figure 29: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de l'éclat de la surface des gousses.....	47
Figure 30: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la distribution des gousses sur la tige.....	48
Figure 31: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la longueur des gousses.....	49
Figure 32: Répartition des 68 populations étudiées en fonction du nombre de tige totale par plante.....	49
Figure 33: Répartition des 68 populations étudiées en fonction du nombre de tiges fructifères par plante.....	50

Figure 34: Répartition des 68 populations étudiées en fonction du nombre de graines par gousse.....	51
Figure 35: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la forme de la graine.....	51
Figure 36 : Répartition des individus et des variables sur le plan factoriel 1 et 2.....	58

Liste des tableaux:

Tableau 1 : Critères de distinction entre les trois variétés de <i>Vicia faba</i> L.....	7
Tableau 2 : Liste des variétés de fèves inscrites sur la liste A du Catalogue Officiel.....	9
Tableau 3 : Liste des variétés de féverole inscrites sur la liste A du Catalogue Officiel.....	9
Tableau 4: Les avantages et les inconvénients de la conservation <i>in situ</i>	31
Tableau 5: Collection de quelques espèces cultivées conservées en banque de gènes au Maroc.....	32
Tableau 6: Avantages et inconvénients de la conservation <i>ex situ</i>	32
Tableau 7: Sévérité des maladies cryptogamiques sur les populations étudiées.....	52
Tableau 8: Corrélations partielles entre les composantes de rendement chez la fève.....	53
Tableau 9: Corrélations partielle entre les composantes de rendement chez la févette.....	54
Tableau 10: Corrélations partielle entre les composantes de rendement chez la féverole.....	55
Tableau 11: Eigenvalue et pourcentage de variabilité des 10 composantes principales.	56

Liste des abréviations

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

FAO: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

ICARDA: Centre Internationale de Recherches Agricoles dans les Zone Aride

IBPGR: Conseil International des Ressources Phytogénétiques

T/Ha : Tonne par hectare

APC: Analyse en Composantes Principales

CP: Composantes principales

Dg: Diamètre géométrique

M.C: Marron claire

M.F: Marron foncé

P.de stries: Pas de stries

S.: Stries

Pr. : Principalement

Apl.C: Aplatie contracté

Apl.N.C: Aplatie non contracté

Lon Gou: Longueur des gousses

Nb Gr Gou : Nombre de graines par gousse

Form Gou: Forme des gousses

Nb Tig Fruc : Nombre de tiges fructifères

Nb Gou: Nombre de gousses

Form gr: Forme de graines

Tail Fol: Taille des folioles

Form Fol: Forme des folioles

Ft: Févete

Fv: Fève

Fle: Féverole

SSR: Séquence microsatellite

SNP: Polymorphisme d'un nucléotide simple

AFLP: Polymorphisme de longueur des fragments d'amplification

Résumé

Afin de répondre aux besoins de la conservation des ressources génétiques de la fève et de la création variétale très restreinte au niveau nationale en cette espèce, la collection des populations locales et leur caractérisation est un prérequis très importants.

La présente étude a été conduite, au cours de l'année universitaire 2012-2013, au sein du laboratoire d'amélioration des fèves de l'INRA. Elle a pour objectif d'effectuer la caractérisation et l'évaluation agronomique de 68 populations de *Vicia faba* L. collectées de diverses régions du Nord du Maroc.

La caractérisation et l'évaluation agronomique de ces 68 populations nous a permis d'appréhender le degré de variabilité pour les différentes variables mesurées tant entre populations que de la variabilité au sein d'un grand nombre de populations. Cette étude nous a permis de compléter une base de données pour les divers descripteurs et variables d'évaluation agronomique. En se basant sur ces données, les sélectionneurs vont pouvoir utiliser ces données comme base dans leur choix des génotypes qui répondent aux critères en accord avec l'objectif du programme d'amélioration.

Les descripteurs où la variabilité est nulle sont: Type de croissance, ramification à partir des nœuds supérieurs, couleur des ailes, couleur des gousses à la maturité et la couleur du hile.

Les descripteurs où la variabilité est moyenne sont: Taille des folioles, forme des folioles, couleur de la fleur, et l'intensité des stries.

Les descripteurs où la variabilité est forte sont: Nombre des folioles, hauteur de la plante, angle des gousses à la maturité, forme des gousses, éclat de la surface des gousses, distribution des gousses sur la tige, longueur des gousses, nombre de tiges totales par plante, nombre de tiges fructifères par plante, nombre de graines par gousse et la forme de la graine.

Mots clés:

Diversité génétique locale, caractérisation, évaluation, *Vicia faba* L, fève, févrette, féverole, Maroc.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I. Biologie de la plante.....	3
II. Origine.....	5
III. Systématique.....	5
IV. Les critères de distinction entre les variétés de <i>Vicia faba</i> L.....	6
V. Importance de la culture de fève.....	7
1. Intérêt agronomique.....	7
2. Intérêt alimentaire.....	8
VI. Les variétés utilisées.....	9
VII. La culture de la fève.....	10
1. Sols de culture.....	10
2. Préparation du lit de semence.....	10
3. Semis de fève.....	10
4. Date de semis.....	11
5. Gestion des éléments fertilisants du sol.....	11
VIII. Entretien de la culture de fève.....	12
1. Irrigation.....	12
2. Buttage.....	12
3. Gestion des mauvaises herbes.....	12
IX. Répartition de la culture de fève au Maroc.....	13
X. Superficie et rendement des fèves au Maroc.....	14
XI. Contraintes des fèves au Maroc.....	15
1. Contraintes culturelles.....	15
2. Contraintes socio-économiques.....	15
3. Contraintes abiotiques.....	15
4. Contraintes biotiques.....	16
I. Collecte du matériel végétal.....	28
II. Caractérisation, évaluation agronomique et évaluation génétique.....	29
1. Caractérisation et évaluation agronomique.....	29
2. Evaluation génétique.....	30
III. Conservation du matériel collecté.....	30

1. Conservation in-situ.....	30
2. Conservation ex-situ.....	31
IV. Enregistrement des informations dans une base de données	32
MATERIEL ET METHODES.....	34
I. Le but de ce travail	33
II. Matériel végétal	33
III. Protocole expérimental	33
1. Itinéraire technique	33
2. Dispositif expérimental	34
3. Notations et observations	34
4. Conditions climatiques du Domaine Expérimentale de Douyet.....	39
RESULTATS.....	42
I. Analyse univariée	41
1. Données végétatives	41
2. Données de l'inflorescence et des fruits.....	43
3. Composantes du rendement.....	49
4. Graine	51
II. Corrélation des composantes de rendement	52
1. La fève	52
2. La févrette	53
3. La féverole.....	54
III. Analyse multivariées: Analyse en composantes principales ACP	55
1. Choix des variables.....	56
2. Choix du nombre d'axes à retenir.....	56
3. Graphe sur le plan factoriel(1,2).....	56
DISCUSSIONS.....	59
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	60
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

Introduction

Générale

Introduction générale

Les légumineuses alimentaires existent depuis longtemps au Maroc, à la fois au niveau du système de production de plusieurs régions et au niveau des habitudes alimentaires des populations (Rosenberger, 1980).

Les légumineuses viennent en seconde place après les céréales (Fatemi, 1996). Malgré cette position, la situation actuelle des légumineuses alimentaires au Maroc est celle d'une offre locale en régression par rapport à une demande croissante.

Principales légumineuses alimentaires cultivées au Maroc, les fèves ont occupé, pendant la campagne 2010-2011, une superficie de 165 248 Ha. Selon des statistiques de la FAO, notre pays occupait, en 2006, la 4^{ème} position dans la production des fèves derrière la Chine, l'Ethiopie et la France. En 2007, la régression de la production était importante, suit à cela il est devenu le 9^{ème} producteur derrière la Chine, l'Ethiopie, la France, l'Egypte, le Soudan, l'Australie, le Royaume-Uni et le Pérou. On peut ainsi constater qu'une seule année de régression de la production s'avère suffisante pour être responsable de grands dégâts économiques soit au niveau national ou international.

Lors de l'analyse des données statistiques des fèves au Maroc, il s'avère que, les rendements ainsi que les superficies récoltées se caractérisent par leur instabilité d'un an à l'autre. Cette instabilité est due, entre autres, à l'utilisation d'un matériel végétal local peu performant (Fatemi, 1996).

C'est dans l'objectif de la conservation et l'amélioration des ressources génétiques que l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), a fondé le programme d'amélioration de la culture de fève, permettant ainsi de mettre à la disposition des agriculteurs des variétés productives, de bonne qualité, et résistantes aux maladies et parasites.

Mon stage, effectué au sein du laboratoire d'amélioration des fèves a pour objectif la caractérisation et l'évaluation agronomique des populations locales de *Vicia faba* L.

Le présent document se divise en deux grandes parties :

- ✓ La partie bibliographique, expose les diverses données bibliographiques sur l'espèce *Vicia faba* L., aussi bien sur son origine, son importance et ces principales contraintes que les étapes de conservation des ressources.
- ✓ Et la partie pratique résumant les résultats de mon travail effectué au laboratoire d'amélioration des fèves.

Revue

Bibliographique

A. GENERALITES SUR *Vicia faba* L.

I. Biologie de la plante

Vicia faba L. est une plante herbacée annuelle à tige creuse et de section carrée. La croissance de cette plante est naturellement indéterminée. Cela signifie qu'elle n'est pas limitée par une fleur au sommet, qui bloque sa croissance végétative. Toutefois, des types de fève à croissance déterminée ont été obtenus par mutagenèse provoquée (Sjodin, 1971).

Les nœuds de cette plante sont en nombre variable entre 10 et 40. Cette variabilité est en fonction du génotype et des conditions de la culture (Le Guen et Duc, 1992). A partir de ces nœuds, les feuilles prennent naissance. Ces dernières comprennent une ou plusieurs folioles et sont terminées par une arête étroite sans vrille.

Les fleurs sont hermaphrodites. Elles possèdent une structure papilionacée typique : La corolle est constituée de cinq pétales inégaux : un étendard, deux ailes latérales et deux inférieures soudées sur leurs bords extrêmes constituant la carène. La surface du stigmate est couverte de papilles qui, lorsqu'elles sont brisées, forment une ouverture libérant un exsudat facilitant la pénétration du pollen. Chaque fleur comporte dix étamines dont la plus haute est libre et les neuf autres sont unies en une gaine renfermant l'ovaire. Elles sont de couleurs blanches, roses, violets ou autres. La pigmentation des fleurs signifie que les graines contiennent de tannins (Singhet Tomer, 1988).

Seules quelques fleurs par grappe produisent des gousses: 10 % selon Bond et Poulsen (1983) et 15 à 25% d'après Girard (1983), les autres avortent. Les gousses de la fève sont longues (allant jusqu'à 7 à 13 ovules) généralement aplaties et courbées vers le bas. Elles comportent de gros grains larges et plats. La féverole est constituée de petites graines ovoïdes régulières et lisses, les gousses sont courtes (2 à 3 ovules), cylindriques et généralement à port érigé.

Comme toutes les légumineuses, le système racinaire de *Vicia faba* L. est pivotant à racicules très nombreuses. Il porte d'abondantes nodosités blanchâtres, et c'est au niveau de ces nodosités que les *Rhizobiums* se fixent et entrent en symbiose fonctionnelle avec la plante (Girard, 1983; Mesquida et al., 1990).

Le mode de reproduction est partiellement allogame. L'allogamie est réalisée par les insectes pollinisateurs à savoir les abeilles et les bourdons. Ces insectes interviennent principalement comme vecteurs de pollen entre fleurs de la même plante ou, entre fleurs de plantes différentes.

Le taux moyen d'allogamie varie de 4 à 84 %, avec une moyenne de 35 %. Ce taux dépend du génotype, de l'environnement agissant sur l'activité des insectes pollinisateurs, de l'ouverture des fleurs, de l'auto fertilité et des méthodes utilisées pour l'estimation (Sadiki et Lazrak, 1998).



Figure 1 : Photo d'une plante de *Vicia faba* L.



Figure 2 : Photo d'une fleur de *Vicia faba* L.

(D'après Bond et Poulsen, 1983)

II. Origine

Selon Mathon (1985), la domestication de la culture de la fève a eu lieu entre 7000 et 4000 ans avant J.C. Cette plante fait partie des légumes les plus anciens cultivés dans le monde Motel (1972).

Selon Motel (1972), la fève a été domestiquée pour la première fois dans l'Asie de l'ouest.

D'après Cubero (1974) *Vicia faba* L. est originaire des régions méditerranéennes, du Proche Orient. A partir de ce centre d'origine, la fève s'est propagée vers l'Europe, le long du Nile jusqu'à l'Ethiopie et la Mésopotamie, vers l'Inde avec l'apparition de deux centres secondaires de diversité : L'Afghanistan et l'Ethiopie.

Cependant, l'origine de la fève reste incertaine et aucune région ne peut être désignée comme son centre d'origine. Sa forme ancestrale est encore inconnue car aucun ancêtre sauvage n'a été trouvé, et tous les rapprochements taxonomiques tentés avec *Vicia narbonnensis* et *Vicia galilea* en particulier, se sont heurtés aux incompatibilités. (Bond et Poulsen, 1983).

III. Systématique

La fève et la fêverole appartiennent à la famille des légumineuses, sous-famille des papilionacées, tribu des viciées.

D'après Muratova (1931), l'espèce est subdivisée en deux sous espèces :

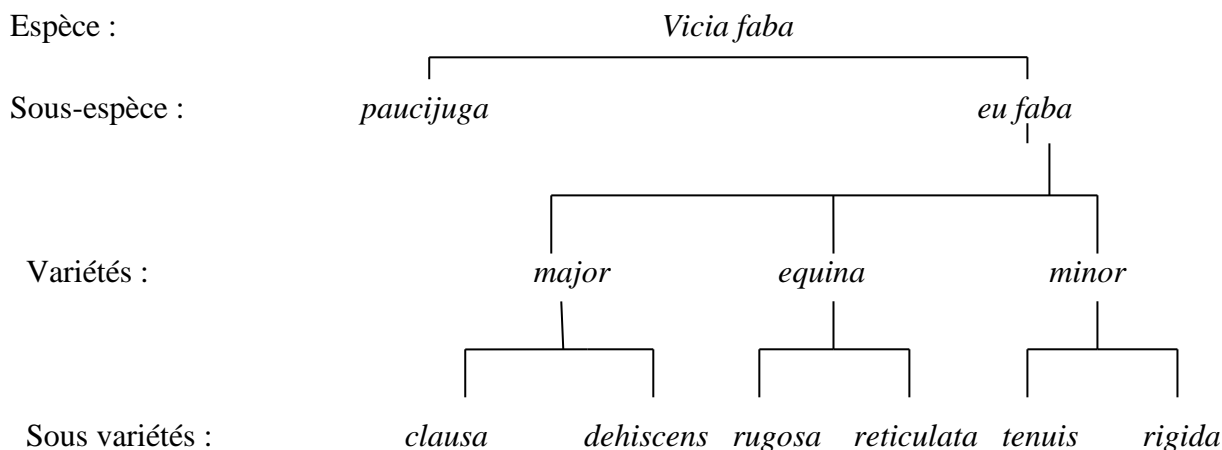


Figure 3 : Classification de *Vicia faba* L. selon Muratova (1931).

D'autres classifications, en particulier celle de Hanelt (1972), ne reconnaissent pas la sous espèce *paucijuga* et subdivisent l'espèce *Vicia faba* en deux sous espèces, *Vicia faba faba* et *Vicia faba minor* comportant elles-mêmes de nombreuses variétés et sous variétés botaniques.

La classification de la fève d'après Dajoz (2000) :

Embranchement	: Spermaphytes
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous-classe	: Dialypétales
Série	: Caliciflores
Ordre	: Rosales
Famille	: Fabacées (légumineuses)
Sous-famille	: Papilionacées
Genre	: <i>Vicia</i>
Espèce	: <i>faba</i>

IV. Les critères de distinction entre les variétés de *Vicia faba* L.

Dans le langage courant *Vicia faba* major est nommée « fève », *Vicia faba minor* « féverole », et *Vicia faba equina* « févette » et la différence entre les trois variétés est basée sur la taille des graines (tableau 1) (Le Guen et Duc, 1996).

Le terme fève est communément utilisé pour désigner indifféremment les 3 sous-espèces.

Tableau 1 : Critères de distinction entre les trois variétés de *Vicia faba* L. (Guignard, 1989).

Variétés Traits	Major (fève)	Equina (févete)	Minor (féverole)
Taille des grains	Gros ou très gros (poids de 1000 graines >1200g)	Moyens (poids de 1000 graines entre 800 et 1200 g)	Petits (poids de 1000 graines <800g)
Forme des grains	Grains larges et plats	Grains présentant une dépression latérale des Cotylédons	Ovoïdes réguliers et lisses
Taille des gousses	Gousse très longue (nombre d'ovules de 7 à 13)	Gousse longue (nombre d'ovules 3 à 4)	Gousse courte (nombre d'ovules de 2 à 3)
Forme des gousses	Aplatie souvent recourbée	Moins aplatie	Cylindrique
Port des gousses sur les tiges	Retombantes et traînant généralement à terre	Généralement semi-érigées ou à port horizontal	Port érigé sur les tiges

V. Importance de la culture de fève

Vicia faba L. est l'une des plus anciennes légumineuses alimentaires domestiquées. Son importance alimentaire et agronomique est reflétée par la superficie qu'elle occupe mondialement de 3,6 millions d'hectares dans plus de 50 pays et donnent une production totale de 4 millions d'hectares par an. (Polhill et al., 1985).

1. Intérêt agronomique

L'azote est l'un des plus importants facteurs pour une bonne productivité des cultures. Ce facteur est limitant dans la plupart des régions du monde. Cela est dû à son coût élevé sous forme d'engrais. La capacité des légumineuses, à établir une symbiose fonctionnelle avec les espèces *Rhizobium*, constitue une alternative plus économique réduisant leurs exigences vis à vis de l'azote du sol et contribue ainsi à l'enrichissement du sol en matière azotée et au maintien de sa fertilité. Les *Rhizobium* infectent le système racinaire pivotant de *Vicia faba* L. et provoquent la formation des

nodosités sur les racines en pénétrant par les poils racinaires et se transforment en « bactéroïdes » de plus grande taille.

Les nodosités sont le siège d'une activité symbiotique dans laquelle la plante fournit les sucres et l'énergie issus de la photosynthèse, et bénéficie en retour des acides aminés qui y sont produits.

Grâce à cette caractéristique, la fève joue un rôle très important dans les rotations de culture, surtout avec les céréales. C'est ainsi qu'elle permet d'améliorer les performances des cultures qui la suivent en augmentant la teneur du sol en azote de 20 à 40 Kg/Ha (Hamadache, 2003).

Cette culture permet aussi de renforcer la structure du sol grâce à son système racinaire puissant et dense, et enfin les résidus de récolte enrichissent le sol en matière organique (Mezani, 2011).

2. Intérêt alimentaire

La fève, utilisée aussi bien dans l'alimentation humaine que dans l'alimentation animale, contribue de façon importante dans l'équilibre du régime alimentaire.

Cette légumineuse a une teneur en protéine élevée. Elle est aussi considérée comme une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamine (B9 et C) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le fer, le zinc et le cuivre) (Gordon, 2004). Sauf qu'une consommation excessive de graines de fève surtout immatures et même l'inhalation du pollen provoque le favisme (une sorte d'anémie hémolytique résultant de l'accumulation de la vicine et la convicine). Mais la qualité des fèves, proposées à l'alimentation humaine, a progressé avec la sélection de variétés à faible teneur en vicine-convicine.

Les graines de féverole utilisées pour l'engraissement des animaux sont considérés comme complément azoté dans l'alimentation animale surtout celle des bovins (Maatougui, 1996). Elles contiennent, selon les variétés, 24 à 30 % de matière azotée. Comparé à d'autres légumineuses, la féverole est plus riche en matière azotée que le pois fourrager, qui n'en contient que 20 à 22%.

Auparavant, l'utilisation d'aliments subventionnés par les éleveurs explique la faiblesse de l'utilisation de la fève dans l'alimentation animale. Cependant l'évolution du niveau de la consommation animale suit de près la tendance de la consommation humaine, cela explique l'augmentation de l'utilisation de féverole en alimentation animale (Fatemi, 1996).

VI. Les variétés utilisées

Selon la législation marocaine, les variétés de fève inscrites, au Catalogue Officiel sont subdivisées en deux catégories :

- La liste A : concerne les variétés dont les semences ou plants peuvent être certifiés et commercialisés au Maroc ou à l'étranger. Elle comprend les variétés suivantes :

Tableau 2 : Liste des variétés de fèves inscrites sur la liste A du Catalogue Officiel.

Variété	Code	Année d'inscription	Année de réinscription
Agrex très précoce		1985	1995
Aguadulce supersiminia très longue cosse		1985	1995
De Fès	F 317	1985	1995
Extra Hative		1985	1995
Extra Hative à grains violets		1985	1995
Karabiga	F 213	1985	1995
Lobab	F 269	1985	1995
Riviera à grains violets		1985	1995
Superagrex		1985	1995
Carmen		2002	
Agualonga		2002	
Super longa		2003	
Reinamora		2004	
Luzdeotono		2005	
Reina Blanca		2005	

Tableau 3 : Liste des variétés de féverole inscrites sur la liste A du Catalogue Officiel.

Variété	Code	Année d'inscription
Alfia 17	F 317	1986
Alfia 21	F 321	1986
Alfia 5	F 305	1986
Alto		1986
Talo		1986
Icarus		1997
Prothabon 101		2004

- La liste B : concerne les variétés dont les semences ou plants peuvent être multipliés au Maroc en vue de l'exportation de leurs produits.

Une seule variété de fève Flep a été inscrite dans la liste B en 2000.

Ces différentes variétés de la liste A présentent, en général, une large adaptation pour les différentes zones agro écologiques du Maroc. Les variétés précoces comme Karabiga ou Alfia 21 sont plus indiquées pour les zones à risque de stress hydrique en fin de cycle.

Les différentes variétés de fève et de féverole inscrites au Catalogue Officiel sont moyennement sensibles au botrytis et à l'antracnose et sensibles à l'orobanche et au nématode des tiges (Fatemi et al. ,2005).

VII. La culture de la fève

1. Sols de culture

La fève est une culture peu exigeante en terme qualité du sol: c'est une culture qui aime les sols frais argileux, argilo-limoneux, argilo-siliceux ou argilo-calcaire à pH neutre ou peu acide avec une sensibilité au compactage (Hebbletwaite et al. ,1983 ; Sadiki et Lazrak, 1998).

Le système racinaire pivotant de la fève nécessite un sol meuble en profondeur. Il est donc recommandé de procéder à un labour dans le but de travailler profondément le sol et d'éliminer les obstacles structuraux afin d'assurer une bonne infiltration des eaux de pluie et un meilleur développement du système racinaire.

2. Préparation du lit de semence

Le lit de semence doit être assez fin pour permettre une imbibition et une levée homogènes. Ceci est réalisé par un labour moyen (charrue à disques) suivi d'un passage au cover-crop ou à l'araire (Sadiki et Lazrak, 1998).

3. Semis de fève

Les techniques de semis sont multiples, soit :

- ✓ A la volée en culture traditionnelle,

- ✓ En ligne écartées de 40 à 50 cm,
- ✓ Ou bien un semis jumelé : 2 lignes rapprochées (10 à 20 cm) séparées des 2 autres par une bande plus large (50 à 60 cm selon l'outil utilisé) afin de faciliter les travaux d'entretien.

La densité de semis dépend des zones de cultures. Pour les zones irriguées ou les zones favorables dont la pluviométrie est supérieure à 400 mm, la densité est de 25 plantes/m² pour la féverole et de 10 plantes/m² pour la fève. En zone moins favorable, le peuplement conseillé est de 15 plantes/m² pour la féverole et 8 plantes/m² pour la fève. En se basant sur le poids de la graine et le taux de germination de la semence utilisée, la dose de semis peut être calculée (Sadiki et Lazrak, 1998).

4. Date de semis

La date de semis est située entre début novembre (semis précoce) et fin décembre (semis tardif). Vu que les fèves sont sensibles au stress hydrique, aux gelées et aux fortes températures pendant la phase critique de floraison et de formation du fruit, il est alors nécessaire de bien placer ces différents stades de développement critiques dans des conditions climatiques favorables d'où il est préférable de semer vers mi-novembre (Sadiki et Lazrak, 1998).

5. Gestion des éléments fertilisants du sol

La bonne gestion des éléments fertilisants exige de compenser leurs exportations par la culture. Il est admis qu'une tonne de graines de fève exporte environ 4 kg de phosphore, 10 kg potassium, 1,5 kg de soufre, et 1,3 kg de calcium.

Les macroéléments tels que le phosphore et le potassium sont nécessaires pour la croissance et la fixation d'azote chez la culture de fève: Une fertilisation phospho-potassique est donc nécessaire. Elle doit être apportée au moment de la préparation du sol en fonction des rotations agricoles et de la richesse du sol. Pour un sol bien pourvu, l'apport recommandé en phosphore et en potassium se situent entre 40 à 60 kg de phosphore et de 20 à 40 kg de potassium, couvrant ainsi les exportations d'une production de 30 Q/Ha.

Lorsque l'analyse du sol est possible, il est recommandé de fixer les doses sur cette base.

Etant une légumineuse, la fève a la capacité de fixer l'azote de l'air. A cet effet, un apport faible en azote lors de la préparation de lit de semis s'avère suffisant pour un bon démarrage de la

croissance avant que l'azote atmosphérique ne soit disponible à la plante à travers les nodosités. Cet apport « starter » est estimé à environ 20 unités d'azote/ha, soit environ 50 kg/ha d'urée ou 60 kg/ha d'ammonitrate. (Sadiki et Lazrak, 1998).

VIII. Entretien de la culture de fève

1. Irrigation

Vue sa sensibilité pour la sécheresse, l'humidité du sol doit être maintenue au-dessus de 50% de la capacité au champ sur les premiers 30 cm du profil. Il est préconisé de procéder à des irrigations pendant les phases critiques chez la fève.

2. Buttage

Le buttage est une opération qui a pour objectif de ramener la terre au pied des plantes et d'y former une sorte de butte.

Butter lorsque la plante de fève atteint 10 cm de hauteur est nécessaire, car cette opération permet de maîtriser les mauvaises herbes, et aussi d'améliorer la structure du sol et d'économiser l'eau.

3. Gestion des mauvaises herbes

Les mauvaises herbes peuvent se définir comme des végétaux qui poussent là où ils ne sont pas désirables.

La fève est une plante peu compétitive vis-à-vis des mauvaises herbes, particulièrement pendant le stade plantule. Les pertes de rendements liées au manque de désherbage ou à un désherbage inadéquat surtout pendant les deux premiers mois du cycle de la culture varient entre 30 et 70%. Le désherbage est donc très important pour avoir des rendements optimaux.

Il existe différentes techniques de luttés contre les mauvaises herbes:

- ❖ La lutte manuelle : Par le binage manuel.
- ❖ La lutte mécanique : Soit à traction animale en culture traditionnelle, soit à traction mécanique.

- ❖ La lutte chimique : Elle constitue une alternative fortement recommandée. Correctement appliqué, le traitement chimique se révèle très efficace. En effet, la plupart des mauvaises herbes sont maîtrisables par des herbicides sélectifs.

IX. Répartition de la culture de fève au Maroc

Sur la base des données allant de 1996 à 2011 (FAOSTAT 2013), la superficie emblavée en légumineuses alimentaires est en moyenne de 159059,3 Ha et celle de la fève est de 31030,5 Ha. Ainsi la fève occupe 19,51% de la superficie des légumineuses alimentaires.

L'importance de la culture de la fève au Maroc explique sa propagation dans diverses régions avec plusieurs zones géographiquement différentes qui peuvent être distinguées (Sadiki, 1990).

- Zone 1 : Caractérisée par une pluviométrie moyenne de 700mm concentrée entre le mois d'Octobre et le mois d'Avril. Cette zone s'étend de la province de Chefchaouen à la région de Tanger Tétouan.
- Zone 2 : Elle englobe les provinces de Fès, Taza, Taounate, Meknés, Kénitra, Ben Slimane et le nord de Settat avec une pluviométrie moyenne de 450mm entre le mois d'Octobre et Novembre.
- Zone 3 : Représentant 15% de la superficie nationale de la culture de fève. Elle englobe les plaines des Doukkala, Chaouia, Abda, la province d'El Jadida, Safi, Khouribga et Beni Mellal.
- Zone 4 : Elle contient les provinces de Marrakech, El Kalaa et Agadir. Dans cette zone la fève est irriguée et occupe 4% de la superficie réservée à cette culture au Maroc.
- Zone 5 : Située au Nord –Est du Maroc représenté par les provinces de Nador, Oujda et El Hoceima.
- Zone 6 : Elle est représentée par les oasis d'Errachidia et Ouarzazate où la fève est la seule légumineuse cultivée dans cette zone et elle est conduite en irriguée.

X. Superficie et rendement des fèves au Maroc

La figure 4 représente l'évolution du rendement et de la superficie récoltée des fèves entre 1995-96 et 2010-11.

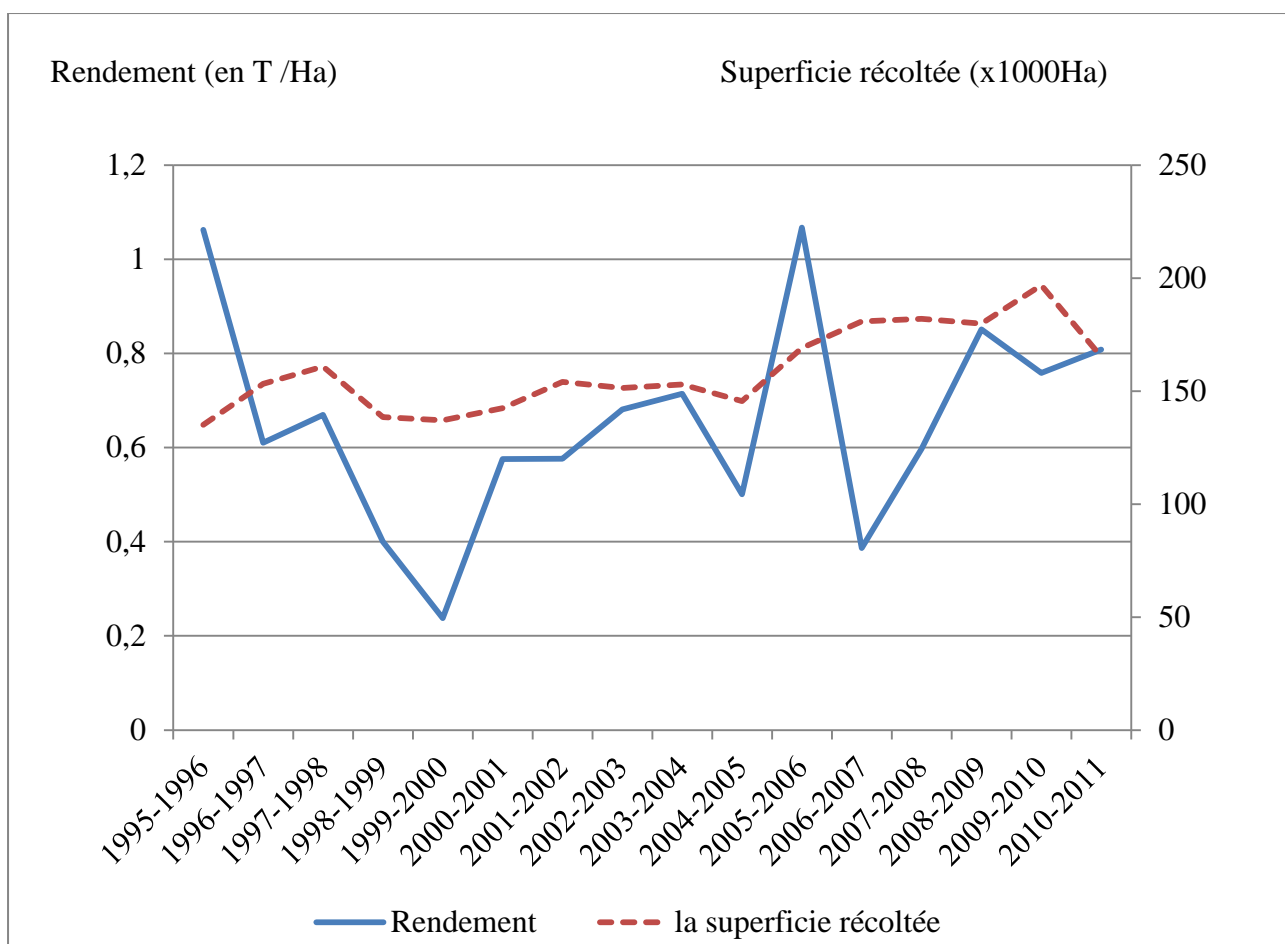


Figure 4: Evolution de la superficie et du rendement des fèves au Maroc, entre 1996 et 2011 (FAOSTAT 2013).

Les valeurs de rendement représenté dans la figure 4 représentent le rendement en grains sec. Les prélèvements en gousses vertes ne sont pas pris en considération dans les statistiques disponibles.

D'après la figure 4 :

- La superficie a tendance à l'augmentation avec un maximum enregistré en 2009-2010 de 196,9 Ha.

- Le rendement reste faible est très fluctuant. Il est en fonction des conditions climatiques et tout ce qui en découle (développement des maladies).

Malgré la grande superficie occupée par la culture des fèves, le rendement reste faible et instable à cause de plusieurs contraintes.

XI. Contraintes des fèves au Maroc

1. Contraintes culturelles

Les fèves sont encore conduites de façon traditionnelle avec peu de mécanisation. Les techniques culturelles adoptées par les agriculteurs sont caractérisées par :

- ✓ L'utilisation de semences locales qui ont un faible potentiel de rendement et sont sensibles aux maladies et parasites,
- ✓ Une fertilisation phosphatée insuffisante,
- ✓ Un très faible entretien de la culture,
- ✓ et des semis tardifs.

Ces techniques de culture peuvent causer une diminution de la hauteur de la plante, du nombre de fleurs, de gousses et de graines par plante (Fatemi, 1996).

2. Contraintes socio-économiques

Les coûts de production élevés à cause de la forte implication de la main d'œuvre dans les différentes opérations de la production font de cette culture une culture non rentable (Maatougui, 1996).

3. Contraintes abiotiques

❖ *Conditions climatiques*

Selon Fatemi (1996), les variations climatiques comptent parmi les problèmes dont souffre la culture de la fève au Maroc.

Une température élevée accélère la germination alors qu'une température au-dessous de 10°C augmente le nombre de jours nécessaires pour avoir une émergence adéquate (Saxena, 1982).

Les gelées tardives sont aussi néfastes pour la culture de la fève: Elles entraînent des chutes de fleurs et un retard physiologique.

Tout cela affecte le processus de nodulation, la survie de la plante et le nombre de gousses (Saxena, 1982; Bond et al., 1985).

❖ Le stress hydrique

Le stress hydrique constitue aussi un facteur majeur responsable des pertes dans les rendements (Bond et al., 1985). Une sécheresse prolongée cause la réduction du taux d'extension des tiges et une faible production de la matière sèche. La sécheresse affecte aussi la durée de floraison et la formation des gousses (Hebblethwaite, 1982).

❖ Salinité

Un problème spécifique des oasis dans lesquelles l'irrigation des cultures de fève est assurée par des eaux assez chargées en sodium. Le sel a des effets néfastes, sur la plante et sur les propriétés physicochimiques du sol, ce qui cause la diminution de la productivité des cultures (Maatougui, 1996).

4. Contraintes biotiques

Plusieurs agents biotiques sont responsables d'une grande partie des dégâts que subit la culture de la fève au cours de son cycle de développement, ou lors du stockage de la production. Les dégâts peuvent être causés par des champignons, des nématodes, des virus, des parasites et des ravageurs.

a. Maladies cryptogamiques

Les maladies cryptogamiques rencontrées sur fève au Maroc sont : La maladie de la tâche chocolatée (*Botrytis fabae*), l'anthracnose (*Ascochyta fabae*), la rouille (*Uromyces vicia fabae*), l'altérioriose (*Alternaria sp.*), l'oïdium (*Erysiphe polygoni*) et (*Leveillulataurica*) et le mildiou (*Peronospora vicia*) (Janatie 1976; Mabsoute 1988; Osmoi 1988; Mabsoute 1990).

❖ La maladie de la tâche chocolatée

Causée par *Botrytis fabae*, c'est la maladie la plus répandue, atteignant des niveaux d'attaques assez élevée, dans divers régions du Maroc.

Symptômes :

Les attaques apparaissent essentiellement sur les feuilles sous forme de petites lésions circulaires de couleurs brunâtres représentés dans la figure 5 et des nécroses de taille plus grande de couleur noirâtre (Gaunt, 1983).

Quand les conditions sont favorables, le champignon peut même attaquer les tiges (stries sur quelques centimètres le long de la tige, représenté sur la figure 6) et les gousses.

Les dégâts :

Plusieurs facteurs influencent la sévérité des dégâts causés par ce champignon. On peut citer : le stade de développement de la culture et les conditions écologiques de la parcelle attaquée.

Les dégâts causés sont : destruction des feuilles, chute des fleurs et ainsi que la diminution du nombre de gousse et de la capacité photosynthétique (Gaunt, 1983).

Méthodes de lutttes :

- Brûler les débris de la culture.
- Traitement chimique par des fongicides.



Figure 5: Dommages de *Botrytis fabae* au niveau des feuilles.



Figure 6: Lésions rougeâtres de *Botrytis fabae* sur tige.

❖ L'antracnose

L'agent causal de cette maladie est *Ascochyta fabae*. C'est une maladie transmissible par semence et se développe en conditions humides.

Symptôme :

Des taches brunes sous forme de cercle concentriques visibles sur les cotylédons (montrés sur la figure 7) et même sur les tiges et les gousses (figure 8).

Dégâts :

- Le centre des tâches se nécrose trouant les feuilles, fragilisant les tiges qui peuvent verser et faisant éclater les gousses en plein développement.
- Apparition des tâches circulaires brune-rouges sur les semences infectées.
- Diminution du rendement des cultures et de la teneur en protéines des graines.

Méthodes de luttes :

- Brûler les débris de la culture.
- Choisir des variétés résistantes.
- Utiliser les semences saines.
- Traitement chimique par des fongicides.



Figure 7: Folioles de fève attaquées par *Ascochyta fabae*.



Figure 8: Dégâts de l'antracnose sur tige et gousses (Moore et *al.*, 1995).

❖ La rouille

Causée par *Uromyces vicia fabae*, elle est largement répartie dans les pays méditerranéens (Bernier et *al.*, 1984). Elle apparaît en fin de cycle et compte parmi les maladies les plus importantes de la fève (Gaunt, 1983; Lelley, 1964).

Symptômes et dégâts :

Cette maladie se manifeste par l'apparition de taches brunes à rougeâtres sur les feuilles (figure 9) et les tiges. Elle cause un dessèchement et une chute de feuille.

Méthodes de lutttes :

- Eliminer les feuilles mortes tombées sur le sol.
- Par temps chaud, évité d'arroser le feuillage des plantes.
- Traitement chimique par des fongicides.



Figure 9: Effet de la rouille sur les feuilles de la fève (Moore et *al.*, 1995).

❖ *L'alternariose*

Une maladie causée par *Alternaria* et dont la sévérité est modérée.

Symptôme :

Des taches brunes situées sur les feuilles du bas, et limitées par les nervures de feuilles.

Dégâts :

La maladie de l'alternariose présente une incidence économique négligeable sur la culture de fève car elle apparaît tardivement et elle se limite souvent aux feuilles de base (Mabsoute et Saadaoui, 1996).

Méthodes de luttés :

- Pratiquer la rotation de culture.
- Détruire les résidus récoltés.
- Evitez les fumures fraîches riches en azote.
- Traiter par des fongicides.



Figure 10: Symptôme de l'alternariose sur feuille de fève (Hawthorne et *al.*, 2004).

❖ *Oïdium*

Il peut être causé par deux champignons: *Erysiphe polygone* (ectoparasite) et *Leveillulataurica* (endoparasite) (Mabsoute et Saadaoui, 1996).

Symptôme et dégâts :

Cette maladie se manifeste par l'apparition d'un feutrage blanc d'aspect farineux sur les feuilles et les tiges. Elle cause un dessèchement de la plante et parfois une déformation des feuilles.

Méthodes de lutte :

- Evitez les sols trop azotés.
- Ne pas planter trop serré.
- Evitez d'arroser le feuillage.
- Traiter par des fongicides.

❖ *Le mildiou*

Peronospora vicia est un champignon qui cause l'apparition de tache claires sur les feuilles. La partie inférieure de ces dernières se couvrant d'un feutrage blanc-gris, parfois violet, et les fruits se couvrent de taches brunâtres.

Méthodes de lutte :

- Effectuer une rotation de culture.
- Espacez les plantes au semis.
- La destruction des feuilles et débris de plante infecté après la récolte.
- Traitement par des fongicides.



Figure 11: Dégâts du mildiou sur les gousses de fèves

b. Virus

Les virus causent des dommages et des dégâts sévères pour la culture de fève surtout lorsqu'ils attaquent les jeunes plantes.

La transmission des virus se fait soit mécaniquement soit par les insectes (Bos, 1982).

De nombreux virus ont été déterminés et dont la propagation a menacé divers régions au Maroc (Fischer 1976). Nous pouvons citer :

- Le virus de la jaunisse nécrosante qui constitue la principale menace virale.
- Le virus de tâche nécrotique (BBSV), le virus de la mosaïque jaune (BYMV): qui sont considérés les plus importants économiquement.
- Le virus de la marbrure (BBMV) et le virus du flétrissement de la fève (BBWV), ils causent de sévères infections mais leurs attaques restent localisées.
- Le virus de la mosaïque de la luzerne (AMV), le virus brunissement précoce du pois (PEBV), sont rarement rencontrés (Fischer 1976, 1979).

Méthodes de luttés :

- Il est fortement recommandé d'utiliser des semences sélectionnées.
- Ne pas prélever des semences à partir des champs infestés.
- Contrôler les plantes en bordure des champs car l'invasion commence normalement à ces endroits. Dès l'apparition des pucerons, il faut traiter à l'aide d'un insecticide, de préférence systémique.
- Contrôler régulièrement la culture et si l'attaque persiste, il faut répéter le traitement.



Figure 12: Plantes de fève attaquées par le virus (Moore et al. ,1995).

c. Orobanche

L'orobanche est une angiosperme parasite de nombreuses cultures économiquement importantes dans les régions méditerranéennes (Zemrag, 1999). C'est une espèce holoparasite ou parasite stricte, qui dépend totalement de la plante-hôte. Les plantes infestées par l'orobanche sont généralement des dicotylédones, les monocotylédones sont rarement attaquées.

Dans la nature, les orobanches sont représentées par plusieurs espèces. Au Maroc, *Orobanche crenata* Forsk est l'espèce la plus dominante et l'un de ses hôtes préférés est la fève (Nassib et al., 1982).



Figure 13: Photo de l'*Orobanche crenata* Forsk.

Les exsudats racinaires de la fève favorisent la germination du parasite qui se développe en puisant les éléments nutritifs de la plante hôte. L'infestation se manifeste par le flétrissement de la plante hôte, la réduction de sa taille, et la chute des fleurs ce qui entraîne une chute du rendement et parfois même une absence de la production.

Les infestations d'orobanche sur les cultures de fève ont été signalées depuis 1950 au Maroc (Bleton, 1943). L'ampleur des pertes de rendements dues à cette plante parasite dépend de la sévérité des attaques et peut conduire à la perte totale de la récolte. Elle est considérée comme un véritable fléau menaçant la culture de fève au Maroc (Fatemi, 1996).

Méthodes de lutttes :

- Faire des rotations de culture à long durée.
- Arracher manuelle des plantes d'orobanche et les bruler.
- L'utilisation de variétés résistantes, la disponibilité de variétés tolérantes à l'orobanche est encore limitée: le cultivar Giza 402, qui est une féverole sélectionnée en Egypte pour sa tolérance à ce parasite, est utilisé mais elle est très sensible au *Botrytis* dans nos conditions. Des travaux d'amélioration sont en cours pour la combinaison de ces deux caractères.
- Fertilisation azoté et potassique élevée
- les labours profonds permettent d'enfuir les graines d'orobanche loin du système racinaire des plantes hôtes.
- Le semi tardif dans l'optique de réduire aussi les infestations.
- La solarisation à l'aide d'un paillage en plastique de polyéthylène pendant quelques jours avant le semis.
- Traitement de la culture par des herbicides à base de glyphosate.

(Zemrag, 1999).

d. Nématodes

On distingue :

- *Ditylenchus dipsaci* : Considéré comme l'un des parasites les plus endommageant des fèves dans les pays de Maghreb. Sa présence a été signalée la première fois au Maroc en 1972 (Schreiber, 1978). Il s'agit de vers minces et transparents qui provoquent : des gonflements et des déformations de tissus caulinaires ou bien des lésions qui virent au marron rougeâtre puis au noir, selon le cultivar et les facteurs d'environnement.(Sikora et Greco, 1990)
- *Pradylenchus spp* : C'est un nématode qui attaque les racines et bloque les vaisseaux du xylème par nécrose
- *Meloidogyne spp* : Il influence négativement la symbiose avec le *Rhizobium*, en affectant les nodules.

e. Ravageurs

La fève souffre des attaques de plusieurs insectes. La surveillance de ces derniers est primordiale à partir du stade début floraison. En plus des dégâts directs, ces ravageurs peuvent participer dans la transmission de plusieurs virus.

Vingt espèces ont été recensées (Kamel, 1982). Trois sont les plus menaçantes au Maroc (Fatemi, 1996) :

- Les pucerons : ils influencent directement la productivité lorsque les infestations sont très sévères car ils affectent la fève directement en attaquent le sommet de la plante, avant de couvrir toute la partie aérienne. Ces derniers demeurent l'un des causes indirectes de forts dégâts occasionnés par les virus dont ils sont vecteurs (Kamel, 1982).

La lutte contre ce parasite débute par une surveillance des plantes sur les bordures du champ, et le traitement par des insecticides dès l'apparition des premiers insectes.



Figure 14: Plante de fève attaquée par les pucerons (Moore K. et al. ,1995).

- *Sitona* spp. : nommés également charançon. Les larves de ces derniers attaquent les nodules et influencent la capacité de la plante à la fixation de l'azote atmosphérique. Les adultes causent une diminution de l'activité photosynthétique car ils se nourrissent de la partie aérienne de la plante.



Figure 15: *Sitona* sur une foliole de fève (Moore K. et al. ,1995).

- Les bruches (*Bruchus rufimanus*): la femelle pond sur les gousses. Les larves, après pénétration, s'y développe et attaque la graine. Ces ravageurs causent des dommages importants au niveau du stockage par l'apparition des trous sur les graines de la fève et détériore aussi la qualité (Fatemi et al. ,2005).

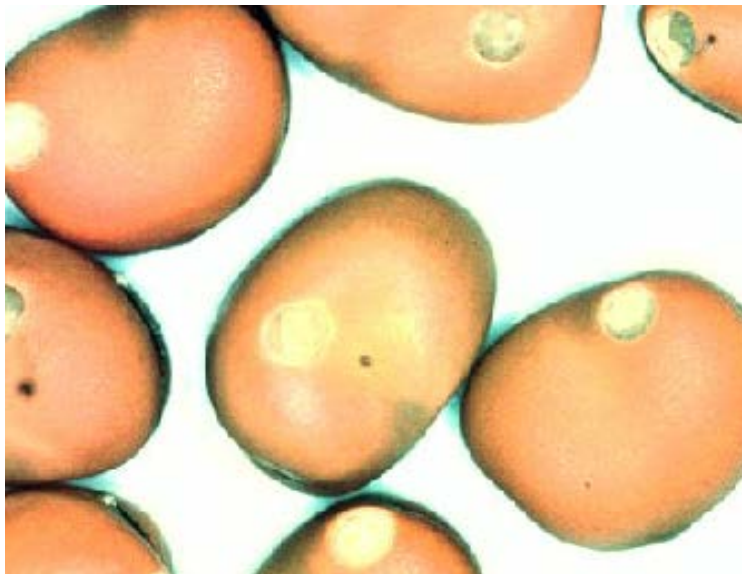


Figure 16: Graines de fève attaquées par les bruches.

Les contraintes dont souffre la culture de la fève sont les principales causes des rendements médiocres de cette culture. La lutte contre ces contraintes nécessite d'établir des programmes de recherche dans les différents domaines. L'amélioration génétique constitue un des volets pouvant participer à la levée de ces contraintes.

Par le biais, de croisements raisonnée, du fruit de sélection antérieurs et à partir de matériel génétique local, ségrégant et avancé, le programme d'amélioration de la fève, adopté par l'INRA, pourra mettre à la disposition des agriculteurs un patrimoine génétique diversifié et adapté à leur zone agro écologique, contribuant ainsi à relever la production nationale de la fève.

Ce programme vise l'obtention de variétés productives, de bonne qualité (taille des gousses et des graines...), résistantes aux maladies et aux parasites. L'un de ses principaux axes est constitué par la collecte, le maintien et l'évaluation du germoplasme local de la fève et de la féverole.

B. CONSERVATION DES RESSOURCES PHYTOGENETIQUES DES PLANTES CULTIVEES

La diversité génétique est la base de l'amélioration des plantes. Elle est d'une importance incontestable pour le développement de variétés adaptées à l'aide des progrès de la sélection. C'est cette diversité génétique qui constitue la matière première du sélectionneur pour créer de nouvelles variétés.

Le Maroc est considéré comme centre de diversité génétique pour plusieurs espèces y compris les fèves en raison de sa position géographique de double façade atlantique et méditerranéenne, de son relief complexe et de son climat diversifié (Sadiki, 1985). Cependant cette diversité est constamment exposée à l'érosion génétique activée par divers facteurs, liés aux changements du milieu et aux actions de l'homme (Sadiki, 1996). Pour réduire et empêcher les dégâts causés par cette érosion, le Maroc a fait l'objet de plusieurs prospections internationales visant la collecte de matériel génétique. Il s'avère nécessaire de préserver et de mieux connaître ces ressources génétiques afin de mieux les utiliser.

Ainsi la collecte, la caractérisation et l'évaluation, et la conservation de ces ressources constituent des activités indispensables à la création variétale (figure 17).

L'étude de la variabilité de la collecte est réalisée par :

- Une caractérisation selon des descripteurs morphologiques pré-établis.
- Une évaluation agronomique.
- Une étude génotypique visant l'analyse de la variabilité génétique de ce germoplasme.

Les données ainsi obtenues vont être enregistrées dans une base de données pour accompagner la collection dans son lieu de conservation, soit in-situ dans les écosystèmes naturels, ou ex-situ dans les banques de gènes.

Les sélectionneurs trient le matériel génétique disponible dans les banques de gènes en se basant sur les données disponibles dans la base de données.

Tout progrès et tout résultat obtenu par les sélectionneurs sera transmis à la banque de gènes pour enrichir la base de données de la collection.

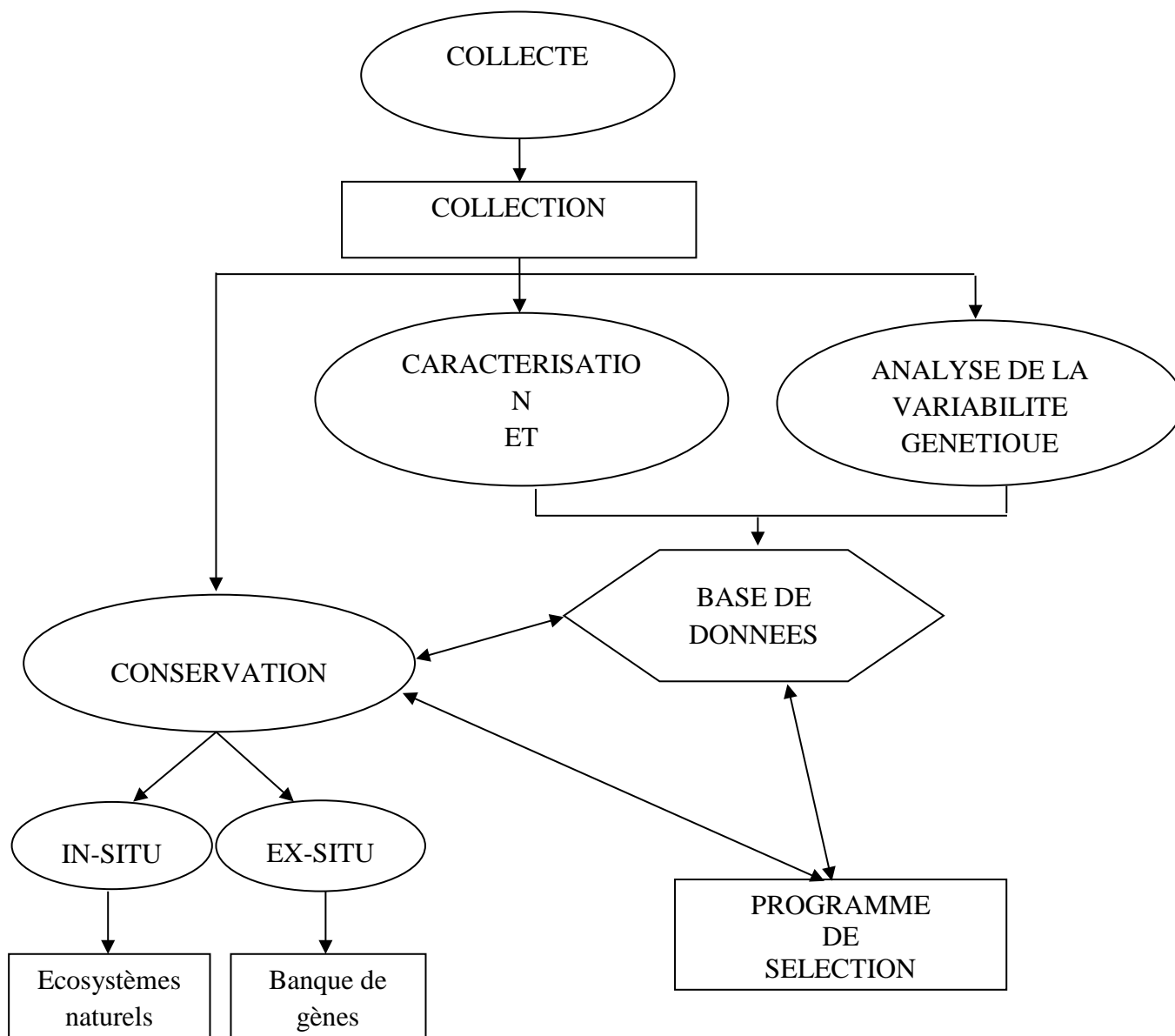


Figure 17: Schéma général des activités des ressources génétiques chez une espèce végétale.

I. Collecte du matériel végétal

Les buts de la prospection sont multiples mais le but essentiel est la collecte du matériel vivant rassemblant la plus grande variabilité possible. Elle est aussi le seul moyen qui permet la sauvegarde des espèces en voie de disparition.

Une prospection, en vue de la conservation et l'amélioration génétique d'une plante, doit être totale et doit permettre la connaissance la plus étendue possible de la plante en question. C'est pour cela qu'il ne faut négliger aucune information sur la plante et son contexte lors de la collecte.

L'acquisition du matériel génétique est réalisée soit par :

- La collecte dans le champ d'agriculteurs, des habitats sauvages ou sur les marchés, particulièrement dans les centres de diversités connus, doit être soigneusement planifiée et préparée afin de maximiser la diversité génétique de la population.
- Les échanges avec d'autres centres d'introduction de végétaux, des banques de gènes, des scientifiques, des cultivateurs privés, des sociétés semencières ou d'autres fournisseurs de matériel génétique.

Les méthodes de collecte et d'échantillonnage varient selon l'espèce, l'étendue de sa culture ou de son aire de répartition, ainsi que son mode de reproduction (autogamie ou allogamie).

Pour une collecte du matériel végétal il faut établir un compromis entre :

- Les possibilités de déplacement sur le terrain.
- La période favorable pour la récolte, quand les semences collectées atteignent leur maturité optimale et lorsque la tolérance, la dessiccation, la longévité et la vigueur des semences sont considérés comme les plus hautes. Vu la difficulté de suivi de ces caractéristiques au champ, on utilise des indicateurs visuels pour faire des évaluations préliminaires de la maturité optimale des semences.

Exemple d'indicateurs visuels :

- le changement de la couleur des fruits,
- le changement de la couleur des graines.

La nature du matériel à collecter est en fonction de la plante d'une part et du type de conservation d'autre part. (Guillaunet, et *al.*, 1984)

II. Caractérisation, évaluation agronomique et évaluation génétique

1. Caractérisation et évaluation agronomique

La caractérisation se base sur des descripteurs morphologiques. Dans le cas de la fève, la caractérisation se base sur les normes décrites dans Faba bean descriptors d'IBPGR et ICARDA (IBPGR et ICARDA, 1985). Ces descripteurs sont des caractères qui ne sont pas ou très peu influencés par les variations environnementales. De plus, ils doivent être facilement observables à l'œil nu. Ces descripteurs permettent une différenciation phénotypique facile et rapide.

Quant à l'évaluation agronomique, elle permet d'évaluer la productivité et ses composantes: Ces descripteurs sont influencés par les variations environnementales. Ils comprennent les caractères relatifs au rendement et à la sensibilité au stress.

2. Evaluation génétique

Elle vise à déterminer la variabilité génotypique du germoplasme collecté. Cette évaluation peut être assurée par l'utilisation des méthodes de la biologie moléculaire: les marqueurs ADN tels que les AFLP, SSR et SNP offrent des outils puissants de discrimination et peuvent être appliqués avec succès pour vérifier l'apparentement entre échantillons.

III. Conservation du matériel collecté

Le matériel génétique reçus par une banque de gènes doit être :

- de la plus haute qualité,
- en nombre adéquat, la quantité de semence stockée doit être suffisante pour réaliser au moins trois régénérations,
- indemne de maladies transmissibles par semences.

Ce matériel végétal est nettoyé afin d'éliminer les débris, le matériel inerte et les semences abimées ou infectées. Le nettoyage des semences est nécessaire avant leurs stockages car il permet :

- d'améliorer la pureté des échantillons en enlevant les semences abimées, immatures et étrangères,
- d'élargir l'espace de stockage,
- et de réduire les coûts du stockage.

Après le nettoyage, sont effectués les tests de qualités comme le taux d'humidité et contrôle phytosanitaire. Les semences conformes à tous les exigences de la banque de gènes sont conservées. (Kameswara et *al.*, 2006)

Deux types de conservation sont utilisés :

1. Conservation in-situ

C'est le fait de sauvegarder les plantes dans leurs écosystèmes naturels, de sorte qu'elles continuent d'évoluer dans leurs environnements. Cette conservation de la diversité biologique est

pratiquée de façon indirecte par les exploitants des zones à agriculture vivrière. Il y a lieu de signaler que l'exécution du projet de conservation in situ de la diversité biologique agricole, en collaboration avec Biodiversity International (ex IPGRI) dans le cadre d'un réseau de neuf pays, a permis d'élaborer au Maroc les bases scientifiques pour la mise en place de la conservation en ferme des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. L'étude a été réalisée sur quatre espèces choisies pour leurs différents modes de reproduction, d'utilisation et du niveau d'évolution : le blé dur, l'orge, la fève et la luzerne. Les résultats obtenus peuvent être aisément extrapolés à toute espèce cultivée.

Tableau 4: Les avantages et les inconvénients de la conservation in situ.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ● Eviter les problèmes de stockage. ● Permettre la poursuite de l'évolution liée à l'exposition aux ravageurs, aux maladies et aux autres facteurs environnementaux. ● Maintenir les services éco systémiques. ● Utilisation durable des populations locales. ● Amélioration des populations locales par l'approche participative. 	<ul style="list-style-type: none"> ● La nécessité de grande surfaces pour que la conservation soit efficace. ● L'exposition des populations naturelles à des catastrophes naturelles diverses. ● La maintenance est couteuse. ● Le matériel ne peut être utilisé facilement.

(Anonyme ,2007)

2. Conservation ex-situ

Elle consiste à mettre les ressources phytogénétiques à l'abri, hors de leurs habitats naturels. La principale infrastructure de stockage pour cette technique de conservation est la banque de gènes. La conservation doit être réalisée dans des conditions d'environnements contrôlées, qui maintiennent la viabilité des semences pendant de longues périodes. On stocke le matériel génétique soit dans des : chambres froides soit dans des congélateurs horizontaux ou verticaux.

Des millions d'échantillons sont maintenant stockés dans des banques de gènes partout dans le monde à des fins de conservation et d'utilisation.

Tableau 5: Collection de quelques espèces cultivées conservées en banque de gènes au Maroc.

Cultures/ espèces	Nombre			
	Espèces	Variétés	Populations	Total accessions
Céréales d'automne	9	94	4974	5068
Céréales de printemps	3	1009	152	1161
Légumineuses alimentaires	8	18	3146	3164

Tableau 6: Avantages et inconvénients de la conservation ex-situ.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ● Préservation du matériel génétique menacé. ● Conservation d'un grand nombre dans un espace limité. ● Conservation d'échantillons suffisamment représentatifs. ● Accessibilité et échange de matériel génétique aisé. ● Facilité d'évaluation. ● Enregistrement aisé d'information. ● Aucune exposition aux ravageurs, aux maladies ni aux autres menaces. ● Conservation indéfinie du matériel génétique. ● Meilleur rapport et coût d'efficacité que la conservation in situ. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Blocages du processus d'évolution. ● Difficulté d'assurer un échantillonnage adéquat. ● Une totale intégrité génétique ne peut être assurée du fait des erreurs humaines.

(Anonyme, 2007)

IV. Enregistrement des informations dans une base de données

Toutes les informations qui accompagnent l'échantillon végétal depuis la collecte jusqu'à l'arrivée au banque de gènes sont enregistrés, organisés et traités informatiquement afin d'être accessibles à distance, sur un réseau.

Matériels

Et

Méthodes

I. Le but de ce travail

Le but de mon travail est de rassembler toutes les données de la caractérisation et de l'évaluation agronomique mesurées sur les populations locales de fève collectées de diverses régions de notre pays. Les données mesurées sont réalisées sur la base des normes décrites dans Faba bean descriptors de l'IBPGR et ICARDA (IBPGR et ICARDA, 1985). Ce qui permet de former une base de données qui accompagnera ces populations dans leurs lieux de conservation. Ce travail est le point de départ qui permettra la conservation de la diversité génétique, cette diversité permettra la sélection de lignées de fèves désirées, en fonction des critères visés.

II. Matériel végétal

En juillet 2012, 68 populations de fèves, févettes et féveroles ont été collectées de diverses régions de notre pays selon les axes :

- Fès, Taza
- Fès, Taounate, KariaBa Mohamed, Chefchaouen et Tétouan.

III. Protocole expérimental

1. Itinéraire technique

- ✓ Le 18 juin 2012, un labour profond de la parcelle à été effectué avec un passage de stuble-plow. Il est à noter que le précédent cultural est le blé tendre.
- ✓ Le 8 octobre 2012, il y a eu passage de cover-crop.
- ✓ L'épandage de l'engrais a été effectué le 8 novembre.
- ✓ Un traçage de lignes de semis le 4 décembre 2012.
- ✓ Vu la forte pluviométrie d'octobre à décembre, il y a eu un décalage de semis jusqu'au 7 janvier 2013.
- ✓ Le désherbage manuel et le découpage ont été faits le 6 février 2013.
- ✓ Deux traitements contre l'orobanche ont eu lieu le 26 mars 2013 et le 10 avril 2013.
- ✓ Les fortes pluies, qu'a connues la région durant le mois de mars, ont handicapés l'entretien de la parcelle contre les mauvaises herbes durant ce mois et c'est jusqu'au 15 avril 2013 que le deuxième désherbage a eu lieu.
- ✓ Le 15 avril 2013 un traitement contre les pucerons a été effectué.

2. Dispositif expérimental

Les 68 populations collectées, en Juillet 2012 des zones citées précédemment, ont été installées au Domaine Expérimental de Douyet, en parcelles élémentaires uniques, chacune est constituée de 4 lignes de 5 m de long, espacée de 0,5 m soit une superficie de 10 m² par parcelle élémentaire (figure 18).

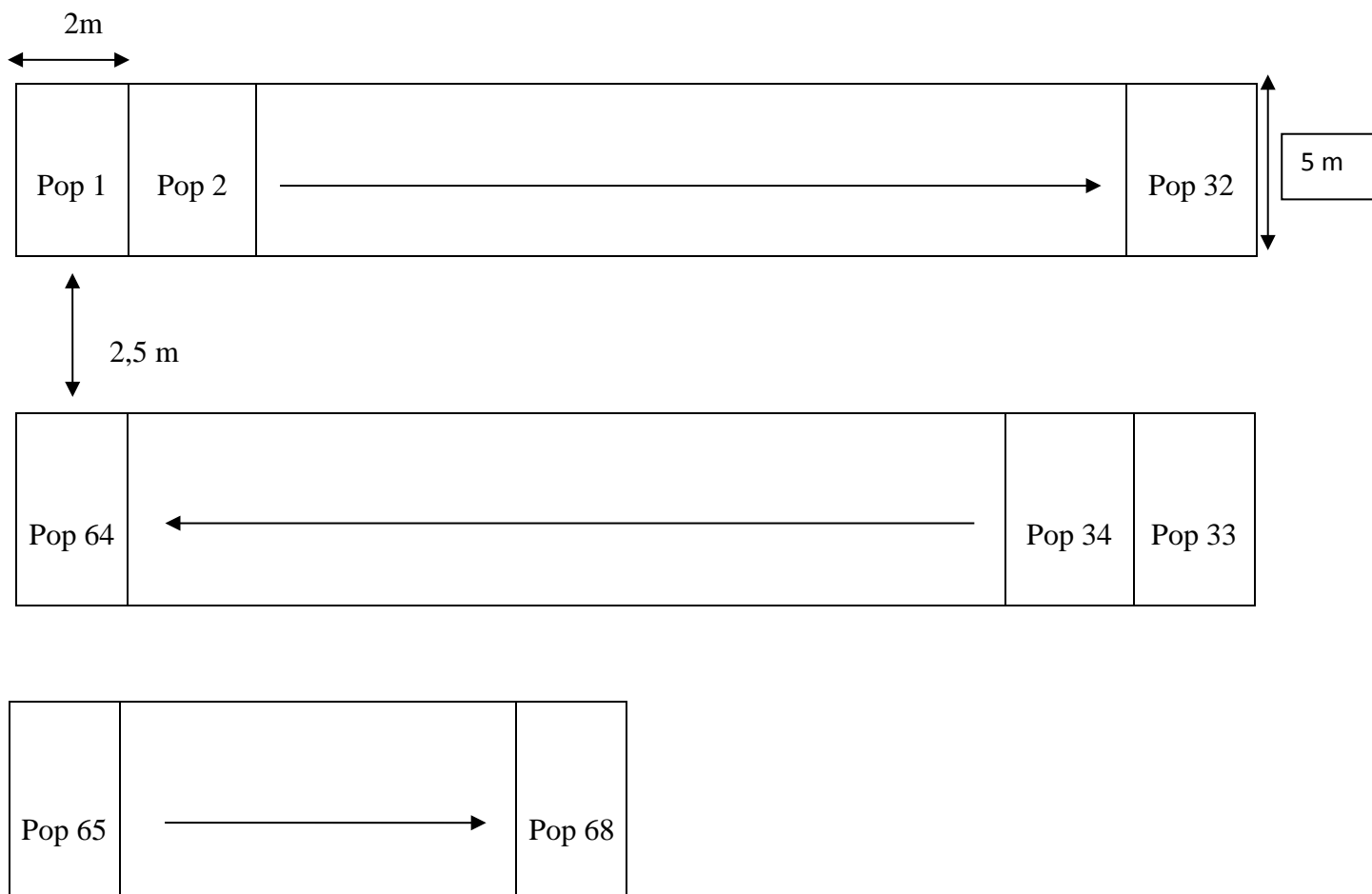


Figure 18: Plan de la parcelle d'expérimentation.

3. Notations et observations

La liste des descripteurs de *Vicia faba* L. (IBPGR et ICARDA, 1985) auquel on s'est intéressé lors de la caractérisation et l'évaluation agronomique des 68 populations étudiées est détaillé ci-dessous.

1-Données végétatives :

1-1 . Croissance de la plante

1. Déterminée : tiges avec inflorescence terminale
2. Semi-déterminée
3. Indéterminée : tiges sans inflorescence terminale

1-2. Taille des folioles

A observer sur les folioles aux niveaux des nœuds intermédiaires.

3. Petites
5. Moyennes
7. Grandes
- X. Mixte

1-3. Forme des folioles

A observer sur les folioles aux niveaux des nœuds intermédiaires.

1. Etroite
2. Intermédiaire
3. Arrondie
- X. Mixte

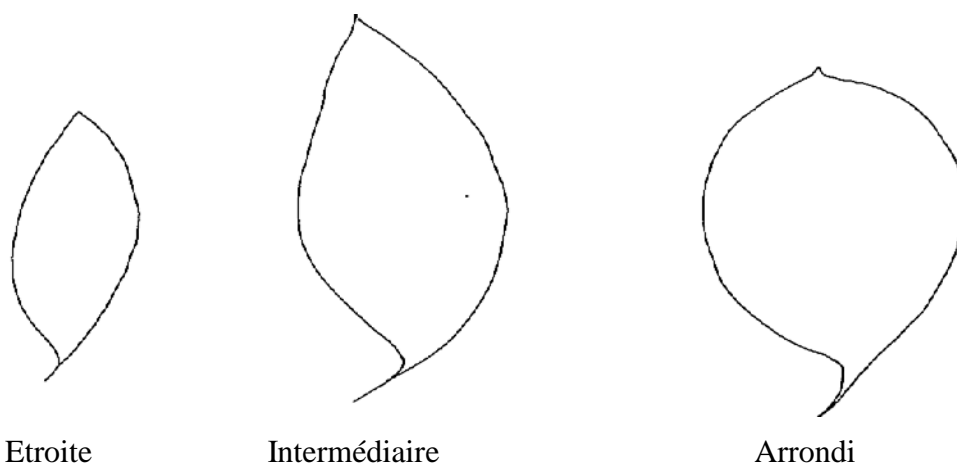


Figure 19: Formes de folioles utilisées par les descripteurs (IBPGR et ICARDA, 1985).

1-4. Nombre des folioles

Le nombre de folioles a été calculé sur la base de 5 feuilles à raison d'une feuille par plante.

1-5. Ramification à partir des nœuds supérieurs

0. Pas de ramification

+ . Ramification

X. Mixte

1-6. Hauteur de la plante (en cm)

La hauteur de la plante est mesurée à la maturité de la base au sommet de la plante. Moyenne de 3 plantes.

2-Inflorescence et fruit

2-1. Couleur de la fleur

1. Blanc

2. Violet

3. Marron foncé

4. Marron clair

5. Rose

6. Rouge

7. Jaune

8. Autres (à spécifier)

X. Mixte

2-2. Intensité des stries

Les stries sont observées sur l'étendard.

0. Pas de stries

3. Stries légères

5. Stries modérées

7. Stries intenses

X. Mixte

2-3. Couleur des ailes

1. Uniformément blanche

2. Uniformément colorée

3. Avec spots

X. Mixte

2-4. Angle des gousses à la maturité

1. Erigé

2. Horizontal

3. Penché

X. Mixte

2-5. Forme des gousses

1 .Sub-cylindriques

2. Aplaties contractées

3. Aplaties non contractées

X. Mixte

2-6. Eclat de la surface des gousses

1. Matte

2. Brillante

X. Mixte

2-7. Couleur des gousses à la maturité

1. Légère (jaune)

2. Foncée (marron/ noire)

X. Mixte

2-8. Distribution des gousses sur la tige

1. Uniforme

2. Principalement basale

3. Principalement terminale (ou apicale)

X. Mixte

2-9. Longueur des gousses en cm

Longueur moyenne mesurée sur 5 gousses sèches.

3-Composantes du rendement

Chaque caractère a été calculé sur la base de la moyenne de 5 plantes par parcelle élémentaire.

3-1. Nombre de tiges totales par plante

3-2. Nombre de tiges fructifères par plante

3-3. Nombre de gousses par plante

3-4. Nombre de graines par gousse

4-La graine

Les caractéristiques de la graine ont été mesurées sur les graines récoltées l'année dernière. En effet, la récolte de notre essai n'a pas encore été réalisée à la date de rédaction du présent document.

4-1. Longueur des graines

Ce nombre a été calculé sur la base de 10 graines par population.

4-2. Largeur des graines

Ce nombre a été calculé sur la base de 10 graines par population.

4-3. Epaisseur des graines

Calculé pour 10 graines pour chaque population.

La longueur, la largeur et l'épaisseur vont servir de base pour le calcul de la sphéricité Φ et le diamètre géométrique (D_g), selon les formules suivantes (Altuntas et Yildiz, 2007) :

$$D_g = (\text{longueur} \times \text{largeur} \times \text{épaisseur})^{1/3}$$

$$\Phi = \frac{[(\text{longueur} \times \text{largeur} \times \text{épaisseur})^{1/3}]}{\text{longueur}} \times 100$$

Il est à signaler que, pour la fève la sphéricité décroît, alors que D_g augmente. Contrairement à la féverole, où la valeur de la sphéricité augmente et celle de D_g diminue.

4-4. Poids de 100 graines

4-5. Couleur du hile

1. Noir
2. Incolore
3. Autre (à spécifier dans les notes du descripteur)
- X. Mixte

4-6. Forme de la graine

1. Aplatie
2. Angulaire

3. Ronde

X. Mixte

5-Réaction aux maladies cryptogamiques

Trois maladies cryptogamiques ont été mesurées: tâche chocolatée, anthracnose et la rouille. L'échelle de notation utilisée par l'ICARDA (Annexe 1) allant de 1 à 9: 1 pour faible attaque et 9 pour forte attaque.

4. Conditions climatiques du Domaine Expérimentale de Douyet

Dans les dernières décennies, le régime des précipitations est de plus en plus aléatoire à cause du changement climatique qu'a connu notre planète (Amigues et *al.*, 2006).

Le Domaine Expérimental de Douyet se positionne géographiquement à une latitude de 34°04 N, une longitude de 5°07 W et une altitude de 416 m. Le climat est de types méditerranéen caractérisé par des hivers très froids et humide et des étés chauds et secs.

La pluviométrie des 9 derniers mois est de 701,6 mm.

Les précipitations se répartissent ainsi sur les mois par ordre décroissant :

- Le mois le plus pluvieux est celui de Mars avec 194 mm,
- suivi par le mois de Décembre avec 121 mm,
- puis Janvier qui a connu des précipitations de 100,8 mm,
- Octobre avec 83,2 mm,
- Février avec 68 mm,
- ensuite Décembre qui a enregistré des précipitations de 35,4 mm,
- puis Septembre qui n'a enregistré que 33,4 mm,
- Mai ou les précipitations en atteints 34 mm,
- enfin le mois d'Avril avec 31,8 mm.

La figure 20 représentant la répartition des précipitations mensuelles au Domain Expérimental de Douyet, durant la campagne 2012-2013.

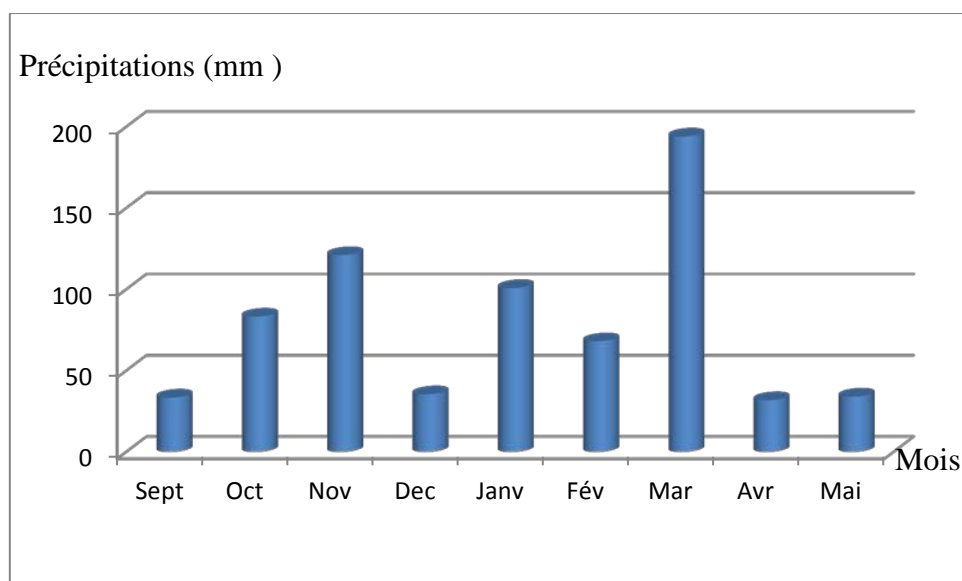


Figure 20: Précipitations en mm au niveau du Domaine Expérimental de Douyet, durant la campagne 2012-2013.

La pluviométrie excessive, qu'a connue la station expérimentale, avait pour conséquences :

- ✓ Un retard dans l'installation des essais.
- ✓ Des difficultés d'accès aux parcelles d'expérimentation.
- ✓ Le développement des mauvaises herbes.
- ✓ Le développement des maladies cryptogamiques.
- ✓ La prolifération des pucerons.

RESULTS

I. Analyse univariée

1. Données végétatives

1.1. Type de croissance

Le type de croissance pour toutes les populations étudiées était le même: Il s'agit d'une croissance indéterminée.

1.2. Taille des folioles

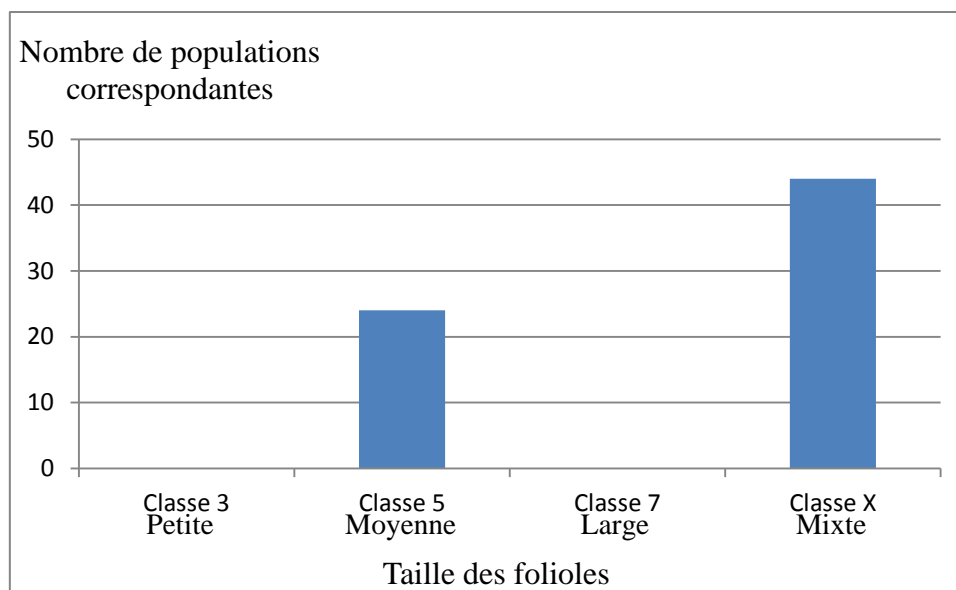


Figure 21: Répartition des 68 populations étudiées en fonction des tailles des folioles.

La figure 21 montre que, seulement 24 populations étaient homogènes pour ce caractère et avaient une taille moyenne des folioles. Le reste des populations (44) étaient hétérogène pour la taille des folioles (allant de la petite à la foliole large) (figure 21).

1.3. Forme des folioles

Nous retrouvons la même tendance des populations en mélange observée pour la taille des folioles. Ainsi, seulement 23 populations étaient homogènes et ont des folioles de forme intermédiaire (figure 22)

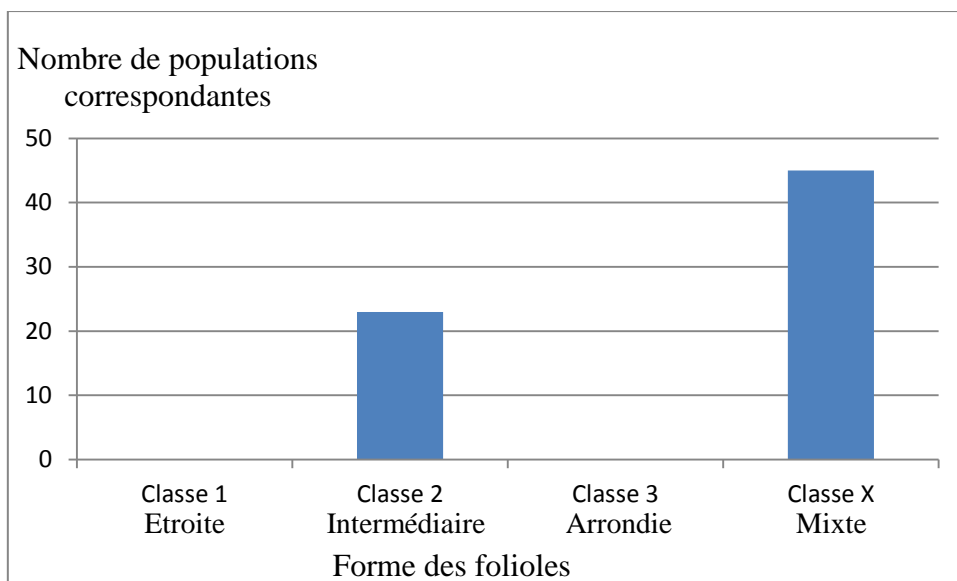


Figure 22: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la forme des folioles.

1.4. Nombre des folioles

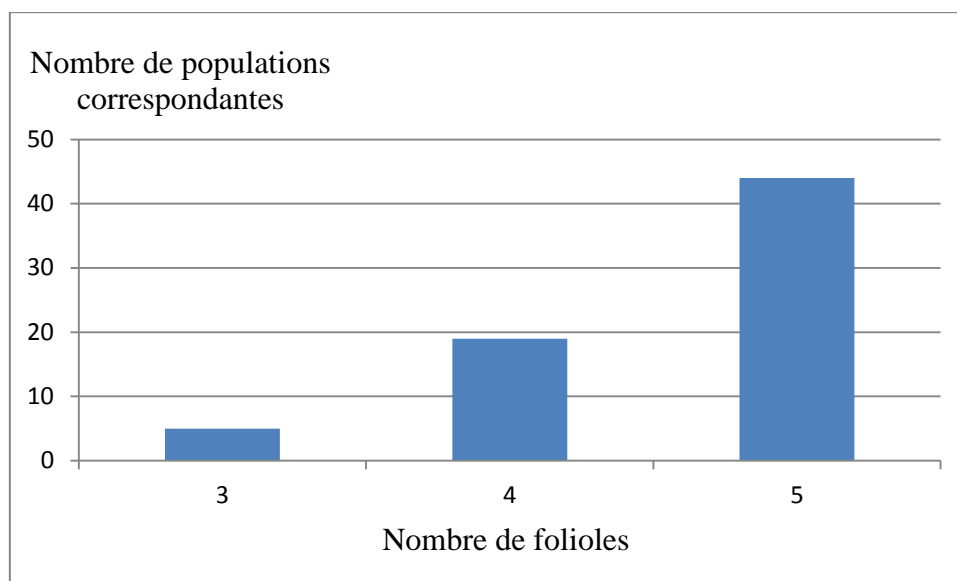


Figure 23: Répartition des 68 populations étudiées en fonction du nombre des folioles.

La figure 23, permet de montrer que:

Le nombre de 5 folioles est le plus répandu dans les populations étudiées. Il est représenté par 45 populations.

Le nombre 4 folioles contient 18 populations.

Le nombre 3 folioles n'est représenté que par 5 populations.

1.5. Ramification à partir des nœuds supérieurs

Comme pour le type de croissance, toutes les populations ne présentent pas de ramification à partir des nœuds supérieurs de la plante.

1.6. Hauteur de la plante

La figure 24, montre que les hauteurs de, 60 à 70 cm et de 70 à 80 cm, sont les classes les plus répondues. Ces deux classes sont respectivement composées de 27 et 26 populations. Ensuite, il y a les classes 80-90 et 50-60 cm représentées respectivement par 8 et 7 populations.

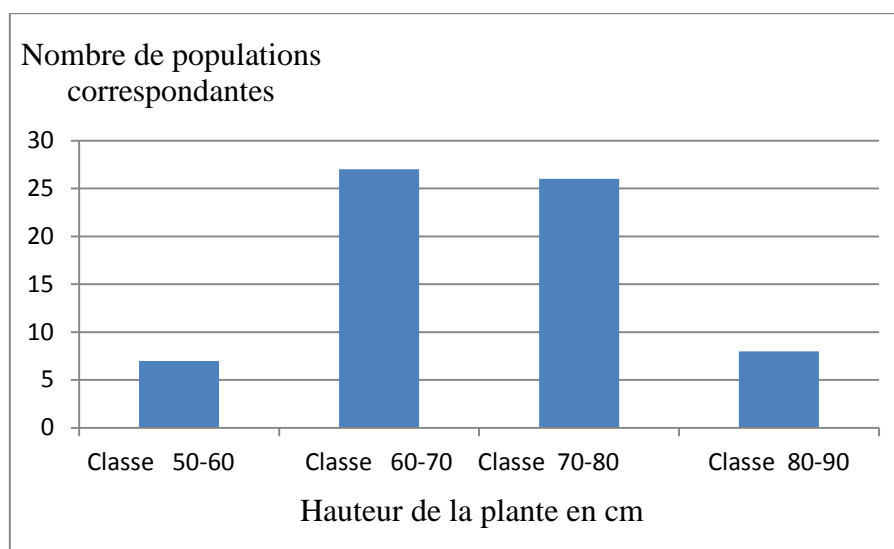


Figure 24: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la hauteur des plantes.

2. Données de l'inflorescence et des fruits

2.1. Couleur de la fleur

Le caractère coloration des fleurs a permis de subdiviser les 68 populations étudiées en deux classes seulement :

La classe X: Populations à coloration mixte, où il y a un mélange des fleurs blanches, violette et rose. Cette classe est représentée par 47 populations.

La classe 5: Coloration rose des fleurs, représentée par 21 populations.

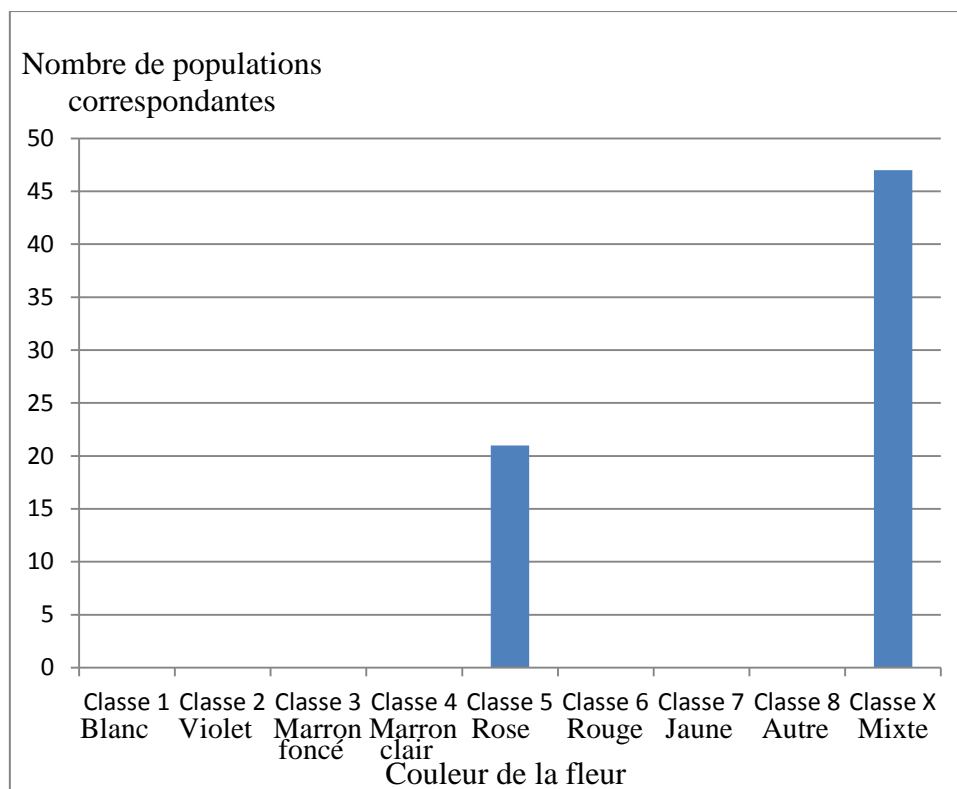


Figure 25: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la coloration des fleurs.

2.2. Intensité des stries.

La figure 26, montre que les deux classes 5 et X sont les seules observées au sein des populations étudiées :

La classe 5 (stries modérées) est la classe qui domine, représenté par 55 populations.

La classe X (stries mixtes) est représentée par 13 populations. Ce sont des populations en mélange ayant des stries modérées et des stries intenses.

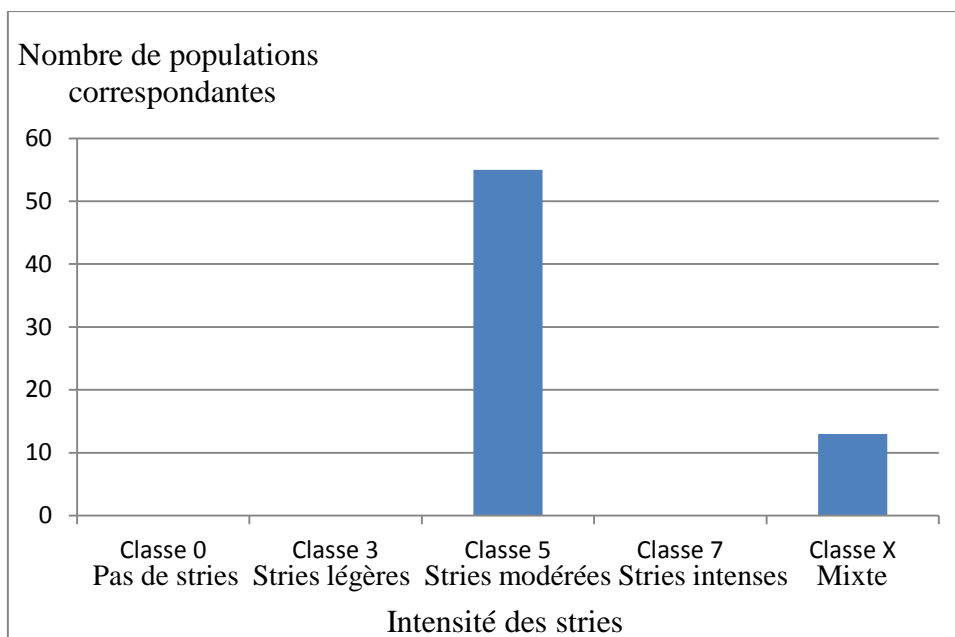


Figure 26: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de l'intensité des stries.

2.3. Couleur des ailes.

Toutes les populations étaient identiques concernant la couleur des ailes: Des ailes avec spots (le numéro 3 sur la liste des descripteurs)

2.4. Angle des gousses à la maturité

Selon la figure 27, les populations qui possèdent l'angle des gousses mixte à la maturité sont les plus dominantes. La classe X regroupe les populations en mélange pour le caractère érigé, horizontal et penché. Elle est représentée par 44 populations, suivie par la classe 1 (angle des gousses érigé à la maturité) qui est symbolisée par 19 populations. Enfin les gousses à angle penchés ne sont représentées que par 5 populations.

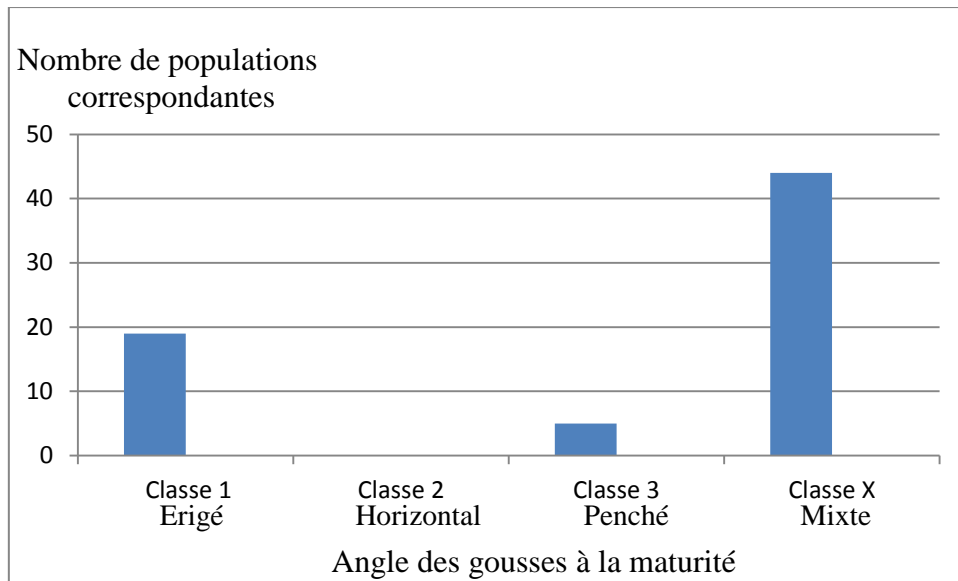


Figure 27: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de l'angle des gousses à la maturité.

2.5. Forme des gousses

La figure 28 montre que, la classe X est la classe dominante constituée par 28 populations en mélange ayant les gousses sub-cylindriques et aplaties.

La classe 1 (gousses sub-cylindrique) est profilée par 21 populations.

Enfin, la classe 2 (gousses aplaties contractées) n'est constituée que de 19 populations.

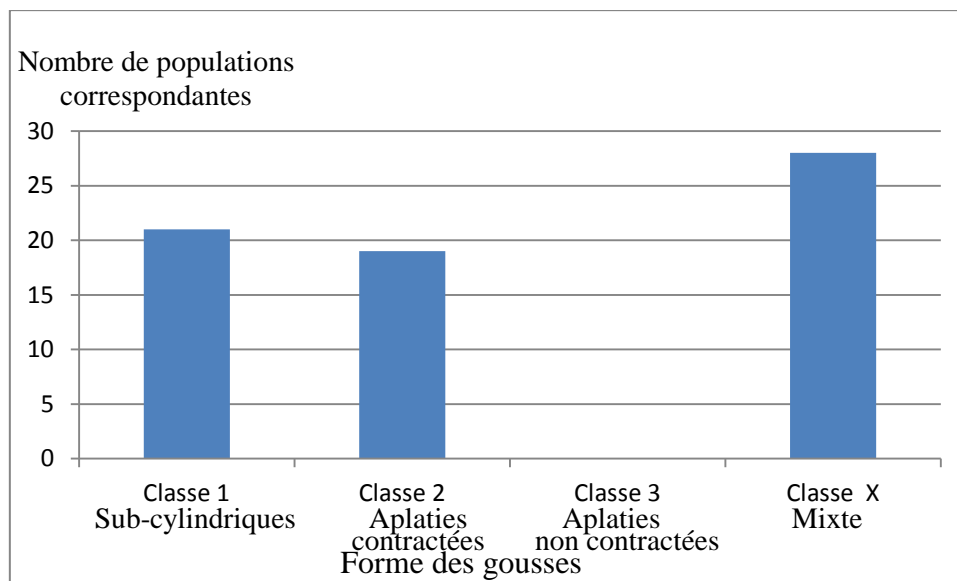


Figure 28: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la forme des gousses.

2.6. *Eclat de la surface des gousses*

Les populations avec un éclat mixte (gousses brillantes et mates) de leurs surfaces des gousses sont les populations les plus répandues (figure 29). Cette classe est exprimée par 59 populations, suivie par la classe 1 (gousses à éclat matte) qui n'est symbolisée qu'avec 5 populations et enfin la classe 2 (gousses brillantes) ne contient que 4 populations.

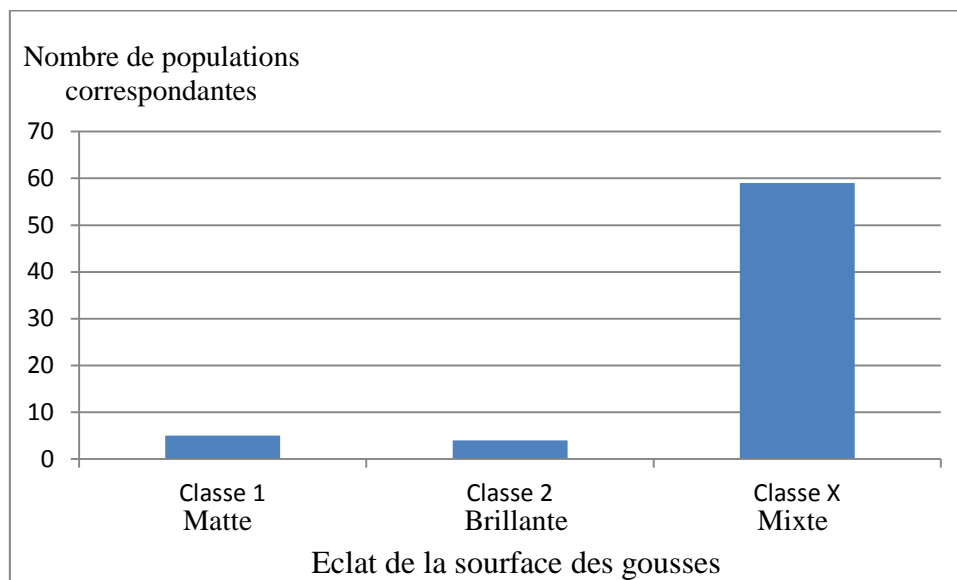


Figure 29: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de l'éclat de la surface des gousses.

2.7. *Couleur des gousses à la maturité*

Les populations étudiées étaient toutes de couleur légère (jaune).

2.8. *Distribution des gousses sur la tige*

La classe X (distribution mixte des gousses) est la classe la plus répandue dans nos populations étudiées. Elle est exprimée par 58 populations (Figure 30).

La classe 3 (distribution principalement terminale des gousses) est profilé par 5 populations.

La classe 1 (distribution uniforme des gousses) est l'avant dernière classe elle est symbolisée par 4 populations.

La classe 2 (distribution principalement basale des gousses) ne contient qu'une seule population.

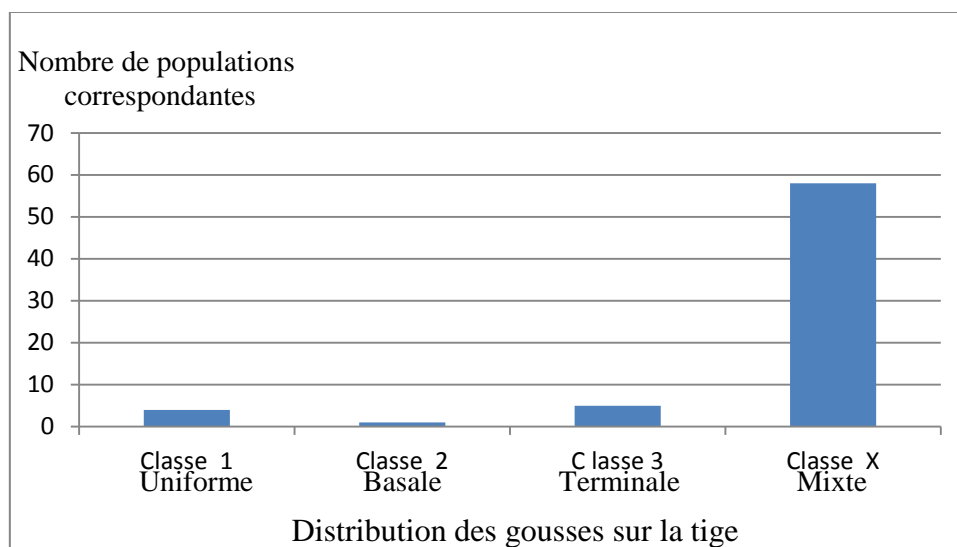


Figure 30: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la distribution des gousses sur la tige.

2.9. Longueur des gousses

La longueur des gousses (cm) pour les différentes populations étudiées (figure 31) montre que :

Les classes 6-8, 12-14 cm, sont les classes les plus répandues. Chacune est représentée par 16 populations,

Puis la classe 10-12 cm, symbolisée par 15 populations,

La classe 14-16 cm est représentée par 8 populations,

Les classes 8-10 et 16-18 cm contiennent chacune 6 populations,

Enfin, la classe 18-20, avec une seule population.

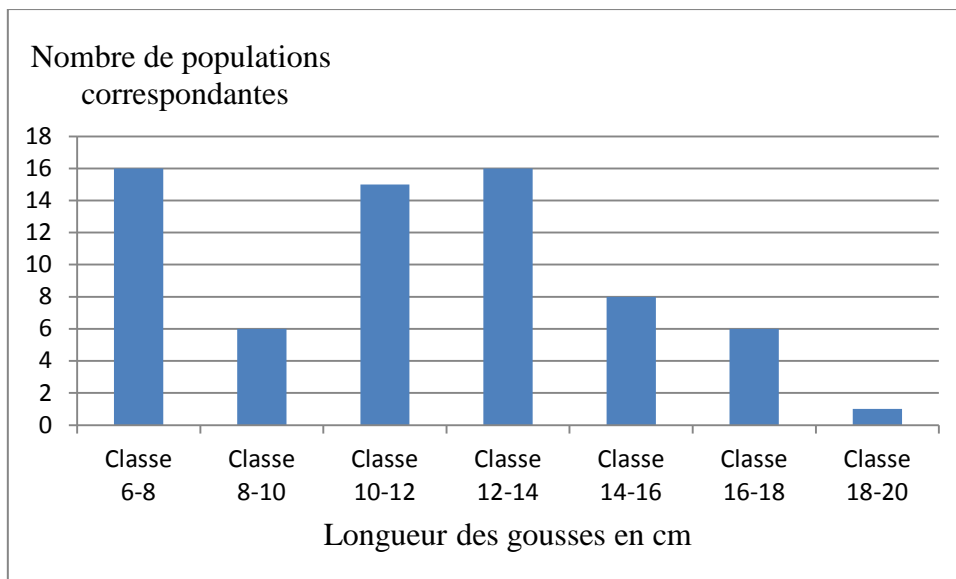


Figure 31: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la longueur des gousses.

3. Composantes du rendement

3.1. Nombre de tiges totales par plante

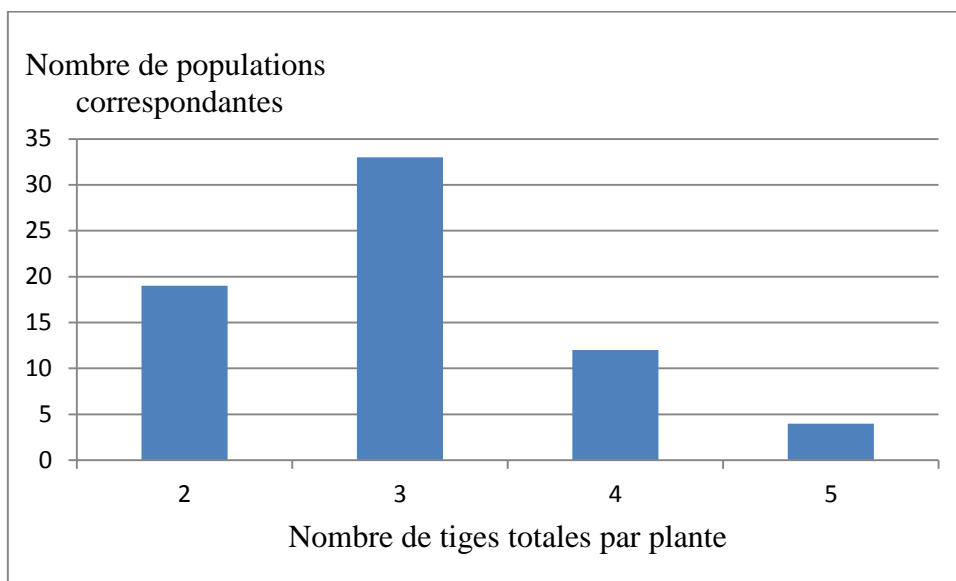


Figure 32: Répartition des 68 populations étudiées en fonction du nombre de tige totale par plante.

Il est à signaler que 33 populations des populations étudiées ont 3 tiges par plante, suivi par 19 populations à 2 tiges. 12 populations ont 4 tiges et 4 populations n'ont produit que 5 tige par plante (figure 32).

3.2. Nombre de tiges fructifères par plante

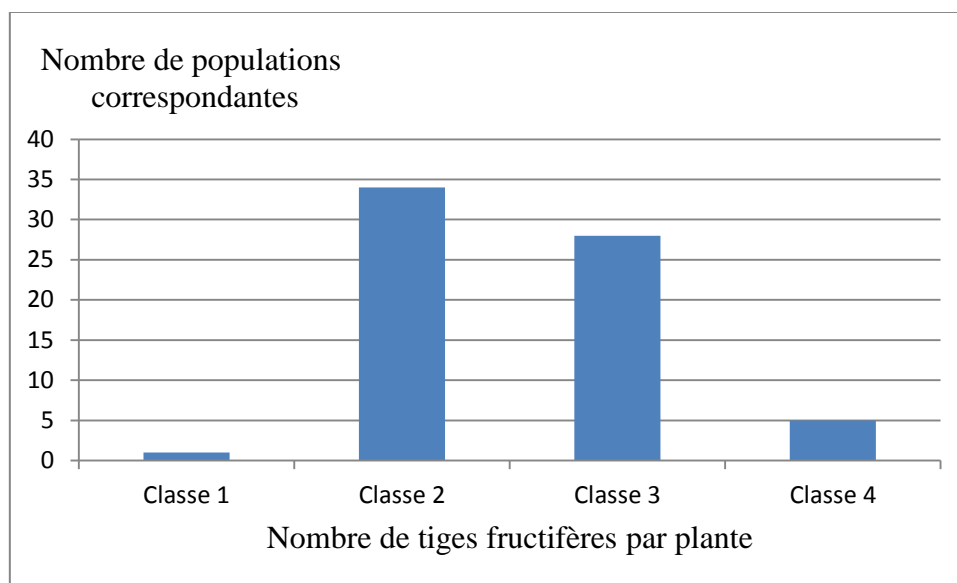


Figure 33: Répartition des 68 populations étudiées en fonction du nombre de tiges fructifères par plante.

La figure 33, montre que la moitié des populations étudiées (soit 34) ont 2 tiges fructifères, suivi par 28 populations à 3 tiges fructifères. 5 populations ont produit 4 tiges fructifères et une seule population n'a produit qu'une tige fructifère par plante.

3.3. Nombre de graines par gousse

Les gousses qui ont un nombre de graines égal à 3 et 2, sont chacune représentées par 28 populations. 10 populations ont 4 graines par gousses et seulement 2 populations ont 5 graines par gousses.

Nous avons noté, lors de la collecte des données, qu'il y a beaucoup d'avortement d'ovules réduisant ainsi le nombre de graine par gousse.

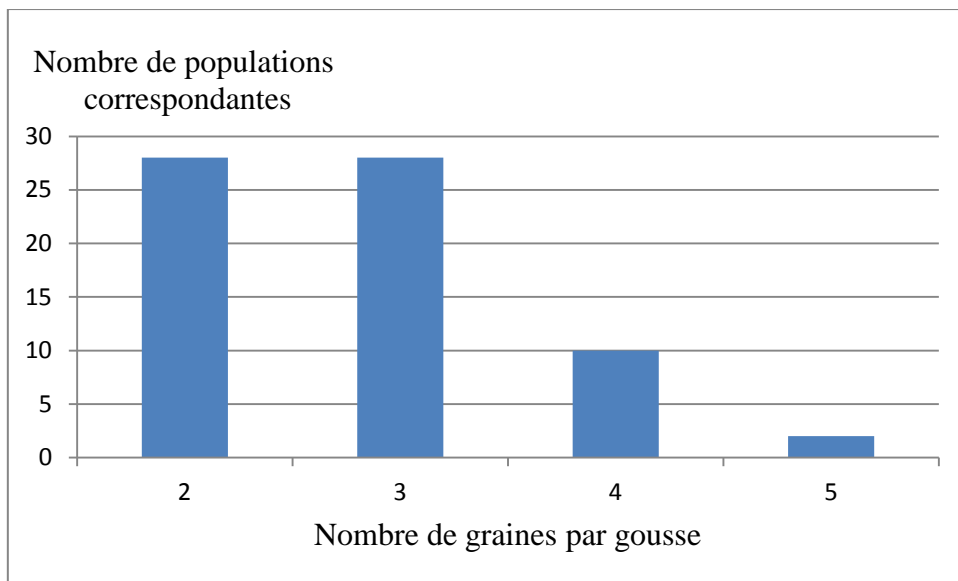


Figure 34: Répartition des 68 populations étudiées en fonction du nombre de graines par gousse.

4. Graine

4.1. Couleur du hile

La couleur du hile montre que : Toutes les populations étudiées ont eu un hile noir.

4.2. Forme de la graine

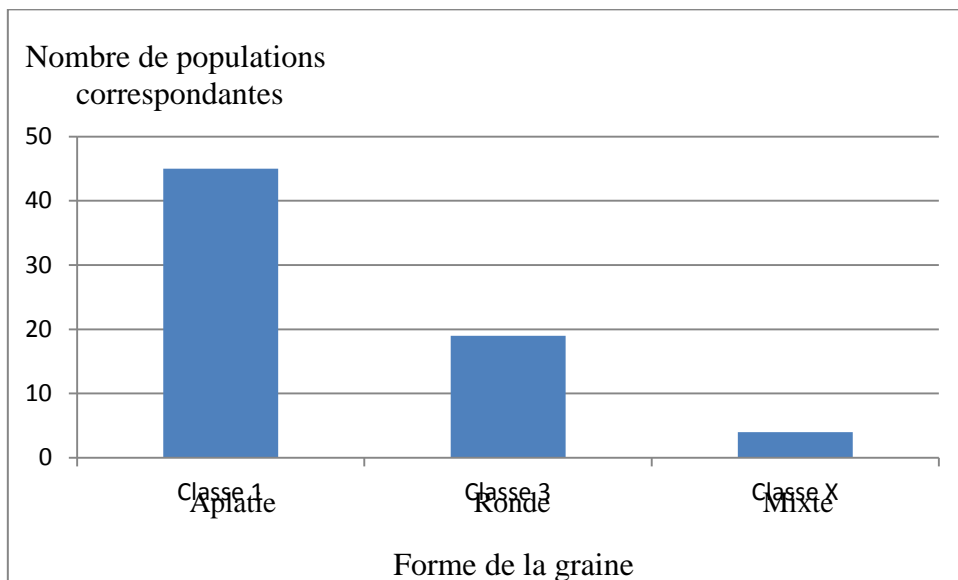


Figure 35: Répartition des 68 populations étudiées en fonction de la forme de la graine.

Le caractère graine aplatie (classe 1) a été observé sur 45 populations parmi 68, 19 population avec des graines rondes représenté par la classe 3, et enfin la classe X qui regroupe des graines aplaties et rondes n'a été notée que pour 4 populations (figure 35).

5. Réaction aux maladies cryptogamiques

Tableau 7: Sévérité des maladies cryptogamiques sur les populations étudiées.

Maladies	Sévérité*
Tâche chocolatée	5 (4-7)
Anthracnose	2 (1-3)
Rouille	3 (3-4)

* il s'agit de moyenne (minimum-maximum)

L'attaque de l'anthracnose et la rouille n'a pas été importante dans les conditions de cette campagne. La tâche chocolatée a été plus sévère. Nous avons noté que 7 populations ont été notées comme modérément résistantes à la maladie de la tâche chocolatée.

II. Corrélation des composantes de rendement

Les 68 populations étudiées ont été subdivisés en fève, févrette et féverole, sur la base du poids de 100 graines, mesurés sur les graines collectées l'année dernière. Nous n'avons pas pu mesurer le poids de 100 graines de cette année car la récolte n'a pas été encore réalisée à cette date.

Nous avons utilisé les corrélations partielles de Pearson.

1. La fève

L'analyse des corrélations partielles, de ces composantes de rendement chez la fève, nous a permis de tirer les points suivants (Tableau 8):

- ✓ Le nombre de graines par gousse est fortement corrélé à la longueur des gousses.
- ✓ Le nombre de tiges fructifères par plante est :
 - fortement corrélé au nombre de tiges totales par plante
 - moyennement corrélé au nombre de gousses.

Tableau 8: Corrélations partielles entre les composantes de rendement chez la fève.

	Hauteur	Nombre de tiges totales par plante	Nombre de tiges fructifères par plante	Nombre de gousses par plante	Nombre de graines par gousse	Longueur des gousses
Hauteur	1					
Nombre de tiges totales par plante	-0,116	1				
Nombre de tiges fructifères par plante	-0,050	0,802	1			
Nombre de gousses par plante	0,180	0,511	0,629	1		
Nombre de graines par gousse	-0,277	0,340	0,065	-0,335	1	
Longueur des gousses	-0,333	0,362	0,108	-0,233	0,867	1

2. La févrette

Le tableau 9, permet de déduire que la corrélation est forte entre :

- ✓ Le nombre de tiges totales par plante et le nombre de tiges fructifères par plante,
- ✓ le nombre de graines par gousse et la longueur des gousses.

De plus, des corrélations moyennes négatives ont été constatées entre :

- ✓ D'un côté la hauteur d'un côté et de l'autre, le nombre de tiges totales par plante, le nombre de tiges fructifère totales par plante et la longueur des gousses,
- ✓ et même entre le nombre de gousses par plante et le nombre de graines par gousses.

Tableau 9: Corrélations partielle entre les composantes de rendement chez la févrette.

	Hauteur	Nombre de tiges totales par plante	Nombre de tiges fructifères par plante	Nombre de gousses par plante	Nombre de graines par gousse	Longueur des gousses
Hauteur	1					
Nombre de tiges totales par plante	-0,690	1				
Nombre de tiges fructifères par plante	-0,700	0,850	1			
Nombre de gousses par plante	-0,087	0,173	0,487	1		
Nombre de graines par gousse	-0,466	0,385	0,064	-0,789	1	
Longueur des gousses	-0,743	0,587	0,31	-0,525	0,859	1

3. La féverole

Le tableau 10 résume les corrélations partielles des composantes de rendement chez la féverole.

A partir de ce tableau nous pouvons tirer les points suivants :

- ✓ Le nombre de tiges totales par plante et le nombre de tiges fructifères par plante sont très fortement corrélés.
- ✓ Le nombre de tige fructifères par plante et le nombre de gousses sont fortement corrélés.
- ✓ Le nombre de gousses par plante est fortement corrélé :
 - au nombre de tige totales par plante
 - et au nombre de tiges fructifères par plante.

Tableau 10: Corrélations partielle entre les composantes de rendement chez la féverole.

	Hauteur	Nombre de tiges totales par plante	Nombre de tiges fructifères par plante	Nombre de gousses par plante	Nombre de graines par gousse	Longueur des gousses
Hauteur	1					
Nombre de tiges totales par plante	0,459	1				
Nombre de tiges fructifères par plante	0,417	0,953	1			
Nombre de gousses par plante	0,275	0,751	0,816	1		
Nombre de graines par gousse	0,24	0,029	-0,113	-0,289	1	
Longueur des gousses	0,084	-0,166	-0,185	0,061	0,37	1

III. Analyse multivariées: Analyse en composantes principales ACP

L'Analyse en Composante Principale (ACP) fait partie des analyses descriptives multivariées.

Le but de cette analyse est d'extraire l'essentiel de l'information contenue dans un tableau de données et d'en fournir une représentation se prêtant plus aisément à l'interprétation. Ceci en résumant le maximum d'informations possibles dans un espace de dimension réduite (par exemple 2) en déformant le moins possible la réalité. Il s'agit donc d'obtenir un résumé le plus pertinent possible des données initiales.

Ainsi, elle sert à :

- faciliter l'interprétation d'un grand nombre de données initiales
- et donner plus de sens aux données réduites.

1. Choix des variables

Les variables retenues (au nombre de 10) pour cette analyse l'ont été sur la base de leurs interactions. Ainsi, les variables non corrélées ou faiblement corrélées ont été retirées de cette analyse.

2. Choix du nombre d'axes à retenir

Nous notons que le plan des composantes 1 et 2 explique 63,609% de la variabilité totale des variables étudiées. Ainsi, nous nous limiterons à ce plan des composantes principales 1 et 2 (Tableau 11).

Tableau 11: Eigenvalue et pourcentage de variabilité des 10 composantes principales (CP)

CP	Eigenvalue	% variabilité
1	4,18897	41,89
2	2,17194	21,719
3	1,43549	14,355
4	1,09563	10,956
5	0,547434	5,4743
6	0,235183	2,3518
7	0,180715	1,8072
8	0,0862684	0,86268
9	0,05837	0,5837
10	2,85149 E -31	2,8515 E-30

3. Graphe sur le plan factoriel(1,2)

La projection de l'ACP, réalisée sur le plan factoriel 1 et 2, est représentée en figure 36.

L'axe 1 est corrélé

- ✓ positivement avec la sphéricité, le nombre de gousses et la forme des gousses
- ✓ et négativement au diamètre géométrique et la longueur des gousses.

Ainsi, l'axe 1 oppose du côté positif les féveroles et du côté négatif les fèves.

L'axe 2 est corrélé :

- ✓ fortement avec la taille et la forme des folioles
- ✓ moyennement avec la forme des gousses
- ✓ et légèrement avec le nombre de graines par gousses et la longueur des gousses

Au vu de la figure 36, nous pouvons distinguer 9 groupes :

Les groupes 1, 2, 3, 4 et 5, situés sur la partie positive de la composante principale 1, sont constitués en quasi-totalité par des féveroles. Ce qui est en parfaite concordance avec la signification de l'axe 1.

Le groupe 1, constitué par une seule population Féverole 14, est une féverole ayant la plus petite taille du grain et des folioles de type moyen concernant la taille et la forme et un nombre de graines par gousse avoisinant les moyennes des populations.

Le groupe 2 est semblable au groupe 1, mais il possède une taille de graines plus grande que pour le groupe 1.

Le groupe 3, composé par les populations de féverole 11 et 19, sont de type féverole et ont un nombre de graines par gousses parmi le plus bas.

Le groupe 4 a les mêmes caractéristiques que le groupe 3 mais avec des graines légèrement plus grandes que pour le groupe 3.

Le groupe 5, constitué par la féverole 33 et la févette 3. Au vu des résultats, ces populations sont à la limite entre la séparation des féveroles et févette en se basant sur le poids du grain.

Le groupe 6, constitué par des populations de fève et de févette, est caractérisé par une taille des graines moyennes et un nombre de graines par gousse importantes, des gousses légèrement longues et des folioles de grande taille et forme.

Le groupe 7 est constitué par 16 populations de fève et 1 seule févette. Ce groupe est caractérisé par le nombre de graines par gousse relativement moyen et une graines de type féverole.

Le groupe 8 diffère du groupe 7 par un nombre de graines par gousse faible.

Le groupe 9 est constitué par la population de févette 10, dont le poids du grain est à la limite des févettes, et possède un nombre de graines par gousses faibles.

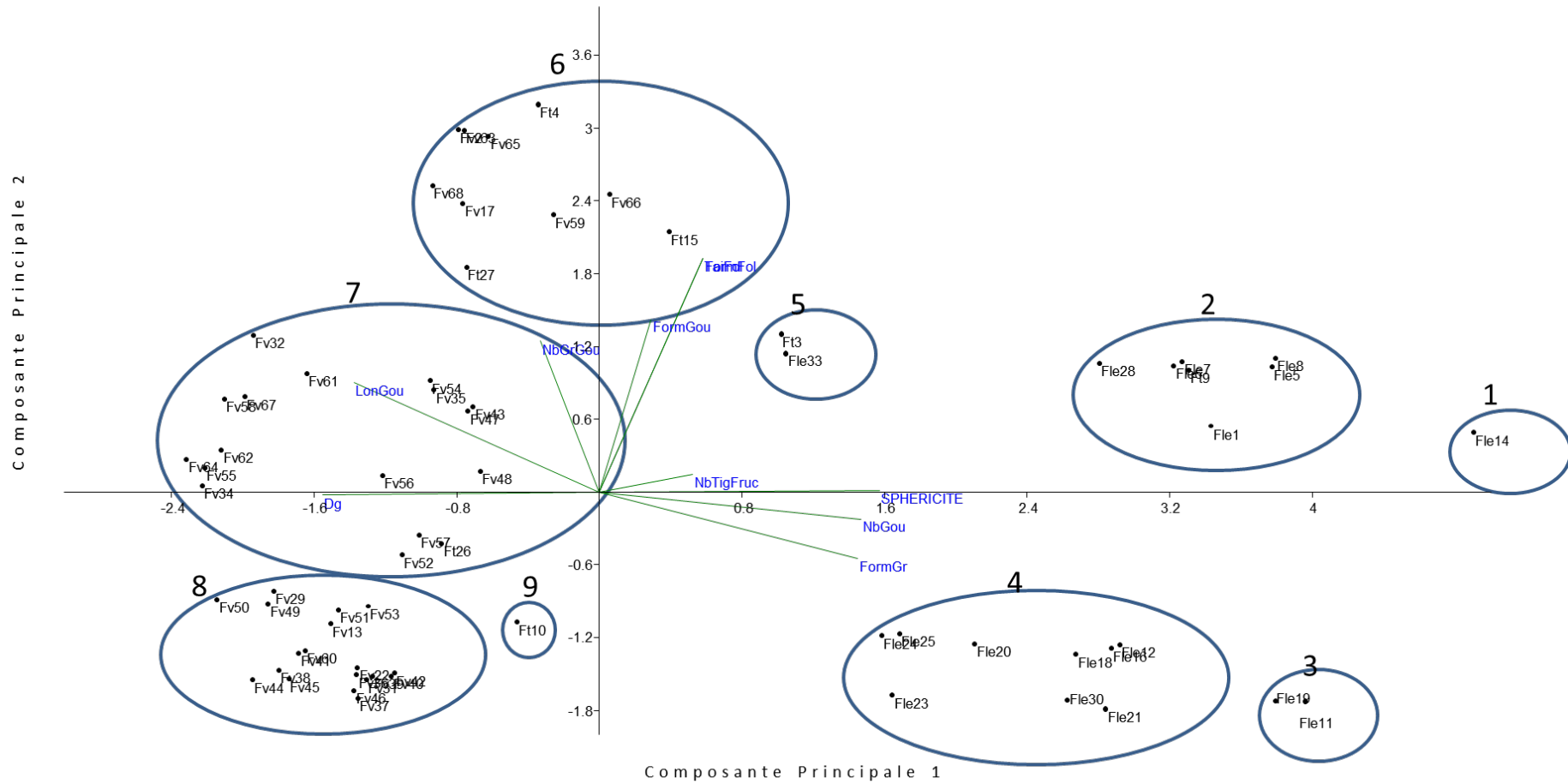


Figure 36: Projection des individus et des variables sur le plan factoriel 1 et 2.

DISCUSSIONS

La caractérisation des 68 populations étudiées nous a permis de construire une base de données en nous basant sur les descripteurs de *Vicia faba* L. (IBPGR et ICARDA, 1985). Nous avons pu noter une grande variabilité entre les populations pour les caractères étudiés. De plus, un grand nombre de population ont présenté une grande variabilité pour un certain nombre de caractères comme la taille et la forme des folioles, la couleur de la fleur, l'intensité des stries, l'angle de la gousse à maturité. De plus, les composantes de rendement ont montré une grande variabilité. Par la caractérisation et l'évaluation des ressources phytogénétiques locales dans les programmes de sélection, la variabilité existante est mieux documentée rendant facile la tâche de l'améliorateur dans le choix des génotypes intéressant pour atteindre les objectifs de son programme en fonction des critères visés :

- ❖ Un sélectionneur, qui cherche l'amélioration du rendement de la féverole, retiendra les populations 28, 1, ou autres des groupes 1, 2 et 5 de la figure 36.
- ❖ Si le sélectionneur vise à augmenter le rendement des fèves il utilisera la population 17 et pour la févette, la population 15, les populations qui ont un nombre élevé de graines par gousse sont représentées par le groupe 6.
- ❖ Pour un faible nombre de graines par gousses, les populations de féverole recommandées sont les populations 20, 21, 25 (groupe 4) et pour la fève et la févette, les populations des groupes 8 et 9 sont recommandées.
- ❖ Les populations 10 et 11 de féverole donnent un très faible nombre de graines par gousse.

Conclusion

Générale et

perspective

La culture des fèves est d'une très grande importance, dans la filière des légumineuses alimentaires. Au niveau national, elle occupe à peu près la moitié de la superficie emblavée en légumineuses alimentaires. Cependant cette culture souffre de plusieurs contraintes abiotiques comme les variations climatiques, et abiotiques, comme les maladies cryptogamiques et l'orobanche.

L'utilisation d'un matériel local peu performant et sensible à tout type de contraintes, même l'érosion des ressources génétiques, demeurent les principaux fléaux menaçant cette culture dans notre pays. Afin de surmonter ces menaces, les ressources génétiques de *Vicia faba* L. doivent être collectées et caractérisées en premier lieu avant d'être proposées pour être intégrées dans un programme d'amélioration génétique.

Des populations locales de fève, féverole et févette ont été collectées en 2012 des régions de Fès, Taza, Taounate, KariaBa Mohamed, Chefchaouen et Tétouan. La caractérisation et l'évaluation de ces populations a permis de décrire ces populations, d'estimer le degré de corrélation et de variabilité de leurs caractéristiques.

L'analyse multivariée a permis de distinguer 9 groupes. Ce regroupement pourra servir de base pour la constitution de pools génétiques. En ce sens que les populations d'un même groupe peuvent être mélangées, préservées et multipliées en groupe. Ceci permet de réduire le nombre d'échantillons à conserver.

Ainsi, une base de données de ces 68 populations a été constituée. Elle servira de base pour le travail pour l'amélioration.

La collecte du germoplasme de *Vicia faba* L. devra être poursuivie dans d'autres régions du Maroc afin de couvrir une plus grande diversité génétique de cette espèce. En effet, comme le Maroc est considéré comme un centre de diversité de *Vicia faba* L., nous sommes encore loin d'avoir collecté un maximum de la variabilité existante.

En se référant à la base de données, incluant la caractérisation morphologique, l'évaluation agronomique préliminaire et l'étude de la variabilité génétique, l'améliorateur pourra retenir les populations pouvant être intéressantes pour atteindre ses objectifs et puis, par la suite, les tester dans les zones agro-écologiques visées par son programme. De l'autre côté, le responsable de la banque des gènes pourra regrouper les populations en un ensemble de groupes plus réduit constituant la collection de base ("Core collection") et qui représente toute la variabilité. Ceci permettra de réduire les coûts liés au stockage et au maintien des populations collectées sans perte de variabilité

Références

Bibliographiques

- Altuntas, E. et Yilzid, M. 2007.** Effect of moisture on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. *Journal of Food Engineering* 78 (2007) 174-183.
- Amigues J.P., P. Debaeke, B. Itier, G. Lemaire, B. Seguin, F. Tardieu, A. Thomas. 2006.** Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 72 p.
- Anonyme. 2007.** Rapport National Sur l'Etat Des Ressources Phytogénétiques Pour l'Alimentation et l'Agriculture. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (RPGAA). 44pp.
- Bernier, C. , S. B. Hanounik, M. , H. Mustapha and A. M. Housni. 1984.** Guide pratique des maladies de la fève à Ouad Nil. (en Arabe). Bulletin No.3, ICARDA.
- Bond, D.A., and M.H. Poulsen. 1983.** Pollinisation. In: *The Faba Bean (Vicia faba L.)*. Hebblethwaite P.D. (Eds.), Butterworth, London: 77-101.
- Bond, D. A., D. A. Lawes, G. C Hautin, M. Saxena, and J. H. Stephens. 1985.** Faba Bean (*Vicia faba* L.) In *Grain Legume Crops*: Edited by R. J. Summerfiel and E. H. Roberts. p. 199-265.
- Bos, L. , 1982.** Virus Diseases of Faba Beans. In *Faba Bean Improvement*: Edited by C. C. Hawtin and C. Webb, *World Crops: Production, Utilization, Description*, Vol. 6, p. 233-242
- Bleton, C. 1943.** Les Orobanches « Pour les Détruire Cultiver du Lin ». *La Terre Marocaine* 13 (158): 4-6.
- Charriel, A. , M. Iourd, and J. Pernès. 1984.** La conservation des ressources génétiques. p. 193-228. In: *Gestion des Ressources Génétiques des Plantes*. Tome 2: Manuel. J. Pernès. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Paris. (Eds). 346 pp.
- Cubero, J. I. 1974.** On the evolution of *Vicia faba* L. *Theoret. app. Genet.* 45: 47-51.
- Dajoz, R. 2000.** *Eléments d'écologie*. Ed. Bordas. Paris, 5ème édition. 631pp.
- Fatemi, Z. 1996.** Situation de la Culture des Fève au Maroc. In: *Rehabilitation of Faba Bean*. Bertenbreiter W. and M. Sadiki (Eds.), 33-38.
- Fatemi, F., F. A. Abbad., and B. Sakr. 2005.** La création variétale à l'INRA méthodologie acquis et perspectives 139-145, Edited by Abbad Andaloussi, Abdalhaq Chahbar.

- Fischer, H.U. 1976a.** Identification of broad bean stain virus as the cause of a widespread disease of broad bean in Morocco. *Journal of plant Diseases and protection* 83: 332-337.
- Fischer, H.U. 1976b.** Les viroses des légumineuses. *Maladies et ravageurs des plantes cultivées au Maroc*, Tome 1: 71-83.
- Fischer, H.U. 1979.** Agents viraux isolés des cultures de fève, leur détermination et différenciation. *Al Awamia* 57: 41-72.
- Gaunt, R.F. 1983.** Shoot Diseases Caused by Fungal Pathogens. In: *The Faba Bean (Vicia faba L.)*. P.D. Hebblethwaite(Eds.), Butterworks , London UK, 463-492.
- Girard, C. 1983.** Féverole. *Techniques agricoles*. 2213. Encyclopédie, pp.1-9.
- Guignard, J.L. 1989.** Abrégés de botaniques, 5ème édition: 173-176.
- Gordon, M. M. 2004.** Haricots sec: Situation Prospectives et Agroalimentaire. Canada. p.1-7.
- Hamadache, A. 2003.** La féverole. *Inst. Tech. Gr. Cult (I.T.G.C)*, 13 p.
- Hanelet, P. 1972.** Die infraspezifische variabilated von *Vicia faba L.* in the Gliedewng. *Kulturpflanze* p: 75-128.
- Hawthorne W.,Bretag T.,RaynesM., Davidson J., Kimber R., NikandrowA., Matthews P. and Paull J. 2004.** Faba Bean Disease Management Strategy for Southern Region. Faba bean disease. Mgt brochure 4724e. pp.4. GRCD. Australie
- Hebblethwaite, P. 1982.** The Effects of water stress on the Growth, Development and Yield of *Vicia faba L.*, In *Faba Bean. Improvement: Edited by G. Hawtin and C. webb, World Crops: Production, Utilization, Description*, vol. 6. p. 163-175.
- Hebblethwaite, P. D. ,G. C. Hawtin, and P. J. W. Lutman. 1983.** The Husbandry of Establishment and Maintenance. In the *Faba bean. (Vicia faba L.)*: Edited by P. D. Hebbletwaite. p. 271-312.
- IBPGR, ICARDA, 1985.** Faba bean descriptors. IBGPR Secretariat Rome (Eds).
- Janati, A. 1976.** Orobanche des légumineuses. In *Maladies et ravageur des plantes cultivées au Maroc*. Tome 1. p. 83-85.
- Kamel, A. H. 1982.** Faba Bean Pests in Egypt. In *Faba Bean Improvement: Edited by Hawtin C., and C. Webb, World Crops: Production, Utilization, Description*, Vol. 6, p. 271-275.

Le Guen, J., and G. Duc. 1992. La féverole. In «Amélioration des espèces végétales cultivées», Gallais A., Bannerot H. (Eds.), 189-203.

Le Guen, J. and G. Duc. 1996. La Féverole. In : Amélioration des Espèces Végétales Cultivées : Objectifs et Critères de Sélection. A. Gallais et H. Bannerot (Eds.), 189-203.

Lelley, I. 1964. On Occurrence of Broad Bean Rust (*Uromyces fabae* (Pers.) DeBy.). *Novénytermelés* 13:161-166.

Maatougui, M. E. H. 1996. Situation de la culture des Fèves en Algérie et perspectives de relance In: Rehabilitation of Faba bean. Bertenbreiter W. and M. Sadiki (Eds.), 17-30.

Mabsoute, L. 1988. Distribution et importance des principaux parasites et maladies des cultures de fève et de pois chiche au Maroc. Rapport de prospections, INRA-ICARDA. 36pp.

Mabsoute, L. 1990. Survey on food legume fungal diseases in Morocco. In Kamel A. and S. Beniwal (Eds.) Surveillance of diseases and germplasm enhancement for cereals and food legumes in North Africa. UNDP/ICARDA-RAB89/009. Report on the second regional coordinating meeting, SKIKDA, ALGERIA, 8-9 July 1990.

Mabsoute, L., and E.M. Saadaoui. 1996. Maladies Cryptogamiques de la Fève au Maghreb. In: Rehabilitation of Faba Bean. W. Bertinbreiter, and M. Sadiki (Eds.), 137-148.

Mesquida, J., J. le Guen, J. N. Tasei, S. Carre and G. Morin. 1990. Modalités de la pollinisation chez deux lignées de féverole de printemps (*Vicia faba* L., var *equina* Steudel). Effets sur les couleurs, de la productivité et les taux: de croisements. *Apidologie*, 21: 511-525.

Mezani, S. 2011. Bioécologies de la fève *Bruchus rufimanus* boh. (coleoptera: bruchidae) dans les parcelles de variétés de fève différentes et de féverole dans la région de tizi-rached.

Moore, K., A. Nikandrow, J. Carter, M. Ramsey, and A. Mayfield. 1995. Field Guide to Faba Bean Disorders in Australia.

Motel, J. V. 1972. Die archaologishen reste der Ackerbohn *Vicia faba* L. and die ganasse der Art Kulturpfl. 19: 321-358. Suso, M.J., M.T Moreno, F. Mondragao-Rodrigues, J.I Cubero. 1996. Reproductive biology of *Vicia faba* L.: role of pollination conditions. *Field Crops Research*, 46: 81-91.

- Muratova, V.** 1931. Common beans (*Vicia faba* L.) suppl. 50th to bulletin of applied botany of genetics and plant breeding: 1-298.
- Nassib, A. M. and al.** 1982, Breeding for Resistance to Orobanche. In Faba Bean Improvement: Edited by C. Hawtin, et C. Webb, world, crops: Production, Utilisation, Description, vol. 6. p. 199-206.
- Osmoi, R.** 1988. Contribution à l'étude des maladies des principales légumineuses alimentaires au Maroc. Mémoire de fin d'étude. Institut Agronomique et vétérinaire HassanII.
- Polhill, R. M. and Vander Maesen.** 1985. Taxonomy of Grain Legumes. In Grain legume Crops: Edited by R. J. Sumer field and E. H. Roberts, p. 3-36.
- Kamel, A. H.** 1982. Faba Bean Pests in Egypt. In Faba Bean Improvement: Edited by Hawtin C., and C. Webb, World Crops: Production, Utilization, Description, Vol. 6, p. 271-275.
- Kameswara, N., J. Hanson, M. Ehsan Dullo, K. Ghosh, D. Nowell, and M. Larinde.** 2006. Manuel de manipulation des semences dans les banques de gènes. Manuels pour les banques de gènes N°.8. Biodiversity International. 165 pp.
- Rosenberger, B.** 1980. Culture complémentaires et nourritures de substitution au Maroc (XV^{ème} – XVIII^{ème} siècle) in « Annales Economies, Sociétés et Civilisations », 35^{ème} année, n° 3-4, p. 477-504
- Sadiki, M.** 1985. Collecte des populations locales des légumineuses alimentaires au Maroc. Rapport de mission de collecte. IAV Hassan II, DAAP, Rabat.
- Sadiki, M.** 1990. Germplasm Development and Breeding for Improved Biological Nitrogen Fixation of Faba Bean in Morocco. Thèse de Doctorat. 298 pp.
- Sadiki M.** 1996. Ressources génétiques des légumineuses alimentaires au Maroc. p. 55-60. In Rehabilitation of Faba Bean. Berntenbreiter W., M. Sadiki (eds).
- Sadiki M., and A. Lazrak, W.** 1998. La fève et la féverole: Fiche technique. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (eds.). 31pp.
- Saxena, M. C.** 1982. Physiological Aspects of Adaptation. In Faba bean Improvement: Edited by Hawtin and C. Webb, World Crops: Production, Utilization, Description, vol. 6: 145-159.
- Schreiber, E.R.** 1978. Biologie, importance et moyens de contrôle du nématode des tiges sur fève au Maroc. Bul. Prot. Cultures 4: 3-30.

Sikora, R. A and Greco. 1990. Plant parasitic nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. M. Luc R. A. Sikora, and J. Bridge (Eds.) CAB International 1990.

Singh, V.P., and Y.S. Tomer. 1988. Influence of flower colour on seed yield and components in faba bean. *Fabis*, 22: 7-8.

Sjodin, J. 1971. Induced morphological variation in *Vicia faba* L. *Hereditas*, 67:11.

Zemrag, A. 1999. L'Orobanche: monographie et gestion dans la culture des légumineuses alimentaire. In *Transfert de Technologie en Agriculture. Bulletin mensuel d'information et de liaison de PNTTA*. N° 36: Décembre 1999. 4 pp.

Аннехе

• **Echelle de notation pour la tâche chocolatée et anthracnose :**

- | | | |
|---|-------|----------------------|
| 1. Pas de lésions visibles | ————> | Résistant |
| 3. Peu de lésions éparses | ————> | Modérément résistant |
| 5. Lésions assez fréquentes
et très légère défoliation | ————> | Réaction moyenne |
| 7. Lésions grandes, fréquentes
défoliation importante | ————> | Modérément sensible |
| 9. Lésions plus grandes, très fréquentes
défoliation très importante | ————> | Très sensible |

• **Echelle de notation pour la rouille**

- | | | |
|--|-------|----------------------|
| 1. Pas de visibles | ————> | Résistant |
| 3. Peu de pustules | ————> | Modérément résistant |
| 5. Pustules fréquentes sur feuille
mais ne causant pas de dégâts apparent | ————> | Réaction moyenne |
| 7. Pustules très fréquentes et
causent des dégâts. Quelques pustules
sur pétioles et tiges | ————> | Modérément sensible |
| Défoliation s importante | | |
| 9. Pustules très fréquentes sur
toutes les parties de la plante | ————> | Très sensible |

quelques feuilles mortes