

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

المعهد القومي للعلوم الفلاحية
INSTITUT NATIONAL D'AGRONOMIE
EL-HARRACH – ALGER

THESE

Présentée par

M'HAMMEDI BOUZINA Mahfoud

En vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques

Diversité Ecologique et Variabilité chez trois taxons du genre *Scorpiurus* L. (Fabacées) en Algérie

Soutenue le : 28/06/2006

Devant le Jury composé de :

Président :	M. DAOUD Y.	Professeur INA El Harrach Alger
Directeur de thèse :	M. GUITTONNEAU G.G.	Professeur Université d'Orléans France
Co-Directeur de thèse :	M. ABDELGUERFI A.	Maître de Conférences INA El Harrach Alger
Examineurs :	M. ABDELKRIM H.	Professeur INA El Harrach Alger
	M. BOUZERZOUR H.	Professeur Université Sétif

Année Universitaire : 2005/2006

REMERCIEMENTS

Je remercie très vivement Monsieur DAOUD Y., Professeur à l'INA El Harrach Alger qui me fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur GUITTONNEAU G.G., Professeur à l'Université d'Orléans France qui a bien voulu m'orienter et de m'avoir communiqué sa passion pour la recherche. Je le remercie sincèrement pour les conseils et ses encouragements indéfectibles malgré l'intensité de son activité. Je lui adresse ma profonde gratitude pour avoir accepté de me recevoir maintes fois. Je lui dois toute mon initiation en caryologie, morphologie et biologie moléculaire.

Je suis très reconnaissant à Monsieur ABDELGUERFI A. Maître de Conférences à l'INA El Harrach Alger pour m'avoir permis de découvrir et m'intégrer au vaste monde des ressources phylogénétiques. Je le remercie particulièrement pour ses encouragements continuels, son entière disponibilité et de m'avoir fait profiter sans réserves de son expérience. Il ne sera jamais assez remercié pour sa capacité de rompre l'isolement des fourragers et de créer les occasions pour nous rassembler.

Je tiens à exprimer mes sincères et vifs remerciements à Monsieur ABDELKRIM H. Professeur à l'INA El Harrach Alger d'avoir accepté de faire partie de ce jury et de donner de son temps pour juger ce travail.

Je tiens à exprimer également mes sincères et vifs remerciements à Monsieur BOUZERZOUR H. Professeur à l'Université de Sétif d'avoir accepté de faire partie de ce jury et aussi pour ses nombreux encouragements.

Mes remerciements s'adresse également à :

Monsieur le professeur BOUZNAD Z., directeur de la post-graduation pour son aide et ses encouragements.

Madame BENDJAMA W., directrice des Etudes pour son aide si précieuse.

Les enseignants du département de phytotechnie et particulièrement à Messieurs HADJ MILOUD D. et MEKLOCHE M.A.

Meriem qui m'a toujours soutenu et aidé pour la soutenance de cette thèse. Je la remercie de m'avoir, à maintes reprises, encouragé pour finaliser ce travail.

Durant mes stages à Orléans, l'équipe du professeur GUITTONNEAU m'a aidé à m'intégrer au laboratoire. Je tiens à remercier Messieurs BENARDEAU R., BOUDOURESQUE E. et SAHNOUNE M.

Que les collègues de l'INA acceptent mes sincères remerciements pour leur aide. Je citerai en particulier Saïd et Madame SADOUKI de la post graduation.

Je ne saurais oublier les chercheurs de l'équipe PERMED Algérie pour leur esprit d'équipe et leur soutien indéfectible Bachir, Khaled, Djamel et surtout Abderezak.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE I : MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Mise au point bibliographique	03
1.1. Aperçu général sur les ressources génétiques des plantes	03
1.1.1. L'utilité des ressources phylogénétiques (RPG)	03
1.1.2. La menace de l'érosion génétique	04
1.1.3. Comment maintenir la biodiversité	05
1.1.4. Les rapports Nord-Sud sur l'exploitation des RPG	05
1.1.5. « <i>Scorpiurus</i> » une plante prometteuse	07
1.2. Classification et diversification	08
1.3. Variabilité et héritabilité	11
1.3.1. Les variations	11
1.3.2. L'héritabilité	16
1.3.2.1. L'héritabilité au sens large	16
1.3.2.2. L'héritabilité au sens restreint	16
1.3.2.3. Les méthodes de calcul de l'héritabilité	17
1.3.2.4. L'héritabilité et le progrès génétique réalisé ou attendu	19
1.4. La germination	20
1.4.1. La graine	20
1.4.2. La germination des graines	21
1.4.3. La dormance et l'inhibition de la germination	22
1.4.4. Les facteurs influençant le comportement germinatif des graines:	26
1.4.5. La longévité des graines	30
CHAPITRE II : AUTOECOLOGIE	
2.1. Introduction	32
2.2. Matériels et méthodes	32
2.3. Résultats et discussion	34
2.3.1. Résultats de la prospection	34
2.3.2. Effets des facteurs écologiques	37
2.3.2.1. Effets de l'altitude, de la pluviométrie et de l'étage bioclimatique	37
2.3.2.2. Effets de la pente et de l'exposition	39
2.3.3. Effets des facteurs édaphiques	39
2.3.3. Complexe d'espèces <i>S.muricatus</i>	43
2.3.3.1. Comparaison entre les sites des deux taxons	43
2.3.3.2. Comparaison entre les sites mixtes et les sites de <i>S. sulcatus</i> seul et <i>S. subvillosus</i> seul	44
2.3.3.3. Discussion des hypothèses de distribution du complexe	45
2.4. Conclusion	47

CHAPITRE III : VARIABILITE AGRONOMIQUE ET DIFFERENCIATION ECOLOGIQUE

3.1.	Intoduction	48
3.2.	Matériels et méthodes	48
3.2.1.	Matériel végétal utilisé	48
3.2.2.	Phénologie et comportement	50
3.2.2.1.	Présentation du site	50
3.2.2.2.	Caractéristiques de la parcelle	50
3.2.2.3.	Semis et dispositif utilisé	51
3.2.2.4.	Les caractères notés	52
3.2.3.	Etude de la variabilité des gousses et des graines	53
3.2.4.	Germination	53
3.2.4.1.	Les paramètres mesurés	54
3.2.4.2.	L'estimation de l'héritabilité	54
3.2.4.2.1.	Les méthodes de l'estimation de l'héritabilité	54
3.2.5.	Les traitements statistiques	55
3.3.	Résultats et discussions	56
3.3.1.	Comportement et phénologie	56
3.3.1.1.	<i>Scorpiurus sulcatus</i>	56
3.3.1.1.1.	Paramètres statistiques	56
3.3.1.1.2.	Discussion	64
3.3.1.1.3.	Corrélation	65
3.3.1.1.4.	Analyse factorielle des correspondances (A.F.C.)	67
3.3.1.1.5.	Développement en hauteur et en largeur de quelques populations de <i>S.sulcatus</i> .	69
3.3.1.2.	<i>Scorpiurus subvillosus</i>	71
3.3.1.2.1.	Paramètres statistiques	71
3.3.1.2.1.	Discussion	79
3.3.1.2.2.	Corrélation	80
3.3.1.2.3.	Développement en hauteur et en largeur de quelques populations de <i>S.subvillosus</i>	81
3.3.1.3.	<i>Scorpiurus vermiculatus</i>	83
3.3.1.3.1.	Paramètres statistiques	83
3.3.1.3.2.	Discussion	91
3.3.1.3.3.	Corrélations	92
3.3.1.3.4.	Analyse factorielle des correspondances (AFC)	93
3.3.1.3.5.	Développement en hauteur et en largeur de quelques populations de <i>S. vermiculatus</i>	97
3.3.1.4.	Discussion sur les trois taxons	99
3.3.1.5.	Conclusion	102
3.3.2.	Variabilité des gousses et des graines	105
3.3.2.1.	<i>Scorpiurus sulcatus</i>	105
3.3.2.2.	<i>Scorpiurus subvillosus</i>	110
3.3.2.3.	<i>Scorpiurus vermiculatus</i>	115
3.3.3.	Germination	121
3.3.3.1.	Les graines intactes (non scarifiées)	121
3.3.3.1.1.	<i>Scorpiurus vermiculatus</i>	121
3.3.3.1.2.	<i>Scorpiurus sulcatus</i>	121
3.3.3.1.3.	<i>Scorpiurus subvillosus</i>	122
3.3.3.2.	Les graines scarifiées	123
3.3.3.2.1.	Taux de germination au 5 ^{ème} jour	123

3.3.3.2.2.	Taux de germination au 10 ^{ème} jour	125
3.3.3.2.3.	La vitesse de germination	128
3.3.4.	Les corrélations	130
3.3.4.1.	Les relations entre les caractères testés	130
3.3.4.2.	Les relations entre les caractères testés et les facteurs du milieu d'origine des populations étudiées (Altitude et Pluviométrie)	131
3.3.4.2.1.	Chez <i>S. sulcatus</i>	131
3.3.4.2.2.	Chez <i>S. subvillosus</i>	132
3.3.4.2.3.	Chez <i>S. vermiculatus</i>	132
3.3.4.3.	L'analyse factorielle des correspondances	132
3.3.4.3.1.	Chez le genre <i>Scorpiurus</i>	132
3.3.4.3.2.	Chez l'espèce <i>S. vermiculatus</i>	138
3.3.4.3.3.	Chez les deux espèces <i>S. sulcatus</i> et <i>S. subvillosus</i>	143
3.4.	Héritabilité	148
3.4.1.	Chez <i>Scorpiurus vermiculatus</i>	148
3.4.2.	Chez <i>Scorpiurus sulcatus</i>	149
3.4.3.	Chez <i>Scorpiurus subvillosus</i>	149
3.5.	Essai de traitement de la dureté de quelques espèces	150
3.5.1.	Matériel végétal utilisé	150
3.5.2.	Traitement effectué	150
3.5.3.	Résultats	151
3.5.4.	Discussion	153
3.6.	Conclusion	154

CHAPITRE IV: POLYMORPHISME

4.1.	Structure des gousses et des téguments des graines	155
4.2.	Dénombrement chromosomique	159
4.2.2.	Matériels et méthodes	160
4.2.3.	Fixation et coloration	161
4.2.4.	Résultats et discussions	161
4.2.5.	Conclusion	161
4.3.	Caractérisation moléculaire	162
4.3.1.	Introduction	162
4.3.2.	Principe de la PCR	162
4.3.3.	Random Amplified polymorphic DNA (RAPD)	163
4.3.3.1.	Extraction de l'ADN	163
4.1.3.2.	Cueillette et stockage du matériel végétal	163
4.3.3.3.	Extraction et purification de l'ADN	164
4.3.3.4.	Protocole de la PCR-RAPD	164
4.1.3.3.5.	Résultats et discussions	165
4.1.3.4.	Single sequence repeat (SSR)	167
4.1.3.4.1.	Extraction de l'ADN	167
4.1.3.4.2.	Protocole de la PCR-SSR	168
4.1.3.4.3.	Résultats et discussions	169
4.4.	Détermination des rhizobiums	170
4.4.1.	Introduction	170
4.4.2.	La spécificité dans l'association symbiotique	170
4.4.3.	Les mécanismes de la symbiose	173
4.4.4.	Matériels et méthodes	174

4.4.4.1.	Matériels	174
4.4.4.2.	Méthodes	174
4.4.5.	Résultats et discussions	177
4.4.6.	Conclusion	180
CONCLUSION GENERALE		181
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		183
ANNEXES ET MANUSCRITS		

LISTE DES FIGURES

	Pages	
Fig. 1	Origine des divers éléments constituant des semences sèches (Côme, 1970).	21
Fig. 2	Modification de la dormance (Karssen, 1982 in Chadœuf- Hannel, 1985).	24
Fig. 3	Transformations subies par le phytochrome Smith (1975 in Chadœuf-Hannel, 1985)	31
Fig. 4a	Distribution des 305 sites du genre <i>Scorpiurus</i>	35
Fig. 4b	Distribution de <i>Scorpiurus sulcatus</i> (a), <i>S. vermiculatus</i> (b) et <i>S. subvillosus</i>	36
Fig. 5	AFCM: Relation entre la présence absence des espèces du genre <i>Scorpiurus</i> et les facteurs du milieu (plan 1-2)	38
Fig. 6	AFCM: Relation entre la présence absence des espèces du genre <i>Scorpiurus</i> et les facteurs du milieu (plan 1-3)	40
Fig. 7	Profils écologiques des espèces de <i>Scorpiurus</i> pour les facteurs du milieu (pour les bornes des classes voir tab 3)	41
Fig. 8	Réparation des sites à <i>S. sulcatus</i> (s1), mixtes (s3) et des sites à <i>S. subvillosus</i> seul (s1) en fonction de quelques facteurs du milieu dans le plan 1-2 de l'AFD	46
Fig. 9	Origine des populations étudiées de <i>Scorpiurus sulcatus</i> (a), <i>S. vermiculatus</i> (b) et <i>S. subvillosus</i> (c)	49
Fig. 10	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour la période 1981-1992	50
Fig. 11	Distribution 1 du pourcentage de levée; 2 la hauteur H2, 3 hauteur H6, 4 largeur L2, 5 largeur L6, 6 l'apparition de la première inflorescence 1F, 7 début de floraison DF, 8 fin floraison FF	59
Fig. 11	Distribution 9 de la durée de floraison ETF, 10 la MVF, 11 la MVT, 12 la MSF, 13 la MST, 14 la PMG et du P1000g	63
Fig. 12.1	A.F.C. <i>S. sulcatus</i> : plan 1-2.	68
Fig. 12.2	A.F.C. <i>S. sulcatus</i> : plan 1-3.	68
Fig. 13	Développement en hauteur de quelques populations de <i>S. sulcatus</i>	70
Fig. 14	Développement en largeur de quelques populations de <i>S. sulcatus</i>	70
Fig. 15	Distribution 1 du pourcentage de levée, 2 hauteur H2, 3 hauteur H6, 4 largeur L2, 5 largeur L6, 6 l'apparition de la première inflorescence 1F, 7 début de floraison DF, 8 fin floraison F	75
Fig. 15	Distribution 9 de la durée de floraison ETF, 10 la MVF, 11 la MVT, 12 la MSF, 13 la MST, 14 la PMG, 15 P1000g	78
Fig. 16	Développement en hauteur de quelques populations de <i>S. subvillosus</i>	81
Fig. 17	Développement en largeur de quelques populations de <i>S. subvillosus</i>	82
Fig. 18	Distribution 1 du pourcentage de levée, 2 hauteur H2, 3 hauteur H6, 4 largeur L2, 5 largeur L6, 6 l'apparition de la première inflorescence 1F, 7 début de floraison DF, 8 fin floraison FF	89
Fig. 18	Distribution 9 de la durée de floraison ETF, 10 la MVF, 11 la MVT, 12 la MSF, 13 la MST, 14 la PMG, 15 P1000g	90
Fig. 9.1	A.F.C. <i>S. vermiculatus</i> : plan 1-2.	95
Fig. 19.2	A.F.C. <i>S. vermiculatus</i> : plan 1-3	96
Fig. 20	Développement en hauteur de quelques populations de <i>S. vermiculatus</i>	97
Fig. 21	Développement en largeur de quelques populations de <i>S. vermiculatus</i>	98
Fig. 22a	Variation des paramètres phénologiques des trois taxons	103
Fig. 22b	Variation des paramètres phénologiques des trois taxons	104
Fig. 23	A.F.C dans le genre <i>Scorpiurus</i> Première génération	134
Fig. 24	A.F.C dans le genre <i>Scorpiurus</i> Deuxième génération	135
Fig. 25	A.F.C dans le genre <i>Scorpiurus</i> Troisième génération	137
Fig. 26	A.F.C dans l'espèce <i>S. vermiculatus</i> première génération	139
Fig. 27	A.F.C dans l'espèce <i>S. vermiculatus</i> deuxième génération.	140
Fig. 28	A.F.C dans l'espèce <i>S. vermiculatus</i> Troisième génération	142
Fig. 29	A.F.C chez les deux espèces <i>S. sulcatus</i> et <i>S. subvillosus</i> première génération	144
Fig. 30	A.F.C chez les deux espèces <i>S. sulcatus</i> et <i>S. subvillosus</i> deuxième génération	145
Fig. 31	A.F.C chez les deux espèces <i>S. sulcatus</i> et <i>S. subvillosus</i> Troisième génération	147
Fig. 32	Traitement contre la dureté	152
Fig. 33	Comparaison d'observations au MEB chez <i>S. sulcatus</i> .	156
Fig. 34	Comparaison d'observations au MEB chez <i>S. subvillosus</i>	157
Fig. 35	Comparaison d'observations au MEB chez <i>S. vermiculatus</i>	158
Fig. 36	La spectrophotométrie des extraits d'ADN de <i>S. vermiculatus</i> 12	166
Fig. 37	Migration de l'ADN extraite sur gel d'agarose	167
Fig. 38	Détermination des marqueurs à large et étroite compatibilité	168
Fig. 39	Schéma du mécanisme d'infection qui provoque la formation d'un nodule.	173

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tab. 1 Ressources phytogénétiques des régions tempérées et tropicales et méditerranéennes	06
Tab. 2 Produits chimiques utilisés pour surmonter la dormance (Agrawal, 1992)	26
Tab. 3 Limites supérieures des classes des variables utilisées dans le traitement pour l'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) et pour les profils écologiques	33
Tab. 4 Liste des abréviations des facteurs étudiés;+: correspond aux facteurs qui ne sont disponibles que pour 24 sites sur les 285;x: variables utilisées pour l'AFD	34
Tab. 5 Présences et fréquences relatives des 3 espèces de <i>Scorpiurus</i> sur 305 sites	34
Tab. 6 Nombre d'espèces par site et pourcentage par rapport à l'ensemble des sites (305)	42
Tab. 6 Influence de quelques facteurs du milieu sur la présence- absence de 3 espèces de <i>Scorpiurus</i>	42
Tab. 7 Comparaison des moyennes de présence, pour certaines variables, chez 3 espèces de <i>Scorpiurus</i>	
Tab. 8 Comparaison entre les facteurs du milieu des sites à <i>S. sulcatus</i> seul (232), des sites mixtes (34) et des sites à <i>S. subvillosus</i> seul (19); s1 site <i>S. sulcatus</i> seul ; s3 site comprenant les deux taxons; s2 site à <i>S. subvillosus</i> seul	44
Tab. 9 Corrélations inter- classes entre les variables du milieu et les deux axes discriminants de l'AFD	45
Tab. 10 Moyenne mensuelle de température (°C) pour la première année de l'essai	51
Tab. 11 Moyenne mensuelle de température (°C) pour la deuxième année de l'essai	51
Tab. 12 Précipitations mensuelles (mm) pour deuxième année de l'essai	51
Tab. 13 Variation des différents caractères étudiés chez les populations de <i>S. sulcatus</i>	56
Tab. 14 Variation des différents caractères étudiés chez les populations de <i>S. subvillosus</i>	71
Tab. 15 Variation des différents caractères étudiés chez les populations de <i>S. vermiculatus</i>	83
Tab. 16 Variation des moyennes des différents caractères étudiés chez les trois taxons	99
Tab. 17 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère PMG.	105
Tab. 18 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère poids de mille graines.	106
Tab. 19 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Pg/PG.	106
Tab. 20 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Ng/G.	107
Tab. 21 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Ngs/G.	108
Tab. 22 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Nge/G.	109
Tab. 23 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Ngb/G.	109
Tab. 24 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère PMG.	110
Tab. 25 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère P1000g.	111
Tab. 26 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Pg/PG.	112
Tab. 27 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Ng/G.	113
Tab. 28 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Ngs/G.	113
Tab. 29 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Nge/G.	114
Tab. 30 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Ngb/G.	115
Tab. 31 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère PMG.	115
Tab. 32 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère P1000g.	116
Tab. 33 Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Pg/PG.	117

Tab. 34	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Ng/G	118
Tab. 35	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Ngs/G.	118
Tab. 36	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Nge/G.	119
Tab. 37	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Ngb/G.	120
Tab. 38	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Tgd.	121
Tab. 39	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Tgd	121
Tab. 40	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Tgd	122
Tab. 41	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Tg 5 ^{ème} j.	123
Tab. 42	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Tg 5 ^{ème} j.	124
Tab. 43	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Tg 5 ^{ème} j.	124
Tab. 44	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Tg 10 ^{ème} j	125
Tab. 45	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Tg 10 ^{ème} j.	126
Tab. 46	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère Tg 10 ^{ème} j.	127
Tab. 47	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. vermiculatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère V.G	128
Tab. 48	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. sulcatus</i> pour la variabilité inter génération du caractère V.G.	129
Tab. 49	Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce <i>S. subvillosus</i> pour la variabilité inter génération du caractère V.G.	129
Tab. 50	Effet des traitements sur la germination	151
Tab. 51	Récapitulatif des populations utilisées pour le dénombrement chromosomique	160
Tab. 52	Récapitulatif des populations utilisées pour l'analyse génomique	164
Tab. 53	Amorces RAPD testées sur des populations algériennes de <i>Scorpiurus</i>	165
Tab. 54	Résultats des amplifications de 12 amorces RAPD sur les <i>Scorpiurus</i>	166
Tab. 55	Séquences des 10 amorces microsatellites	168
Tab. 56	Classification des bactéries fixatrices d'azote symbiotique des (d'après Zakhia et de Lajudie, 2001 modifié in Abdelguerfi- Laouar, 2005)	171
Tab. 57	Evolution des zones d'inhibition en (mm) en fonction des antibiotiques testés	177
Tab. 58	Résultats des observations phénologiques des souches	178
Tab. 59	Les résultats des tests d'indentification des Rhizobiums	178
Tab. 60	Résultat du test d'antibiogramme	179

INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie importe massivement des plants et des semences qui provoquent des changements et parfois des bouleversements au niveau de son agriculture.

Selon Abdelguerfi (1988), le matériel végétal importé, en plus d'être souvent non adapté, a entraîné non seulement une dépendance mais aussi l'introduction de maladies et de mauvaises herbes (cas du bersim). Le matériel sélectionné en Europe exige beaucoup d'eau et il est urgent actuellement de rechercher du matériel assez rustique et moins exigeant en eau pour le Sud de la Méditerranée. L'obtention de variétés, dotées d'une grande productivité, nécessite d'abord la connaissance approfondie du matériel de base.

Toutes les espèces locales constituent un patrimoine phytogénétique à préserver puisqu'elles sont sources de gènes pouvant faire l'objet d'exploitation dans des programmes d'amélioration variétale. En outre, leur utilisation de façon rationnelle et réfléchie peut aboutir aussi à un enrichissement de la flore.

Parmi ces espèces, les légumineuses (F. *Fabacées*) spontanées d'intérêt fourrager et pastoral sont appelées à jouer un rôle déterminant dans l'alimentation du cheptel en Algérie. Elles peuvent réduire l'important déficit fourrager en valorisant certains milieux particuliers : enclaves forestières, sols en pente, terres mises ou à mettre en valeur, parcours steppiques et autres.

En effet, les légumineuses sont des espèces riches en protéines et dont la valeur nutritive est supérieure à celle des graminées (Caputa, 1967). Leur intérêt agronomique provient en premier lieu de leur aptitude à la fixation symbiotique de l'azote qui leur permet de produire en abondance des protéines végétales même en absence de fertilisation azotée ; ceci permet leur intégration dans une agriculture durable par la réduction des intrants et la préservation et l'enrichissement des sols.

Elles peuvent fournir à bas prix une alimentation de haute qualité pour des animaux, améliorent simultanément la fertilité du sol, arrêtent l'érosion, et séquestrent le carbone atmosphérique dans le sol, et de ce fait, elles ont un effet bénéfique sur l'économie et l'environnement des systèmes fourragers et pastoraux (Crespo, 2006). Si les légumineuses sont correctement utilisées, l'état dramatique actuel de la dégradation, qui affecte la majorité des secteurs pastoraux, peut être facilement renversé.

Divers travaux portant sur plusieurs genres ont permis d'aboutir à des résultats qui s'acheminent vers une exploitation raisonnée des ressources phytogénétiques. La diversité des sols, des climats qui ont fortement varié dans la région méditerranéenne, et la sévérité des contraintes abiotiques ont généré un grand nombre de genres et d'espèces.

Des collections considérables existent dont les plus importantes sont celles de l'ICARDA, en Syrie, et de l'Australie. Mais les collections n'ont d'intérêt que si elles sont évaluées et valorisées. Sur ce point, les moyens deviennent rapidement limitants, même si des exemples remarquables de caractérisation ont été montrés (Abdelguerfi, 2002).

En Algérie l'intégration agronomique des légumineuses dans des systèmes fourragers et d'élevage performants et durables a fait l'objet de plusieurs travaux montrant leurs performances. Ainsi des modèles durables ont été proposés pour leurs utilisations comme plantes fourragères et pastorales s'intégrant dans l'aménagement du territoire. Cependant, l'exploitation directe de ces travaux se heurte à un certain nombre de problèmes liés au problème variétal et à la germination des semences en général. En effet, les légumineuses spontanées à intérêt fourrager et pastoral présentent des graines dures qui limitent leur utilisation d'une manière aisée dans la rotation. En outre, leur utilisation comme autorégénératrices se confronte aussi aux mêmes problèmes.

Nous avons pensé, à travers ce travail, cerner ces aspects chez le genre *Scorpiurus* qui se caractérise par un port étalé lui référant une place de choix parmi les plantes pastorales.

En Algérie, il rassemble trois espèces annuelles caractérisées par des fruits en forme de chenilles ; le genre est représenté sur tout le pourtour méditerranéen.

Appelée Chenillette ou Scorpiure (Taguourit en berbère, El Ghagfa, oudhinet ennâadja ou Dhil el agrab en arabe) les espèces du genre sont connues comme adventices des cultures et surtout comme plantes fourragères et pastorales spontanées très recherchées par le cheptel.

Notre étude sur ce genre porte sur plusieurs volets : l'Ecologie, la Biosystématique, la Germination et les aspects Agronomiques.

Pour l'aspect écologique, plusieurs prospections ont été réalisées à travers l'ensemble du territoire algérien de manière à répertorier l'ensemble de la variabilité du genre. Les échantillons collectés ont été corrélés aux différentes caractéristiques des stations permettant ainsi de préciser leur autoécologie.

L'aspect biosystématique a été pris en considération en précisant le comportement et la phénologie d'une collection de 52 populations qui ont été mises en culture pendant deux années à Chlef et comparées aux essais réalisés à Alger et à Guelma.

L'aspect de la variabilité des infrutescences et celui de la germination ont été étudiés avec des estimations de l'héritabilité de ces caractères pour trois générations successives. Un travail considérable reste à accomplir pour déterminer les caractères stables et mieux maîtriser l'aspect semence.

L'étude s'est poursuivie de la conservation des semences, pour une meilleure gestion des collections tout en essayant de mieux comprendre la dureté en pratiquant des investigations au M.E.B., au dénombrement chromosomique des trois taxons, à la détermination du rhizobium piégé par le genre par des tests biochimiques et physiologiques et à l'analyse génomique par P.C.R. – R.A.P.D de six populations de dureté extrême.

Avant de présenter nos résultats nous avons trouvé opportun d'exposer succinctement l'enjeu des ressources phylogénétiques dans le monde et de situer l'Algérie dans ce contexte. Dans cette première partie sont intégrés également une synthèse bibliographique portant sur les taxons et les phénomènes étudiés.

CHAPITRE I: MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Aperçu général sur les ressources génétiques des plantes

Les populations sauvages ont été confrontées depuis les temps géologiques à la diversité des adversités biologiques et physiques et ont accumulé une « mémoire génétique adaptative » considérable (Pernes, 1983).

Olivier *et al.* (1992) soulignent que l'ampleur de l'aire de répartition, sa linéarité, les barrières géographiques qui favorisent les isolats, tous obstacles au brassage des gènes, ont entraîné la différenciation d'écotypes aux comportements extrêmement divers.

Cauderon (1992) rappelle qu'au cours de quelques millénaires, une agriculture artisanale a été développée à partir d'un assez grand nombre d'espèces sauvages, dont quelques unes ont été largement diffusées et se sont considérablement diversifiées en variétés ou races « de pays »

Pour un climat donné, la biodiversité augmente avec le milieu, elle est en effet favorisée par la diversité des milieux offerts à la colonisation (Abdelguerfi, 2002). L'auteur explique qu'en montagne, le relief et les différences d'orientations engendrent des types de microclimat et de sol varié ; en région méditerranéenne l'effet de la sécheresse estivale est très variable selon la nature et la profondeur du sol, ce qui sélectionne des espèces présentant divers degrés d'adaptation à cette sécheresse.

Abdelkrim (1995) précise qu'en Algérie du nord le développement et la distribution de la végétation sont étroitement liés aux zones climatiques, qui dépendent de l'éloignement de la mer et de l'altitude. Wojterski (1985) souligne les grandes oscillations des précipitations selon les années.

Demolon (1968) rappelle que lorsque varie la latitude ou l'altitude, ce n'est pas seulement la température et la pluviométrie qui changent, c'est aussi la durée du jour et l'intensité lumineuse. Or, les végétaux ont, à ces divers points de vue, des exigences très inégales, pour assurer leur plein développement.

Grâce à sa position dans le bassin méditerranéen, à son relief varié et à ses profils bioclimatiques multiples, l'Algérie dispose alors d'un potentiel génétique adapté et d'une biodiversité riche. En effet selon Saugier (1992) on trouve plus d'espèces dans les milieux favorables. Ainsi le nombre de familles de plantes supérieures décroît de l'équateur vers les pôles, apparemment à cause des basses températures.

1.1.1. L'utilité des ressources phylogénétiques (RPG)

D'après Myers (1984, *in* Saugier, 1992), les hommes auraient utilisé environ 700 espèces comme nourriture sur quelques 75 000 espèces comestibles. Demarly *et al.* (1993) ajoutent que moins de 60 espèces servent à couvrir nos besoins énergétiques et à produire presque toutes les protéines végétales. De plus le rythme de cet appauvrissement semble s'accélérer.

Pour Cauderon (1992), l'assortiment actuellement déjà bien limité continue à se réduire, alors que la science donne les moyens d'élargir plus facilement que par le passé, de nouveaux êtres vivants.

Actuellement 15 cultures fournissent 90% de la ration alimentaire du monde dont trois d'entre elles (riz, blé et maïs) sont les aliments de base (Wri *et al.*, 1994). L'intérêt des ressources phylogénétiques ne se limite pas à l'exploitation de nouvelles denrées mais « les espèces sauvages constituent des réservoirs de gènes pour les espèces cultivées apparentées, car elles ont gardé des caractères de rusticité, de tolérance aux stress climatiques et de résistance aux agents pathogènes » (David *et al.*, 1992)

Pour Gallais *et al.* (2003), il n'y a pas d'amélioration variétale sans ressources génétiques variées ; les ressources génétiques, populations naturelles ou domestiquées par l'homme, sont le matériel de base de toute sélection. Les auteurs ajoutent que ce n'est pas le développement des biotechnologies qui changera l'importance stratégique des ressources génétiques.

Selon Plages (1992), quelle que soit la technologie employée pour créer de nouvelles variétés, consistant à rassembler dans un ou plusieurs génotypes proches des caractères dispersés, la matière première de tout sélectionneur est et sera la diversité génétique.

Pour Marrakchi *et al.* (1992), préserver la plus large gamme de variabilité des plantes spontanées et conserver les différents pools géniques des plantes cultivées (cultivars, populations) est un gage pour l'avenir de l'humanité et l'un des meilleurs moyens pour répondre aux demandes sans cesse croissantes, en produits alimentaires et atteindre ainsi, une autosuffisance pleine et entière des pays du tiers-monde.

Enfin, la diversité génétique est pour Abdelguerfi et Laouar (1999) un facteur essentiel des équilibres de la biosphère et de la qualité de l'environnement, en même temps qu'un élément capital pour l'efficacité de l'agriculture.

1.1.2. La menace de l'érosion génétique.

Ces immenses réservoirs naturels spontanés sont hélas en cours de disparition, du fait des remaniements imposés par l'agronomie moderne (Pernes, 1984).

Déjà dans les années 70, Harlan (1972) signale que «selon certains généticiens et agronomes, la base génétique de nos plantes devient trop étroite».

Teoule (1992) explique que l'homme depuis 10 000 ans, par la domestication des espèces sauvages, puis par leur amélioration, a créé de multiples races ou variétés locales très adaptées à leurs conditions de culture. L'avènement des variétés modernes a modifié cette structure. En effet, les nouveaux cultivars à haut rendement répondent aux exigences de l'agriculture moderne, notamment par une très grande homogénéité. Les nouvelles variétés sont donc plus performantes, mais ne présentent plus la variabilité et la rusticité des anciens cultivars.

En Tunisie, d'après Marrakchi *et al.* (1992), les cultures fourragères se heurtent aux problèmes de l'introduction de nouvelles variétés, ainsi, le cultivar Gabés ainsi que les isolats de luzerne, de certaines oasis, adaptés à ces microclimats ont été contaminés par l'introduction de la variété « Africaine » distribuée sous forme d'aide aux paysans.

Younsi (1991) souligne l'échec des cultivars américains et australiens relayant nos espèces fourragères locales. Pour Abdelguerfi (1988) la disparition d'un matériel végétal adapté est souvent définitive.

La modernisation de l'agriculture, selon Pilate-Andre *et al.* (1992), se traduit par une augmentation considérable de la production et des rendements ; mais de par certaines de ses composantes telles que homogénéité des génotypes et monocultures intensives, elle contribue à l'érosion génétique des espèces, variétés et intra variétés.

D'après Abdelguerfi-Laouar (2005), l'érosion se manifeste de façon plus dramatique et plus variée dans les communautés sauvages que chez les formes domestiques : destruction directe d'écosystèmes forestiers, dégradations consécutives à une exploitation excessive de pâturages, effets spectaculaires de pollutions à caractère brutal, déviations lentes dues à des pollutions insidieuses.

Tout cela entraîne des changements profonds dans l'environnement, avec disparition à un rythme croissant d'écosystèmes, d'espèces, ou d'écotypes.

A titre illustratif, un rapport de l'UICN (2005) rappelle que les experts considèrent que deux tiers des cinquante millions d'espèces terrestres sont localisées dans les forêts tropicales humides. Parmi elles, moins d'un million et demi sont identifiées; pourtant on estime qu'au rythme actuel de l'érosion, un million d'espèces peuvent disparaître d'ici l'an 2050. Si aucune action préventive n'est entreprise, l'humanité perdra alors un patrimoine qu'elle n'est même pas en mesure d'évaluer.

1.1.3. Comment maintenir la biodiversité

Desperes *et al.* (1992) nous informent qu'à côté des cultures industrialisées et performantes requises par une population toujours croissante, il faudra de plus en plus confier à des experts la charge de préserver et maintenir la plus grande diversité génétique possible au bénéfice des générations futures. Pour les auteurs elle se préserve de façon dynamique en générant et en entretenant dans des conditions d'environnement variées, des populations ayant un grand potentiel d'adaptation.

Demarly *et al.* (1993) déclarent qu'en 1992, une commission de la FAO sur la biodiversité s'est fixée comme objectif de conserver toute source de vie, animale, microbienne ou végétale. Les intentions de la FAO sont louables, mais le financement pose de gros problèmes. C'est pourquoi la conservation des espèces végétales dans les réserves naturelles semble être la meilleure solution. Effectivement, Vernet (1992) estime que la nature constitue le laboratoire idéal où s'opère l'évolution.

Le Plan Vert du gouvernement canadien prévoit que 12% de son territoire national (9 976 000 km²) sera consacré aux réserves écologiques (Demarly *et al.*, 1993).

Actuellement les zones cultivées représentent environ 11% de la surface des continents et celles utilisées par l'homme aux fins d'urbanisation (villes et voies de transport) environ 2%, alors que les zones de réserves naturelles (toutes catégories confondues) ne représentaient en 1990, qu'environ 4%.

Saugier (1992) rétorque que les pays riches ne sont pas nécessairement ceux qui contiennent la plus grande biodiversité, c'est la raison pour laquelle, ils doivent fortement subventionner la création de réserves dans les milieux intéressants telles que les forêts équatoriales. C'est un problème de politique nationale et internationale avec des sensibilités très variées selon les pays.

Benoit *et al.* (1992) estiment que les moyens nécessaires à la conservation du patrimoine génétique serait de l'ordre de 300 millions \$ US représentant 2% de la valeur du marché des semences commerciales et de 0,002% de la production agricole totale (Keystone Dialogue, 1991).

Chacun sait que la conservation est nécessaire pour les générations présentes et futures (du fait de la disparition d'un grand nombre d'espèces pour les raisons principalement économiques), mais personne ne veut financer rationnellement cet effort de conservation.

1.1.4. Les rapports Nord-Sud sur l'exploitation des RPG

Avec « le sommet de la terre » de Rio de Janeiro en 1992, les ressources génétiques et la biodiversité sont devenues un enjeu de société et l'on débat âprement pour savoir comment valoriser ce « trésor » pour qu'il profite de manière équitable à l'ensemble de l'humanité et aux générations futures (Abdelguerfi *et al.*, 2006).

Charrier *et al.* (1992) font la distinction, dans le tableau 1, entre les ressources phytogénétiques des régions tropicales et méditerranéennes et celles des régions tempérées.

Tab. 1 : Ressources phytogénétiques des régions tempérées, tropicales et méditerranéennes

	Régions tropicales et méditerranéennes	Régions tempérés
Evolution des plantes	Extension à partir des zones refuges du Pléistocène	Colonisation progressive soumise à de fortes pressions sélectives
Diversité biologique	Réservoirs génétiques des formes primitives peu différenciées	Pauvreté spécifique
Domestication	Zone d'origine et de diversification	Diversification secondaire
Objectifs de l'amélioration	Rusticité, adaptation et tolérance aux stress	Spécialisation et amélioration qualitative
Types variétaux	Cultivars diversifiés à structure génétique large	Cultivars typés à base génétique étroite
Stratégies	Exploitation globale de la variabilité (prospection, hybridation large)	Améliorations ponctuelles (backcross, transformation génétique)

Puisque les centres de diversification se trouvent essentiellement dans les « pays du sud » (Vavilov, 1951), Marrackchi *et al.* (1992) jugent que ce potentiel ne devrait en aucun cas être considéré comme un simple réservoir au seul profit des pays industrialisés détenteurs du savoir et de la technologie.

Hermite (1992) retrace comme suit les différentes phases de la circulation des ressources génétiques végétales :

Le droit international mis en place entre 1960 et 1989 a eu pour objectif principal d'assurer une circulation maximale des ressources génétiques, puisqu'elles sont de libre accès.

Qualifiées de « patrimoine commun de l'humanité », elles étaient à ce titre librement prélevées dans n'importe quelle partie du monde, et utilisées à des milliers de kilomètres de leur lieu d'origine. Il en a été toujours ainsi.

Dès qu'on voulut négocier sérieusement le régime juridique des ressources génétiques, prises en tant que telles, on se heurta à des difficultés : le Nord désirait les classer patrimoine commun de l'humanité pour continuer de disposer du libre accès gratuit aux ressources sauvages et anciennes des 20 pays du tiers monde. Le Sud voulait bien de la qualification à une double condition : que tous les végétaux entrent dans le patrimoine, y compris les variétés protégées par des droits d'obtention végétale, et qu'ils puissent tirer une rémunération de leurs gènes, dans le cas où ils seraient utilisés dans des programmes de sélection.

Après une période de conflit, l'arrangement FAO semble trouver un équilibre en 1989, en faisant admettre que les ressources génétiques du tiers monde pourraient être rémunérées au titre du « droit des agriculteurs » (farmers' right).

Mais au moment où cet accord semblait acquis, certains pays dirent qu'ils ne voulaient plus du concept de patrimoine commun de l'humanité. Les gènes n'étaient pas autre chose que des marchandises qu'il fallait mettre dans les mécanismes de marché.

Cette position est représentée principalement par les pays d'Amérique latine et d'Asie du Sud-Est.

Elle conduit à ce qu'il n'y ait plus de libre accès aux ressources du tiers monde, chaque pays devra donc pour prospecter et emporter du matériel une autorisation et un contrat précisant quelle en sera l'utilisation.

Tout ce qui peut être obtenu directement ou indirectement de ce matériel devra payer des redevances au pays d'origine.

A juste titre Younsi *et al.* (1993) déplorent les insuffisances en matière de sensibilisation dans le domaine de la protection du patrimoine génétique de l'Algérie et une absence manifeste de législation dans ce cadre.

Différentes conventions internationales balisent un cadre de développement et de protection des ressources pour une incidence sur les populations locales.

- Convention-cadre des nations unis sur les changements climatiques (1992) ayant pour objectif de fournir des instruments juridiques pour stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable.

- Convention sur la diversité biologique appelée aussi protocole de Rio (1992) dont les objectifs sont la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques. Ceux ci pourront être atteints notamment grâce à un accès satisfaisant aux ressources génétiques, à un financement adéquat et à un transfert approprié des techniques pertinentes, compte tenu de tous leurs droits.

- Convention sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique (1994) pour atténuer les effets de la sécheresse dans les pays gravement touchés grâce à des mesures efficaces à tous les niveaux, appuyées par des arrangements internationaux de coopération et de partenariat, dans le cadre d'une approche intégrée en vue de contribuer à l'instauration d'un développement durable dans les zones touchées.

- Protocole de Cartagena sur la prévention de risques biotechnologiques (1996) relatif à la convention sur la diversité biologique dont l'objectif est de contribuer à assurer un degré adéquat de protection pour le transfert, la manipulation et l'utilisation sans danger des organismes vivants modifiés résultant de la biotechnologie moderne qui peuvent avoir des effets défavorables sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, compte tenu également des risques pour la santé humaine, en mettant plus précisément l'accent sur les mouvements transfrontaliers.

- Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (2001-2002) dont l'objectif est de prévenir l'érosion continue de ces ressources. Il les reconnaît comme étant la matière première indispensable à l'amélioration génétique des plantes cultivées, que ce soit par la sélection des agriculteurs, par des méthodes classiques d'amélioration des plantes ou par des biotechnologies modernes, et qu'elles jouent un rôle essentiel dans l'adaptation aux changements écologiques et aux évolutions imprévisibles des besoins humains.

La conservation, la prospection, la collecte, la caractérisation, l'évaluation et la documentation sur les ressources phytogénétiques jouent donc un rôle essentiel dans l'alimentation et dans le développement agricole durable pour les générations présentes et futures. Pour cela, il convient de renforcer de toute urgence la capacité des pays en voie de développement et des pays en transition pour ces tâches.

1.1.5. « *Scorpiurus* » une plante prometteuse

Au sujet des ressources phytogénétiques Jean Pernès dès 1982 met la communauté en garde en écrivant : « De nombreux propos tendent à faire croire qu'il faut ramasser et stocker de toute urgence de plus possible d'échantillons car il y a sûrement un trésor caché dedans. Si nous sommes bien persuadés que « trésor il y a » ce n'est justement pas pour s'asseoir sur un tas d'or, mais bien au contraire pour travailler et prendre la peine de montrer comment biologiquement sont constituées ces ressources, comment leur étude peut suggérer des utilisations nouvelles, une gestion dynamique et créatrice » (Mounoulou *et al*, 1992).

Le bassin méditerranéen faisant partie des zones les plus riches de la planète en diversité génétique, dès le début des années soixante dix le département de phytotechnie de l'INA oriente ses travaux de recherches sur les ressources phytogénétiques locales d'intérêt fourrager.

Le premier inventaire réalisé fait ressortir l'importance et la diversité des espèces pastorales et fourragères spontanées (Chapot et al, 1974).

Une grande attention a été portée aux légumineuses ; elles possèdent la faculté, rappelons le, de se développer en symbiose avec des bactéries, les rhizobiums, qui se collent sur les racines et fixent l'azote atmosphérique qu'elles restituent alors à la plante. Il n'est donc plus nécessaire d'utiliser de coûteux engrais azotés.

Après la récolte, les résidus de la plante laissent de l'azote dans le sol et l'on peut par exemple cultiver du blé en assolement avec peu d'engrais azotés. Un avantage inestimable lorsque l'on sait qu'une tonne d'azote contenue dans ces engrais nécessite pour sa fabrication deux tonnes de fuel (Castello, 1983). Avantage d'autant plus appréciable que l'Algérie importe cet engrais.

Rappelons enfin l'incidence sur l'environnement des nappes phréatiques polluées par les nitrates issus de l'utilisation abusive de ces engrais (Vaillant, 1973).

Selon Abdelguerfi *et al.* (1988) la préoccupation essentielle de la production de plants et semences est qu'elle soit conforme et de bonne qualité, particulièrement sur le plan sanitaire. D'une façon générale, il n'existe pas d'handicap majeur dans un programme de production de semences chez les espèces autogames.

C'est ainsi que les espèces du genre *Scorpiurus*, de par leur reproduction autogame font l'objet d'investigations depuis plusieurs années en Algérie.

Bensalem (1982) a mis en évidence les potentialités fourragères, pastorales et d'adaptation de *Scorpiurus*. Ouzzane (1988) mentionne la forte croissance du système racinaire de type pivotant de *S. vermiculatus* lui permettant de maintenir le sol. Grâce à une masse végétative importante, les espèces du genre, permettent un bon recouvrement du sol (Younsi, 1991). Goumiri et Abdelguerfi (1991) soulignent leur richesse en protéines et leur qualité fourragère. M'hammedi Bouzina et al. (1989a, 1989b, 1989c, 1990 et 1991) analysent leur niveau de dureté pour une meilleure utilisation. Gadouche (1999) et Khouatmiani (2004) étudient l'héritabilité des caractères liés à leur infrutescence. M'hammedi Bouzina et al (2005) précisent leur distribution en Algérie. Ces espèces sont en définitive toutes indiquées pour intervenir au niveau de la résorption de la jachère, de la protection des sols contre l'érosion, de la mise en valeur, de l'amélioration des parcours et d'une manière générale dans l'augmentation de la production fourragère et pastorale.

1.2. Classification et diversification

Le genre *Scorpiurus* appartient à la super famille des Légumineuses, famille des Fabacées de la tribu des Hedysarées (Quezel et Santa, 1962). Certains auteurs classent ce genre dans la tribu des *Loteae* (Pueppke et Broughton, 1999 ; Doyle et Luckow, 2003 ; Kirkbrick, 2003) ou celle des *Coronilleae* (Allan et Mark Porter, 2000) et lui créent la sous tribu des *Scorpiurinae* Rouy (Talavera et Dominguez, 2000). Sa classification a été plusieurs fois revue et n'est pas encore très claire surtout pour le complexe d'espèces *Scorpiurus muricatus*.

Battandier et Trabut (1890) et Nègre (1961) classent ce genre en trois espèces.

Scorpiurus sulcata L.

Scorpiurus vermiculata L.

Scorpiurus subvillosa L.

Quezel et Santa (1962) présentent ce genre en :

Scorpiurus vermiculatus L.

Scorpiurus . muricatus L. : espèce polymorphe dans laquelle on rencontre trois sous espèces:

S. muricatus ssp *sulcatus*
S. muricatus ssp *subvillosus*
S. muricatus ssp *eumuricatus*

Heyn et Raviv (1966) présentent ce genre en :

S. vermiculatus L.
S. muricatus L.
 Var. *muricatus* . (Syn. : *S. muricatus* L. s.str.; *S. sulcatus* L. pro.parte).
 Var. *subvillosus* L. (Syn.: *S. subvillosus* L.; *S. sulcatus* L. pro.parte).

Dominguez et Galiano (1974) dans une étude beaucoup plus approfondie montrent que *SCORPIURUS* L. Sp. Pl. 744. (1753) était décrite par les termes

Scorpioides Tourn. Ex Adanson, *Fam* . 11 : 328 (1763).

Scorpius Loisel, *Fl. Gall.* 468 (1806)

Et composent ce genre de:

1- ***Scorpiurus vermiculatus*** L., Sp. Pl. 744. (1753) équivalent de

Scorpiurus purpureus Desf., *Fl. Atl.* 2 : 174 (1799) avec

(a) var *vermiculatus*.

(b) var *purpureus* (Desf.) E. Dominguez & E. F. Galiano, comb. nov.

S. purpureus Desf., *Fl. Atl.* 2 : 174 (1799).

S. vermiculatus L. var . *Lusitanicus* pinto da silva, *Ind. Sem. St. Agr. Nat.* : 5 (1939).

(y) var . *spinus* E. Dominguez & E.F. Galiano, var. nov.

2- ***Scorpiurus muricatus*** L., Sp. Pl. 745. (1753).

S. muricatus var *laevigatus* Boiss, *Voy. Bot. Midi Esp.* 2: 182 (1842)

S. echinatus var *muricatus* Samp., *Fl. Portug.* 305. (1947).

S. echinatus var *laevigatus* Samp., *Fl. Portug.* 305. (1947).

S. margaritae Palau Ferrer, *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 14: 253 (1955).

(a) var. *muricatus*.

S. muricatus var. *laevigatus* Boiss, *Voy. Bot. Midi Esp.* 2: 182. (1842).

(b) var. *margaritae* (Palau Ferre) E. Dominguez & E. F. Galiano, comb. Nov.

S. margaritae Palau Ferre, *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 14: 253 (1955).

3- ***Scorpiurus sulcatus*** L., Sp. Pl. 745 (1753).

S. echinata var. *sulcata* Brot., *Fl. Lusit.* 2: 79 (1804).

S. subvillosus Holl., *Journ. Bot. (London)* 1:20 (1863) non L. (1753).

S. elegans Bubani, *Fl. Pyr.* 11: 560 (1900).

S. subvillosus var. *eriacarpa* Moris. *Fl. Sard.*1: 534(1857)

S. muricatus var. *sulcatus* Fiori in Fiori et Paol., *FL. Anal. Ital.* 11: 89 (1900).

S. muricatus Subsp. *sulcatus* Tell., *Fl. Adv. Montpellier* 399 (1912).

S. oliverii Palau Ferre. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 11(2): 506 (1952).

(a) var. *sulcatus*.

(b) var. *oliverii* (Palau Ferre) E. Dominguez & E.F. Galiano, comb. Nov.

S. oliverii Palau Ferre. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 11(2) : 506 (1952).

4- ***Scorpiurus subvillosus*** L. , Sp. Pl. 745 (1753).

S. echinata var. *subvillosa* Brot ., *Fl. Lusit.* 2:79 (1804)

S. sulcatus Sibth . & Sm. *Fl. Graec. Prodr.* 2 : 81 (1813) Non L. (1753).

S. laevigatus Sibth. & Sm. *Fl. Graec. Prodr.* 2 :81(1813)

S. acutifolia Viv. *Fl. Lib.* 43 (1824).

S. subvillosus var *acutifolius* cosson. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 12 : 277 (1865).

S. subvillosus var *breviaculeata* Batt. et Trabut. *Fl. Algér.* 284 (1899) .

S. subvillosus var *eriacarpus* Rouy. *Fl. Fr.* 5: 312 (1899).

S. muricatus var *subvillosus* Fiori. in Fiori et Paol., *Fl. Anal. Ital.* 2 : 89 (1900).

S. minima A.Los., in Komarov .*Fl.U.R.S.S.* 23: 552 (1948)

(a) var. *subvillosus*

(b) var. *laevigatus* (Sibth. & Sm) E. Dominguez & E. F. Galiano. comb. nov.
S. laevigatus Sibth. & Sm. *Fl. Graec. Prodr.* 2 :81(1813).

Le genre a aussi été divisé en deux espèces (Greuter et al, 1989) *S. vermiculatus* L., Sp. : 744. 1753. Espèce présente à l'ouest de la mer méditerranée seulement, du Portugal à l'Italie au nord et du Maroc à la Tunisie au sud.

S. muricatus L., Sp: 744. 1753. Cette espèce est présente dans tous les pays du bassin méditerranéen et a été décrite par différents auteurs sous les dénominations suivantes :

S. acutifolius Viv., F1. libyc. spec. : 43. 1813.

S. echinatus Lam., Encycl. 1 : 726. 1785 .

S. laevigatus Sm., F1. Graec. Prodr. 2 : 81. 1813.

S. muricatus Subsp. *Laevigatus* (Sm) Thell. in Mém. Soc. Sci. Nat. Cherbourg 38: 338. 1912.

S. muricatus Subsp. *subvillosus* (L.) Thell. in Mém. Soc. Sci. Nat. Cherbourg 38: 338. 1912.

S. oliverii Palau in Annales Inst. Bot. Cavanilles 11(2): 486. 1953.

S. subvillosus L., Sp. Pl. : 745. 1753 .

S. subvillosus Subsp. *sulcatus* (L.) Hayek in Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih. 30 (1): 923. 1926.

S. sulcatus L., Sp. Pl. : 745. 1753.

S. sulcatus Subsp. *muricatus* (L.) Batt. in Batt. & Trabut, F1. Algérie 1 : 285. 1889.

En Algérie, c'est la classification de Quezel et Santa (1962) qui est utilisée bien que celle de Dominguez et Galiano (1974a ; 1974b) soit la plus logique, car en plus des caractères morphologiques des graines et des gousses, elle s'appuie sur des essais d'hybridations et a été confortée par l'étude des caryogrammes.

Le complexe *S. muricatus* comprend trois espèces relativement proches morphologiquement. Elles diffèrent essentiellement par leur gousse : enroulée en articles en forme de spirales épineuses dans le *S. sulcatus* et inermes dans le *S. muricatus*, avec des graines de forme allongée et curviligne. Chez *S. subvillosus*, les gousses sont enchevêtrées et portent des aiguilles avec des graines sous forme de croissant.

Bock (2004) ne reconnaît que trois espèces valides pour *Scorpiurus* : *S. vermiculatus*, *S. sulcatus* et *S. muricatus* avec deux sous espèces : *muricatus* et *subvillosus*.

Enfin, Talavera et Dominguez (2000) retiennent les 4 espèces définies précédemment par Dominguez et Galiano: c'est cette base que nous avons retenue.

L'espèce *S. vermiculatus* diffère des autres espèces du genre en présentant des gousses inermes bien plus grosses sous forme de chenilles enroulées et des graines arrondies.

Le centre d'origine du genre semble être l'ouest du bassin méditerranéen où l'espèce diploïde *S. vermiculatus* est signalée. Cette espèce est la plus isolée du genre tant d'un point de vue morphologique que caryologique. Les formes de fruits les mieux armés possèdent une plus grande capacité de dispersion. *S. sulcatus* présentant des gousses épineuses est cosmopolite, son mode de dispersion ectozoocore y a contribué (Bonet et Pausas, 2004).

L'aire de répartition du genre est surtout méditerranéenne, avec une présence des espèces tétraploïdes dans tous les continents.

En Algérie, il est mentionné essentiellement au nord de la steppe (Abdelguerfi, 2002). Benabdeli et Khalladi (1996) l'indiquent sous une pluviométrie de 849 mm, sur sol à pH du sol variant entre 6,8 et 8,1 et de texture limono-sableuse à sablo-argileuse colonisant les terrains défrichés dans la forêt de chêne vert du djebel Tessala dans le Tell Occidental algérien.

Beale *et al.* (1991) et Tazi et Birouk (1994) au Maroc, Hassen *et al.* (1994) et Zoghalmi *et al.* (1995) en Tunisie, ont étudié la répartition géographique des espèces et la relation avec le milieu environnant.

Jaritz (1994) signale *Scorpiurus muricatus s.l.* sur sol fersialitique à pseudogley et sous une pluviométrie annuelle de 347 mm. Belair (1989) mentionne ce taxon sur sol argileux brun.

1.3. Variabilité et héritabilité

L'unique voie permettant aux sélectionneurs de faire un bon choix du matériel de départ est l'apparence morphologique. Elle permet de réaliser une sélection efficace. Ainsi, il est impératif d'apprécier les caractères recherchés dans le phénotype des individus de la population prise en compte.

L'importance de la transmission d'un caractère des parents aux descendants pose, dans les domaines de l'amélioration génétique et de la sélection, de nombreuses difficultés. Elles sont dues à la variabilité du phénotype sous l'effet de la complexité de l'expression du génotype et de l'influence du milieu.

D'ailleurs, un phénotype est le résultat des interactions entre les facteurs du milieu et du génotype de l'individu. Pour un même génotype et en présence de milieux différents, on peut rencontrer des phénotypes variés. En outre, les mesures prises sur un caractère phénotypique donné, ne sont que des appréciations de performance du génotype vis-à-vis d'un milieu quelconque. Ces mesures ne permettront en aucune circonstance d'évaluer avec précision le génotype d'un individu.

Cependant, pour que les sélectionneurs puissent atteindre leur but, ils doivent pousser le plus loin possible les analyses et rechercher de nouveaux caractères agro économiques intéressants.

Dans la nature, la variabilité détectable entre les organismes représente pour les sélectionneurs une source inépuisable et sans cesse renouvelée. Les divers mécanismes héréditaires et non héréditaires maintiennent cette variabilité.

1.3.1. Les variations

L'observation a montré aux botanistes que les plantes qui appartiennent à une même espèce ne sont pas exactement semblables les unes aux autres. Linné reconnaissait déjà l'existence d'une telle variabilité mais il l'attribua à l'action du milieu. Depuis la redécouverte des lois de Mendel vers 1866, l'étude de la variation intra-spécifique s'est trouvée pleinement justifiée. Cette variation est devenue fondamentale pour les améliorateurs et les sélectionneurs.

La variabilité est la propriété que présente un groupe d'individus appartenant à une même espèce ou à une même population, de présenter pour un même caractère et dans un milieu donné, des valeurs individuelles et différentes. Ces valeurs sont mesurables dans le cas des caractères quantitatifs. Elles sont descriptives dans le cas des caractères qualitatifs.

La variation peut-être du type continu ou discontinu.

La variation continue touche les caractères quantitatifs qui ont un intérêt économique tel que le rendement et la taille des plantes. Ces caractères dépendent des conditions du milieu ambiant. En effet, il est généralement impossible dans le domaine des caractères quantitatifs de répartir les individus en catégories tranchées (Stansfield, 1984).

La variation continue est caractérisée par une loi dite de distribution du caractère. Cette loi peut-être représentée le plus souvent par une courbe en forme de cloche (Blain, 1950a ; Lamotte, 1968). C'est-à-dire une courbe de distribution normale.

La courbe d'une distribution normale est définie par :

La moyenne arithmétique des n observations qui définissent son sommet

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum x$$

La variance : qui mesure la dispersion autour de la moyenne

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - x_0)^2}{n - 1} = \frac{\sum d^2}{n - 1}$$

L'écart type s , désigné selon les auteurs sous le nom de déviation standard ou erreur standard, est égal à la racine carrée de la variance

Le coefficient de variation C.V., est défini par le rapport :

$$\text{C.V.} = \frac{\text{Déviation standard}}{\text{Moyenne}} \cdot 100$$

Lorsque ce coefficient diminue, la régularité et la sécurité des résultats augmentent (Demolon, 1968 ; Lamotte, 1968 ; Blain, 1950b)

Si la distribution est anormale, on peut conclure qu'il existe une hétérogénéité du matériel étudié, c'est à dire l'intervention de causes non imputables au hasard.

La variation discontinue est repérée au niveau des caractères mendéliens, dits qualitatifs. Ces caractères sont facilement descriptifs et mesurables. Ils permettent une classification en phénotypes bien séparés telle que la couleur des fleurs.

Les caractères quantitatifs et qualitatifs s'opposent par le nombre de gènes qui les déterminent et par le rôle de l'environnement dans la réalisation du phénotype.

Plusieurs auteurs rapportent que les caractères qualitatifs sont déterminés par un nombre de gènes très réduit. Les caractères quantitatifs, par contre, dépendent d'un très grand nombre de gènes, entre 10 et 100 et parfois plus. A la différence des caractères qualitatifs, chaque gène participant dans le déterminisme du phénotype joue un rôle important et très discret, que même les méthodes mendéliennes ne peuvent mettre en évidence. De plus, pour la plupart des caractères quantitatifs, la variabilité phénotypique observée est due en grande partie à l'effet de l'environnement. Pour les caractères qualitatifs, elle dépend des effets de gènes indépendants des conditions de l'environnement.

Chez un organisme, la variabilité d'un caractère peut avoir deux origines: Une origine non héréditaire et une origine héréditaire.

La variabilité d'origine non héréditaire

Elle est appelée variabilité de modification par Poliansky (1986), variabilité fluctuante par Lamotte (1968), ou variation phénotypique par Bidault (1971).

Pour ce type de variabilité, les divers caractères de l'organisme se modifient différemment sous l'influence du milieu ambiant. Certains d'entre eux sont très plastiques et variables. D'autres sont moins variables. Enfin, il existe d'autres caractères qui peuvent être très peu modifiés par les conditions du milieu (Poliansky, 1986). Les performances d'êtres vivants peuvent aussi être utilisées pour caractériser un milieu (Gallais, 1990).

D'autre part, le phénotype d'un individu est le résultat d'un développement sous l'effet de l'action réciproque du génotype et du milieu ambiant. Ainsi, l'apparition d'une variabilité phénotypique sous l'effet du changement du milieu environnant, sans modification du génotype, est appelée variabilité non héréditaire.

La variabilité d'origine héréditaire

Outre les variations non héréditaires, il y a d'autres formes de variations. Elles touchent le génotype. C'est une variation héréditaire. En effet, la constitution génomique d'une population n'est pas stable. Elle est modifiable sous l'effet de divers facteurs, aboutissant à de nouvelles formations génétiques différentes de leurs ancêtres.

Les variations génotypiques dépendent de deux paramètres : les paramètres intrinsèques et les paramètres extrinsèques

Au moment de la transmission des gènes, certains facteurs intrinsèques peuvent intervenir et modifier les structures génétiques de la population.

De façon générale, ces facteurs peuvent apparaître au moment de la fécondation ou la fusion des deux gamètes des parents mâle et femelle. Ils interviennent durant le cycle accompli par la génération fille. Ces facteurs peuvent être des mutations, des ségrégations et recombinaisons, ou bien des hybridations et introgressions.

Mutation

Les mutations sont des modifications aléatoires brusques et héréditaires de l'information génétique, affectant l'ADN lors de la réplication. Il existe deux types de mutations; la mutation ponctuelle et la grande mutation. La première entraîne la modification d'un très court segment d'ADN. La seconde affecte un grand nombre de nucléotides, un gène entier ou même implique tout un chromosome ou un ensemble de chromosomes.

En pratique, on distingue généralement les mutations géniques, les mutations chromosomiques, les mutations génomiques et les mutations cytoplasmiques.

Les mutations géniques sont des changements minimes dans la structure et les propriétés héréditaires d'un seul gène ou d'un petit nombre de gènes (Bidault, 1971). Ces modifications peuvent être :

- Des substitutions : un nucléotide est substitué par un autre, soit par transition : (exemple une pyrimidine remplace une pyrimidine), ou par transversion : (exemple une purine remplace une pyrimidine et vice-versa).
- Des délétions : qui s'expriment par la suppression d'une séquence ou d'un nucléotide.
- Des insertions : caractérisées par l'ajout d'une séquence ou d'un nucléotide supplémentaire.
- Des modifications par réarrangement : elles peuvent faire apparaître de nouveaux phénotypes, suite à des modifications du locus d'un gène en fonction de " l'effet position " (cis ou trans.). Un gène est ainsi transformé en un gène allèle dont la structure et la fonction sont modifiées.

Les mutations chromosomiques sont des changements dans la structure ou dans le nombre des chromosomes (Bidault, 1971). Il en existe deux types. Elles peuvent entraîner soit des changements structuraux ou des changements numériques des chromosomes.

- Bien qu'ils soient des éléments relativement stables, les chromosomes peuvent subir des changements structuraux brusques qui contribuent dans une large mesure à la diversification des végétaux (Bidault, 1971). Ces modifications sont de plus grandes amplitudes. Elles se traduisent par des pertes de matériel génétique ou par des réarrangements des séquences de gènes. Elles peuvent être : des délétions, des inversions ou des translocations. Plusieurs auteurs rapportent que, les inversions et les translocations sont plus répandues et leur rôle dans la variabilité des populations est bien connu.

- Un changement du nombre de chromosomes constitue un groupe de mutations à part. Elles consistent en l'apparition de chromosomes supplémentaires ou à la perte de certains (Poliansky, 1986). Le premier cas entraîne une polysémie et le second provoque une nullisomie. Le fonctionnement physiologique est plus ou moins perturbé en fonction du chromosome concerné.

Les mutations génomiques sont des modifications du degré de ploïdie. Le génome constitue l'ensemble des chromosomes rencontré dans les gamètes. La plus recherchée dans ce type de modifications est la polyploïdie.

La polyploïdie apparaît à la suite de troubles des processus de la division cellulaire (Mitose ou méiose) entraînant une augmentation multiple du nombre de chromosomes. Dans la nature, ce phénomène se rencontre le plus souvent chez les végétaux.

Selon Stebbings (1947 *in* Bidault, 1971), en fonction de l'origine et la constitution génomique, on distingue habituellement 04 grandes catégories de polyploïdes : les auto polyploïdes, les allopolyploïdes segmentaires, les allopolyploïdes vrais et les auto allopolyploïdes. Néanmoins, Clausen *et al.* (1945, *in* Bidault, 1971) utilisent le terme amphiploïde pour désigner l'ensemble des allopolyploïdes.

Plusieurs auteurs rapportent que la polyploïdie a un effet sur les caractéristiques morphologiques des organismes. En effet, dans la plupart des cas, on a montré qu'elle est corrélative d'un accroissement des dimensions des cellules et des organes, accroissement qui se traduit par un gigantisme général.

Il est également reconnu que le cytoplasme a un rôle dans l'hérédité. Ce rôle est affecté à certains organites cytoplasmiques. Il s'agit essentiellement des mitochondries et chloroplastes. Ces deux organites contiennent un matériel génétique semblable à celui du noyau. En plus, ils peuvent être transmis à la descendance.

On distingue deux sortes de mutations suivant l'agent qui est à l'origine: les mutations spontanées et les mutations induites

- Les mutations spontanées peuvent être produites d'une façon spontanée par un facteur de l'environnement.
- Les mutations induites sont des mutations provoquées par l'action des mutagènes chimiques (colchicine) et physiques (Rayons X).

Lorsque les mutations se produisent au niveau des cellules sexuelles, elles sont transmissibles à la descendance et persistent dans les générations qui succèdent jusqu'à ce qu'elles-mêmes subissent d'autres mutations. La descendance n'est pas touchée par les mutations qui affectent les cellules somatiques.

De façon générale les mutations peuvent affecter les caractères morphologiques et physiologiques les plus diverses de l'organisme.

Ségrégations et Recombinaisons

Les ségrégations et recombinaisons ont été mises en évidence et analysées par Mendel en 1866 sur des hybrides entre diverses variétés de *Pisum sativum* L., puis redécouvertes simultanément par plusieurs auteurs: Correns, 1900 ; Tschermak 1900 et Devries 1900 (Bidault, 1971)

Les recombinaisons de gènes par croisement peuvent aussi être à l'origine de la variation héréditaire. La recombinaison est la possibilité pour les chromosomes maternel et paternel d'échanger des segments au moment de la formation des gamètes (Veuille, 1992). En effet, au moment de la méiose, ces chromosomes vont subir une disjonction (ségrégation) puis une recombinaison deux à deux d'une façon aléatoire. Ensuite, ils se répartissent sur les cellules filles haploïdes. Au cours de la prophase de la méiose, les chromosomes paternel et maternel s'entrecroisent (phénomène du " crossing-over ") en divers points "chiasmata" et échangent des segments. Il y a donc aussi des recombinaisons de segments de chromosomes.

Hybridation, Introgression

D'après plusieurs auteurs, le phénomène de l'hybridation introgressive ou introgression est décrit comme étant un croisement en retour d'un hybride F1 ou F2 avec l'un ou l'autre des parents appartenant aux deux sous-espèces. Les recombinaisons et ségrégations génétiques aboutissent au transfert d'une partie du matériel génétique d'une sous espèce dans l'autre.

Système de Reproduction des Végétaux (Allogamie, Autogamie, Apomixie)

Le système de reproduction a une très grande influence sur la variabilité des végétaux. En effet, les recombinaisons et ségrégations génétiques qui se produisent au moment de chaque réalisation d'un cycle de reproduction peuvent influencer la variabilité d'un organisme.

L'autogamie ne favorise pas la variabilité alors que l'allogamie est considérée comme une source de variation. L'apomixie, signifie que la multiplication des organismes est asexuée. La variabilité chez les organismes apomictiques est moins importante que celle dans les populations sexuées.

Les paramètres extrinsèques

L'effet de l'action exogène sur la variabilité est affecté à l'action de la sélection naturelle. En effet, selon la théorie que formula Darwin en 1859, les conditions du milieu environnant font subir aux individus l'action d'une sélection naturelle. Celle-ci cause un changement progressif au fil du temps et entraîne l'apparition de nouvelles espèces.

Une période de 113 ans sépare la formulation de la théorie de la sélection naturelle prônée par Charles Darwin en 1859, de la 1^{ère} mesure de son impact global sur le génome d'une espèce (Veuille, 1992).

Bien qu'elle ait obtenue un grand succès au moment de sa formulation, la théorie de la sélection naturelle fut rapidement remplacée par la " théorie mutationniste " De Vries en 1901. Cette dernière est, notons-le, contemporaine de la redécouverte des lois de Mendel par Correns, De Vries et Tschermk en 1900. Après 1930, lorsque les généticiens des populations proposèrent les premières équations mathématiques décrivant, en théorie, l'effet de la sélection naturelle sur l'évolution des espèces, la théorie de la sélection naturelle devient évidente. (Veuille, 1992).

1.3.2. L'héritabilité

Pour le sélectionneur, il ne suffit pas d'avoir une disponibilité en variabilité dans le matériel pris en compte. Mais il est indispensable de comprendre la structure de cette variabilité pour gérer efficacement et orienter son utilisation en sélection. Pour se faire, la connaissance de la part de la variabilité génétique dans la variabilité totale estimée pour un caractère observé est la base de toutes les manipulations de sélection. En effet, la sélection sera d'autant plus facile que la part de la variabilité due au milieu présente dans la variabilité totale observée sera faible (Lecochec, 1972). Pour répondre à ce genre de préoccupation il suffit d'estimer l'héritabilité du caractère recherché dans le matériel étudié.

L'héritabilité est un nombre résultant d'une analyse de variance. Elle prétend estimer dans l'échantillon étudié la part de la variabilité d'origine génétique (Jacquard et Serre, 1977) et indiquer si les différences observées entre individus proviennent de variation dans la constitution génétique des plantes ou sont liées au facteur du milieu (Demarly, 1977). Elle est symbolisée par la lettre H ou h^2 selon les auteurs. Ce paramètre caractérise pour un caractère quantitatif donné, l'aptitude des parents à transmettre leurs qualités à leurs enfants, selon un système de reproduction déterminé (Gallais, 1973). En effet, l'efficacité de la sélection sur des caractères quantitatifs (c'est-à-dire la facilité avec la quelle le caractère observé se transmet à la descendance) dépend du système de reproduction et des effets génétiques (Lecochec, 1972).

L'héritabilité peut être définie de deux façons; l'héritabilité au sens large et l'héritabilité au sens étroit.

1.3.2.1. L'héritabilité au sens large

Elle est applicable dans le cas où un choix des reproducteurs est réalisable préalablement. Elle s'exprime par le rapport :

$$h^2 = \frac{\text{Variance génétique}}{\text{Variance phénotypique}}$$

Elle représente la proportion de la variabilité totale observée due à la variabilité génétique. Dans ce type de l'héritabilité, on rencontre la variabilité due à tous les types d'actions de gènes: additivité, dominance et épistasie.

1.3.2.2. L'héritabilité au sens restreint

Elle est applicable dans la mesure où on fait reproduire entre eux des génotypes choisis. Elle s'exprime par le rapport:

$$h^2 = \frac{\text{Variance génétique additive}}{\text{Variance phénotypique}}$$

Elle représente la part de la variabilité totale observée due à la composante additive de la variabilité génétique.

Pour plusieurs auteurs, cette définition est la seule qui devrait porter le nom d'héritabilité.

Contrairement à l'héritabilité au sens large, l'héritabilité au sens étroit comprend la variabilité due à l'action des gènes additifs seulement.

1.3.2.3. Les méthodes de calcul de l'héritabilité

Différents auteurs ont proposé plusieurs méthodes pour calculer l'héritabilité. Chaque méthode nécessite une définition des hypothèses de départ. Ces définitions sont établies à partir d'une connaissance préalable des conditions de l'expérimentation, du mode de reproduction de la plante, de l'aspect théorique du modèle génétique impliqué et du système de sélection.

La méthode de la régression

Elle est utilisée pour définir l'héritabilité au sens étroit, la formule proposée est :

$$h^2 = \frac{\text{COV (op)}}{\sigma^2 (P)} = b (op)$$

COV(op) : étant la covariance de la descendance et les parents

$\sigma^2(P)$: la variance du parent

b(op) : la régression de la descendance sur le parent

Pour Cohat (1988), le coefficient de régression caractérise le degré de ressemblance entre enfants et parents.

Dans les populations allogames, l'héritabilité d'un caractère au sens étroit est donc égale à deux fois la régression de la valeur moyenne de la descendance à la valeur du parent connu (Demarly, 1977 ; Ecochard *et al*, 1979).

Chez les plantes autogames, d'après Le Cohec (1972), une généralisation de la formule de régression a été proposée :

$$h^2 = \frac{\bar{x}}{\bar{y}} b_{yx} 100$$

\bar{x} = moyenne de la génération la moins avancée

\bar{y} = moyenne de la génération la plus avancée

Cependant, d'après plusieurs auteurs, l'effet du milieu est inévitable. Des estimations de l'héritabilité peuvent atteindre des valeurs supérieures à 1. Pour éliminer cet effet, le coefficient de corrélation a été calculé au lieu du coefficient de la régression. Ceci leur a permis d'éliminer une partie de l'interaction milieu X génotype qui persiste dans la méthode de la régression et h^2 devient :

$$H = r_{F1/F2} = \frac{\text{Cov } F2/F3}{\sqrt{VF2 \text{ } VF3}}$$

$r_{F1/F2}$ = Corrélation parent-enfant
 Cov F2/F3 = Covariance parent-enfant
 VF2 et V F3 = Variances.

L'utilisation de la méthode de régression et celle de la corrélation a conduit les auteurs aux déductions suivantes :

- Lorsque les résultats de l'estimation de l'héritabilité obtenus par les deux méthodes (de la régression et de la corrélation) sont égaux, la variance phénotypique des deux générations est la même.
- La variance due à la dominance tend à rendre les héritabilités estimées obtenues par le coefficient de corrélation supérieures à celles obtenues par le coefficient de régression.

Les méthodes de l'analyse des composantes de la variance génétique

Cette méthode consiste à faire une analyse des différentes variances qui composent la variance génétique entre autres, la variance de la dominance et celle de l'additivité.

Le modèle proposé par FISHER décompose la mesure du caractère en :

- termes additifs (représentant l'effet additif direct de chacun des gènes) ;
- terme de dominance (effets d'interaction entre gènes d'un même locus) ;
- terme d'épistasie (effets d'interaction entre gènes de locus différents) ;
- termes d'interactions plus complexes ;
- terme d'influence environnementale.

Dans ce modèle " purement statistique " où par construction, les termes de dominances sont minimisés. Chacun des termes est une variable aléatoire dont on peut calculer la variance (Jacquard et Serre, 1977). La variance totale phénotypique d'un caractère, s'exprime grâce à « l'analyse de variance » en une somme de composantes correspondant aux diverses causes de variabilité:

$$VG = VA + VD + VI$$

VG = variance génétique; regroupant la variance additive, variance de dominance et la variance d'épistasie.

$$Vp = VG + VE$$

VE = variance due à l'environnement

VG = variance due à l'interaction entre le génotype et l'environnement

Cette méthode est la plus utilisée. Elle correspond aux héritabilités au sens large et au sens restreint.

Plusieurs auteurs ont mené de nombreux travaux dans le but de décrire et de discuter les méthodes utilisées pour l'analyse de ces variances. Ils ont également précisé, suivant le type de la reproduction, les conditions nécessaires pour leur bonne estimation.

Ecochard *et al.* (1979), résumant respectivement :

* la répartition de la variance génétique en une composante additive et une composante de dominance au cours des générations successives d'autofécondation.

* La répartition de la covariance génétique plante mère / plante fille en une composante de dominance au cours des générations successives d'autofécondation.

La méthode de l'héritabilité réalisée

Un calcul direct de l'héritabilité réalisée peut-être fait comme suit :

$$h^2 = \frac{R}{S}$$

R= Réponse à la sélection;

S= Différence en sélection.

1.3.2.4. L'héritabilité et le progrès génétique réalisé ou attendu

La formule générale de prédiction du progrès génétique est la suivante:

$$G = K \sigma H$$

K= Intensité de sélection exprimée en unité d'écart type;

σ = l'écart type

H = l'héritabilité

Le progrès génétique attendu dépend de trois paramètres principaux :

- le nombre de caractères pris en compte ;
- la méthode de la sélection utilisée ;
- le mode de la reproduction du matériel étudié.

Selon les auteurs, d'autres paramètres peuvent intervenir, entre autres, le degré de la ploïdie. De ce fait, plusieurs formules ont été proposées en fonction de la réponse du matériel génétique placé dans des conditions d'expérimentation.

Le degré de signification du coefficient de l'héritabilité diffère d'un auteur à un autre. En effet, il n'existe pas actuellement de définition précise de la haute ou de la faible héritabilité (Stanfield, 1984). Cependant, et de façon générale, deux types d'intervalles de significations sont utilisés.

1^{er} type :

—————→	$h^2 > 0,5$	Grande héritabilité
—————→	$h^2 = 0,2 \text{ à } 0,5$	Héritabilité moyenne
—————→	$h^2 < 0,2$	Faible héritabilité

C'est ce type qui est le plus utilisé actuellement, surtout en zootechnie.

2^{ème} type :

—————→	$h^2 = 5 \text{ à } 10 \text{ P.100}$	Faible héritabilité (rendement)
—————→	$h^2 = 10 \text{ à } 30 \text{ P.100}$	Héritabilité moyenne (composantes du rendement, la taille, les caractères de qualité).
—————→	$h^2 = 30 \text{ à } 60 \text{ P.100}$	Héritabilité élevée (les caractères de maturité et de composition chimique).

Le 2^{ème} type est très peu utilisé.

1.4. La germination

Présentation de l'organe :

1.4.1. La graine

La graine est un organisme unique, souvent pourvue de sa propre méthode de dispersion. Elle contient en elle-même une plante à l'état embryonnaire, lien entre les générations, capable de se développer dans des conditions spécifiques (Boyce, 1992). Elle représente l'étape finale de l'évolution de l'ovule fécondée (Côme, 1970). En effet, la graine, c'est la forme sous la quelle sont détachés et dispersés les jeunes embryons issus des phénomènes sexuels intra ovulaires (Augier *et al*, 1982).

La structure de la graine

De manière générale, plusieurs auteurs rapportent que du point de vue anatomique, la graine se compose essentiellement de l'amande entourée par le tégument.

- L'amande représente l'ensemble de l'embryon et l'albumen: l'embryon est l'élément actif de la graine. Il résulte du développement de l'œuf obtenu grâce à une fécondation entre l'oosphère et un gamète mâle. L'albumen ou l'endosperme est une masse cellulaire qui dérive de l'œuf secondaire. Il est le résultat de l'union de deux gamètes femelles fusionnés entre eux et avec un seul gamète. Son rôle principal est de nourrir l'embryon.

- Le tégument est constitué par les enveloppes de la graine, dont le rôle est d'entourer et de protéger l'embryon et l'albumen.

Lorsque l'embryon a atteint une taille de 1 mm à 1 cm (le ou les cotylédons sont ordinairement visibles), il se déshydrate progressivement et passe à l'état de vie ralentie. Il en est de même pour ce qui peut persister d'albumen à ce moment. Ainsi la graine mure est formée d'une plante minuscule, accompagnée ou non d'albumen, dans une enveloppe tégumentaire formée d'un ou deux téguments plus ou moins durs.

La figure1 schématise l'origine des divers éléments constituant des semences sèches (Côme, 1970).

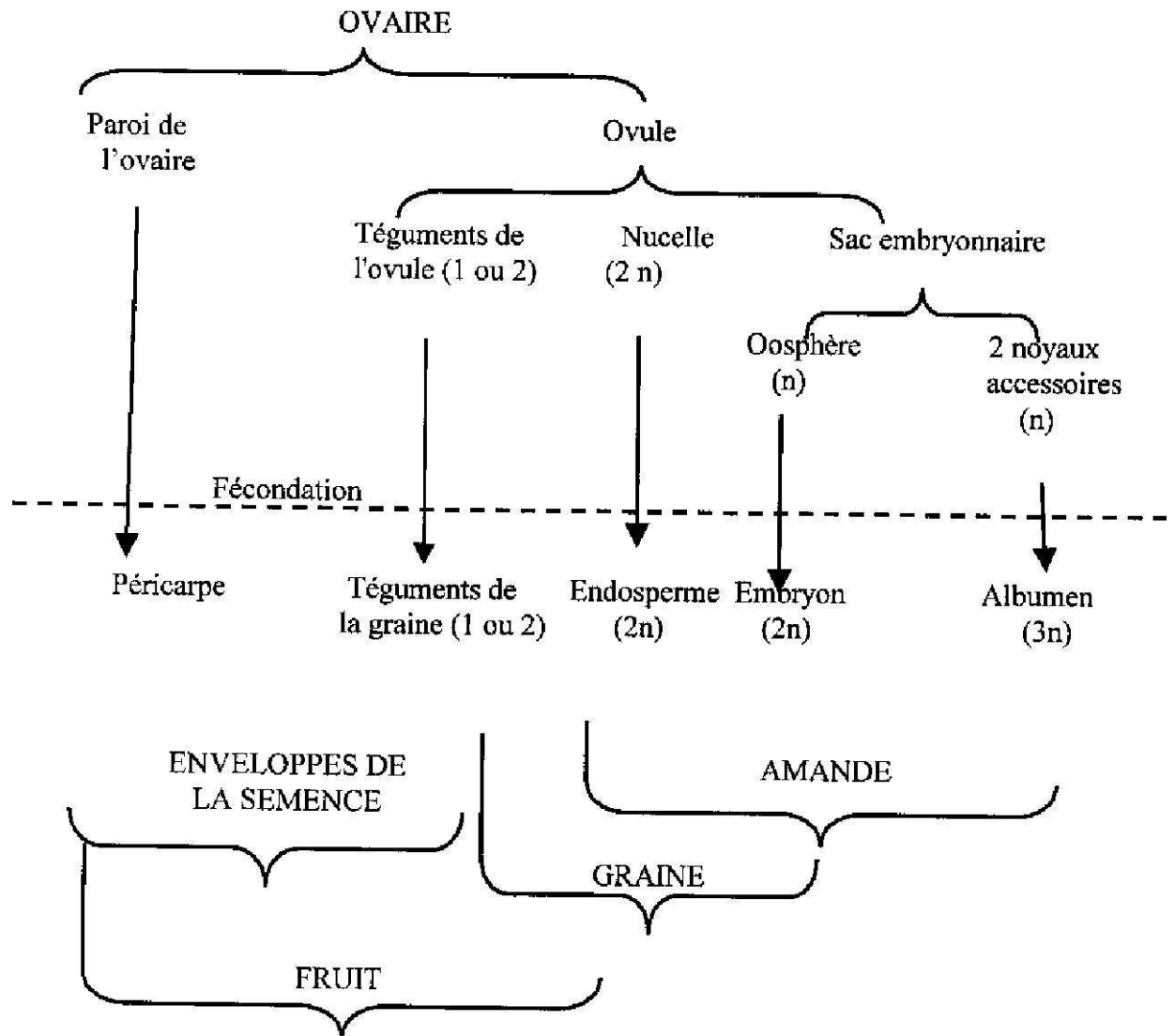


Fig. 1 : Origine des divers éléments constituant des semences sèches (Côme, 1970).

1.4.2. La germination des graines

La germination est un phénomène physiologique qui apparaît chez une graine mure et saine. Elle permet à la graine le passage de l'état de vie latente à l'état de vie active. Cette transition nécessite la présence de conditions environnantes favorables (température, humidité, oxygène, et lumière).

La germination commence avec le début de l'imbibition de la semence et s'achève juste avant l'allongement de l'axe embryonnaire (Côme, 1982). En effet, Evenari (1957 in Tissaoui et Côme, 1975), considèrent que la germination d'une graine ou d'un embryon est achevée lorsque sa radicule commence à s'allonger.

Les différentes phases de la germination

Selon Lewak *et al.* (1975), le processus de la germination est un enchaînement de trois phases bien définies. Elles ont été mises en évidence de plusieurs façons chez diverses semences par plusieurs auteurs, citons entre autres Evenari (1957, 1965), Rollin (1963, 1975), Côme (1975), Tissaoui et Côme (1975) et Le Dunff (1976 in Perino et Côme, 1977).

- La première phase de la germination est une phase d'imbibition de la graine, au cours de laquelle s'effectue l'hydratation des tissus conduisant à une reprise de l'activité métabolique
- La deuxième phase de la germination est une étape qui débute après l'imbibition de la graine et s'achève quelques heures avant le début de l'allongement de la radicule. Pendant cette phase se déroule un ensemble de processus métaboliques. Elle ne se manifeste par aucun changement morphologique. C'est une étape qui est imperceptible. Elle correspond au point de démarrage de la troisième phase.
- La troisième phase de la germination se manifeste par la croissance de la radicule.

Perino et Côme (1977) rapportent que la deuxième phase a connu plusieurs dénominations par plusieurs auteurs. En effet, Evenari (1975) l'a appelé «phase d'activation» Rollin (1975a) l'a dénommé «phase II» et Tissaoui et Côme (1975) l'ont appelé «phase de germination *sensu stricto*». La première et la troisième phase sont appelées par Rollin (1975) par «phase I» et «phase III».

Evenari (1975) distingue 04 phases dans la germination: une phase d'imbibition, une phase d'activation, une phase mitose et la phase terminale de l'allongement de la radicule (Côme, 1970).

Agrawal (1992) note également, que la germination comprend 04 phases: l'imbibition, l'activation enzymatique, l'élongation / division cellulaire et l'allongement de la radicule. Toutefois, Tissaoui (1970) et Thevenot et Côme (1973 *in* Tissaoui et Côme, 1975) rapportent que divers résultats tendent à montrer que la croissance de la racine est un phénomène physiologique différent de la germination.

Par ailleurs, la définition que donnent les physiologistes à la germination, correspond à celle de la germination «*sensu stricto* ». Il est généralement admis, que le processus de la germination est la phase comprise entre le début de l'hydratation de la semence et la perforation des téguments par la radicule Mayer (1980 et 1981 *in* Chadœuf-Hannel (1985).

1.4.3. La dormance et l'inhibition de la germination

Les semences viables non dormantes, placées dans des conditions favorables de température, d'humidité, d'oxygène, et de lumière; ne restent pas indifférentes. Elles germent facilement. Cependant, il existe des cas où, des semences germent difficilement ou ne germent pas du tout bien qu'elles soient placées dans un environnement d'habitude approprié.

La non germination des graines peut avoir des causes diverses d'origine interne ou externe. Certaines causes sont définitives tels que la mort du germe provoquée par des mauvaises conditions de conservation ou le vieillissement des graines. D'autres causes peuvent être temporaires et dans ce cas, les graines sont qualifiées de graines dormantes.

La dormance des graines

La dormance est un phénomène temporaire qui touche les graines dont l'embryon est toujours vivant. La majorité des auteurs l'emploie indifféremment pour désigner l'état physiologique dans lequel se trouve une semence ou un embryon qui, bien que placé dans des conditions favorables à leur germination, est incapable de germer.

L'état d'inhibition de la germination des semences dû à plusieurs facteurs endogènes est connu sous le nom de dormance ou période de repos (Agrawal, 1992)

L'inhibition de la germination

Toute cause de la non germination d'un embryon non dormant produit une inhibition de germination. Celle-ci est levée quand l'agent inhibiteur est supprimé (Côme, 1970).

La dormance et son origine

D'après Rollin (1966), Binet et Brunel (1968), Deysson (1967) et Côme (1970), les téguments ou les péricarpes peuvent être responsables d'inhibition de la germination. On parle alors d'une dormance d'origine tégumentaire ou péricarpique. Dans le cas où la dormance réside dans l'embryon lui-même, il s'agit alors d'une dormance embryonnaire.

Il n'est pas toujours possible de préciser si l'inaptitude d'une semence à la germination est le fait d'une dormance embryonnaire ou d'une inhibition tégumentaire. La semence est alors considérée comme un tout et le terme dormance est employé dans son sens large. On parle de dormance de la semence (Côme, 1970).

Cependant, Côme (1970) et Chadoeuf-Hannel (1985) rapportent que certains auteurs tels que Evenari (1951), Côme (1967) et Vigis (1964) préfèrent utiliser le terme de «dormance» ou «dormance réelle» ou «dormance vraie» lorsque l'embryon est dormant, et lorsque la germination ne peut se réaliser quelles que soient les conditions auxquelles la semence est soumise. Le terme de «dormance relative» est réservée pour les cas exigeant des conditions bien définies et très précises.

De façon générale, les deux dénominations qui sont fréquemment utilisées par les auteurs sont: la dormance embryonnaire et la dormance tégumentaire.

Les différents types de dormances

Plusieurs auteurs considèrent que, suivant le moment où une graine est, ou devient inapte à germer, deux types de dormances peuvent apparaître: la dormance primaire et la dormance secondaire.

La dormance primaire

Elle apparaît juste après la récolte ou la chute des graines. Elle est due à une maturité physiologique inachevée. Après sa chute, la graine est morphologiquement mûre. L'embryon n'est pas encore bien différencié. En outre, son intensité varie selon l'espèce ou la variété. Toutefois plusieurs auteurs rapportent que la dormance primaire dépend de l'année, du lieu de la récolte et de la température à laquelle les graines sont mises à germer.

Karssen (1980-1981 *in* Chadoeuf-Hannel, 1985) souligne que la dormance primaire peut être aussi induite par les conditions environnementales subies au cours de la maturation des semences sur la plante mère.

La dormance secondaire

Ce type de dormance se manifeste chez les graines qui possèdent déjà une aptitude à la germination. Celle ci peut être bloquée momentanément sous l'effet de certains facteurs naturels (ou artificiels) après dissémination des semences. La dormance secondaire a été induite, il s'agit de dormance induite (Côme, 1970). Ce type de dormance peut toucher les graines qui ont déjà subi une dormance primaire et de celles qui n'en ont pas subi.

La figure 2, représente d'après ce même auteur, les modifications de la dormance établies par Karssen (1982).

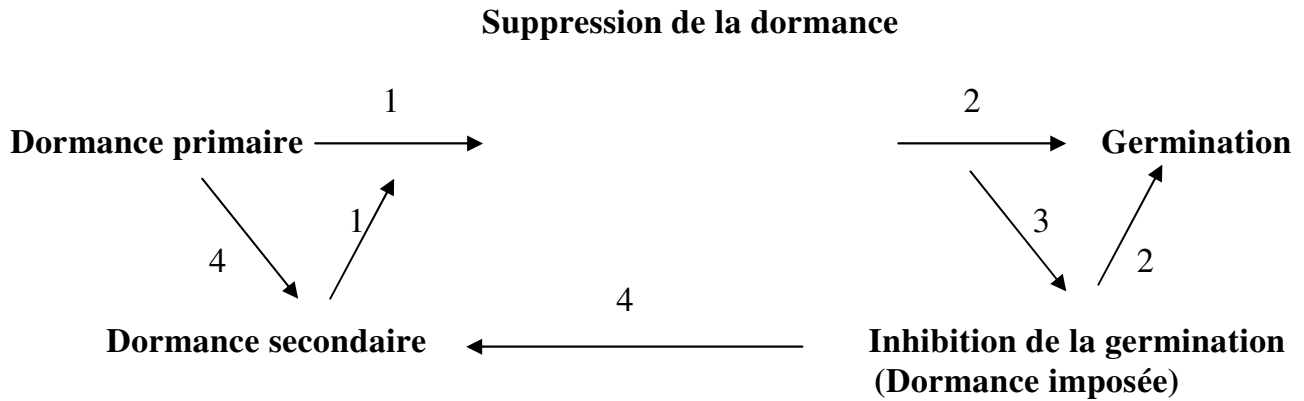


Fig. 2 : Modification de la dormance d'après (Karssen, 1982 *in* Chadœuf- Hannel, 1985).

1 - Facteurs supprimant la dormance ; 2 - Facteurs correspondant aux exigences germinatives des semences ; 3 -Facteurs différents des conditions nécessaires à la germination et / ou facteurs inhibiteurs de la germination ; 4 - Facteurs induisant la dormance.

La levée de dormance

Il existe de nombreux moyens naturels ou artificiels (pré-traitements) permettant de lever la dormance chez les graines dormantes restées à la surface ou enfouies dans le sol.

Les moyens naturels

Dans les conditions naturelles, la dormance de la plupart des graines d'espèces annuelles est levée principalement par quatre facteurs. Il s'agit de la lumière, l'alternance de température, la stratification et la présence d'ion nitrate. D'autres facteurs tels que la composition gazeuse ou la teneur en eau du sol peuvent participer à la perte de dormance (Chadœuf-Hannel, 1985).

La levée de dormance des graines par les moyens naturels est un processus très long. Il nécessite que la graine soit exposée et soumise à l'effet de divers facteurs. Il s'agit, entre autres, des facteurs climatiques et des microorganismes du sol. Pour le cas de la dormance tégumentaire, dans la nature, les cycles de dessiccation et d'humidification, les alternances de températures (basses et élevées), l'action des microorganismes favorisent la destruction de l'intégrité des enveloppes séminales. Celles ci imposent une dormance chez les semences d'un grand nombre d'espèce annuelles (Chadœuf-Hannel, 1985).

Les dormances embryonnaires sont généralement éliminées par les températures hivernales. Pour plusieurs auteurs, l'effet des froids entraîne la modification des concentrations d'hormones à l'intérieur des semences. Ceci provoque l'apparition d'un nouvel équilibre entre inhibiteurs et promoteurs de germination. De même que (Cohen, 1958 *in* Côme, 1975) rapporte, que les températures alternées agissent au niveau des cellules de l'embryon en provoquant la destruction d'une structure cellulaire organisée faisant obstacle à la germination.

La dormance des tubercules de Topinambour est levée par le froid hivernal. En condition expérimentale, cette levée de dormance est observée en 16 semaines à 4°C, ou en deux semaines en anoxie à de basses températures (Charnay et Bogen-Ottoko, 1977).

Plusieurs auteurs expliquent l'effet de la lumière dans la levée de la dormance par les modifications subies par le phytochrome, sous l'effet de l'enfouissement des semences. Ainsi la variation dans les conditions environnementales comme conséquence de l'enfouissement des semences peuvent provoquer une levée de la dormance des graines.

L'effet de l'oxygène contenu dans le sol, sur la dormance des graines a pu être expliqué par le fait que des situations d'anoxie peuvent apparaître à la suite d'un excès d'eau. Ces périodes temporaires d'anoxie peuvent intervenir sur les propriétés germinatives des semences comme l'ont montré Le Deunff (1976) avec des semences de *Rumex crispus*, Côme et Thevenot (1982) avec des embryons de pommier ou des semences de plantes cultivées (Chadœuf-Hannel, 1985).

Ce même auteur rapporte que d'après Raymond et Pradet (1980), les semences résistent assez bien à l'anoxie, même lorsque celle-ci est prolongée en réagissant par une entrée en vie latente. D'après (Mrrisset *et al.*, 1982 *in* Chadœuf-Hannel, 1985), en dehors de l'activité respiratoire, l'état anoxique dans lequel sont placés des tissus vivants peut stimuler le fonctionnement de différentes voies métaboliques qui ne fonctionnent pas en aérobose.

Par ailleurs Chadœuf-Hannel, 1985 cite que les semences de certaines espèces développent une dormance secondaire en absence de nitrate dans le sol, dans lequel elles sont enfouies pendant la période hivernale. Les graines perdent leur dormance primaire en cas de présence de nitrate dans le sol. Plusieurs auteurs rapportent que, bien que les facteurs cités auraient des effets séparés, ils stimulent d'avantage la germination lorsqu'ils agissent ensemble.

D'autre part, les scarifications chimiques, mécaniques ou physiques peuvent aussi entraîner une levée de la dormance tégumentaire. Ces scarifications peuvent être provoquées par l'effet de l'action des sucs digestifs des animaux ou sous l'effet de putréfaction ou par craquelure des téguments due à une succession de froid et de chaleur.

D'autre part Lewaks *et al.* (1975), pensent que la levée de la dormance par la stratification passe par trois phases. Il s'agit d'une phase d'élimination de la cause primaire de la dormance, une phase d'activité métabolique intense et enfin, une phase d'initiation de la germination.

Les moyens artificiels (pré-traitement)

Il s'agit des traitements appliqués avant, pendant ou après la conservation des graines. Les moyens artificiels permettent l'élimination de la dormance tégumentaire ou embryonnaire par des traitements mécaniques, chimiques, physiques, physiologiques ou biologiques (isolés ou associés).

Les prétraitements ne font pas germer les graines, mais ils les aident à devenir aptes à germer ultérieurement quand toutes les conditions indispensables sont réunies.

Les moyens artificiels les plus utilisés sont :

- L'effet de la lumière et des températures alternées:

Habituellement, lorsqu'on alterne les températures, la plus basse est maintenue 16 heures par jour tandis que la plus élevée dure 8 heures. La période de transition peut durer une heure et moins pour les semences dormantes (Van Geff, 1992). De même qu'une exposition des semences à des températures basses (5° à 8°C), à des températures élevées (40°C à 45°C), à des températures fluctuantes (20°C et 30°C) ou à la lumière, peut aider à surmonter la dormance (Agrawal, 1992)

- Le tableau 2 résume les produits chimiques les plus utilisés pour surmonter la dormance.

Tableau 2 : Produits chimiques utilisés pour surmonter la dormance (Agrawal, 1992)

Régulateurs de croissance	gibbérellines; cytokinines ; ethylene
Produits tirés des plantes	fusicoccine ; cotylérol ; cotylénine ; strigol (exudat des racines de la plante hôte)
Inhibiteurs de croissance	Acide ; cyanide ; malonate ; sulfure d'hydrogène ; monoxyde de carbone ; fluorure de sodium ; acétate d'iode ; dinitrophénol ; L- et D- chloramphénicole hydroxylamine.
Oxydants azotes	Hypochlorite ; oxygène
Composés	Nitrate ; nitrite ; hydroxylamine ; urée
Composés sulfurés	Ditiotreititol;2-mercaptoéthanol ;2,3-imercaptopropanol
Divers	Acétone ; éthanol ; éthyle ; éther ; chloroforme ; bleu de méthylène ; dioxyde de carbone ; phénols ; hydroxyquinoleine ; diméthylglyoxime.

Lors des essais de germination des semences, le nitrate de potassium, l'acide gibbérellique (GA3), la Kinétine, l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique sont fréquemment utilisés (Agrawal, 1992).

Nitrate de potassium: le substrat est humecté à l'aide d'une solution de KNO_3 à 0,2 % (2 g/l d'eau). Une humidification à l'eau a lieu ultérieurement (Van Geff, 1992).

Acide gibbérellique (AG3) : lors des essais de germination, l'emploi de l'AG3 est limité à quelques espèces. Selon le degré de dormance des semences, le substrat est humecté d'une solution de 200 à 1000 ppm d'AG3, préparée en dissolvant 200 à 1000 mg d'AG3, dans un litre d'eau. Pour des concentrations supérieures à 800 ppm, l'AG3 est dissout dans une solution tampon préparée en dissolvant 1,7799 g de Na_2HPO_4 , $2\text{H}_2\text{O}$ et 1379,9 mg de NaH_2PO_4 , H_2O dans un litre d'eau distillée.

Agrawal (1992) a suggéré et a décrit plusieurs autres méthodes qui sont utilisées très souvent. Ces méthodes sont :

L'entreposage à sec: les semences sont entreposées pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois avant l'essai de germination.

Le Pré séchage: les semences sont chauffées à une température n'excédant pas les 40°C (35°C habituellement). Elles sont exposées à un courant d'air chaud pendant plus de sept jours avant l'essai de germination.

La Pré réfrigération: les semences sont placées sur un substrat humide à une température assez basse (5°C à 10°C) pendant une période initiale avant passage à la température de germination. Cette opération peut durer un à 07 jours. Cependant, pour les semences d'arbres, une période plus longue (07 jours à 12 mois) et une température plus basse (1°C à 5°C) sont souvent requises.

Le Pré lavage: les inhibiteurs naturels solubles dans l'eau peuvent être éliminés en trempant et lavant les semences à l'eau, antérieurement à l'essai de germination. La température de l'eau est habituellement maintenue entre 20°C et 25°C

La Scarification manuelle ou avec des acides: ce traitement est appliqué surtout aux semences de légumineuses. A l'aide d'une aiguille ou d'un scalpel, ou d'une lime, on essaie de transpercer ou d'ébrécher ou de limer le tégument.

1.4.4. Les facteurs influençant le comportement germinatif des graines:

L'aptitude à la germination des graines peut être entravée ou bloquée par plusieurs facteurs. Ces derniers sont soit endogènes ou exogènes, ou par leurs effets combinés.

Les facteurs endogènes

Les facteurs endogènes se résument en éléments constituant la graine dont les principaux sont l'embryon et le tégument.

L'embryon

L'organe actif d'une semence est l'embryon dont les cellules se différencient au moment de la germination pour former les organes de base d'une plantule ; la radicule, l'épicotyle et l'hypocotyle. Pour certaines espèces, la maturité de la semence ou la graine, est apparente c'est-à-dire, que la graine paraît mûre morphologiquement, alors que physiologiquement, l'embryon n'a pas atteint sa maturité. En réalité, cette graine a besoin d'un certain temps pour qu'elle puisse acquérir sa maturité physiologique, c'est une étape de post-maturation. La germination est possible dès que le milieu extérieur est adéquat pour la germination des graines de l'espèce en question (Deysson, 1967 ; Binet et Brunel, 1968). Une stimulation externe est nécessaire pour que l'embryon puisse arriver à achever sa maturité.

Le tégument

Le tégument qui a un rôle protecteur de l'embryon peut entraver la germination et la retarder sous l'effet de l'une des deux principales causes. Il s'agit de la structure du tégument et de sa composition biochimique. Elles sont reconnues par plusieurs auteurs, comme causes principales de l'inhibition tégumentaire de la germination.

- La structure du tégument lui confère soit :

Une résistance mécanique qui s'exprime par une dureté des téguments (Chouard, 1954 *in* Jassay et Monin, 1980 ; Jassay *et al.*, 1982) ;

Une imperméabilité du tégument à l'eau (Hamly, 1932 *in* Jassay et Monin, 1980) ;

Une imperméabilité à l'oxygène (Côme, 1962 *in* Jassay et Monin, 1980).

- La composition biochimique du tégument:

Le tégument joue le rôle d'obstacle à la germination des graines à cause d'une présence de substances inhibitrices dans le tégument (Evenari, 1949 ; Kugler, 1955 ; Delouche, 1956 ; Cohen, 1956 ; Binet, 1957 ; Malcosye, 1980 *in* Jassej et Monin, 1980). Ces substances peuvent être de nature volatiles ou hydrosolubles qui créent une barrière chimique (Côme, 1962 *in* Jassej et Monin, 1980). Citons entre autres les aldéhydes (benzaldéhyde, aldéhyde salicique....), les acides organiques (acides malique, citrique), les acides aromatiques (acide cinnamique....).

Dureté des graines

Certains travaux semblent montrer que la dureté apparaît tout à fait à la fin de la maturité des graines, pendant la période de déshydratation intense (Côme, 1975).

Quant à l'origine de la dureté des graines, le même auteur rapporte que, l'imperméabilité à l'eau des graines dures, réside dans la structure de leur tégument.

Divers travaux ont été effectués pour expliquer quelle est la formation responsable de la dureté (Côme, 1970). Selon les auteurs, l'imperméabilité à l'eau est attribuée, en fonction des espèces, à la totalité des cellules, à la cuticule seule, aux cellules de Malpighi ou à la ligne lumineuse qui correspond à une organisation particulière de la membrane des cellules de Malpighi (Pitot, 1935 *in* Côme, 1975).

En effet, dans le cas des graines d'*Hédysarum coronarium*, l'obstacle à la pénétration de l'eau se situe dans la zone superficielle du tégument (Côme et Semadeni 1973 *in* Côme, 1975). D'après plusieurs auteurs, le taux de graines dures obtenu dans un même lot de semences est fonction de plusieurs facteurs. Il s'agit, entre autres de l'espèce ou de la variété, la provenance des graines et les conditions de développement des plantes.

Le facteur génétique

La germination et les premières heures du développement sont marquées, dans l'embryon par la reprise des activités métaboliques. Celles-ci se traduisent notamment, par des synthèses d'ADN, d'ARN, et des protéines (Grellet et Ghitton, 1976).

A partir d'hybridations inter et intra spécifiques chez *Papaver*, Harper Mc Naughton, 1960 in Chadœuf-Hannel, 1985 découvrent une prédominance des caractéristiques maternelles dans la dormance des semences

Kugler (1951), Heynh et Kasper Bauer (1968) cités par Jassey *et al.* (1979), en travaillant respectivement sur *Arabidopsis thaliana* et *Nicotiana tabacum* L., pensent que les deux parents contribuent à la transmission de ce caractère, toutefois, il y a une plus grande influence maternelle ; par contre Susuki et Takahashi (1969 in Jassey *et al.*, 1979) tendent à montrer, sur *Cucumis sativus* L., que cette origine est uniquement maternelle.

Les travaux de Jana *et al.* (1979), Jana et Naylor (1980) et Jain (1982 in Chadœuf-Hannel, 1985) montrent chez *Avena fatua* L., que le caractère dormant est contrôlé au moins par trois gènes. L'héritabilité de ce caractère, étudiée au champ sur 04 populations, est d'environ 50 %. Par contre, les travaux effectués sur *Avena barbara* L. et *Bromus mollis* L, montrent que l'aptitude héréditaire de la dormance chez les semences de ces dernières est très faible.

Les facteurs exogènes

En plus des facteurs internes propres à chaque espèce ou variété, d'autres externes, parfois difficilement contrôlables peuvent en effet intervenir, avant ou après la récolte des semences pour modifier leurs comportements en **germoirs (Côme, 1970)**.

Les conditions agro-climatiques

La régulation de la dormance par les conditions agro- climatiques au cours de la maturation des semences a fait l'objet de nombreux travaux. Selon plusieurs auteurs, la photopériode, la qualité de la lumière et la température souvent associée aux conditions d'humidité du sol, sont les facteurs prépondérants pour moduler l'aptitude germinative des semences produites (Chadœuf-Hannel, 1985).

D'après le même auteur, l'effet photopériodique peut jouer sur la dimension, le poids sec des semences et sur l'épaisseur des enveloppes entourant l'embryon. Certains auteurs notent une différence de couleur entre des semences mûries en jours courts et celles mûries en jours longs. Cette différence de couleur est responsable d'une hétérogénéité du comportement germinatif.

Les conditions de la pré-récolte et celles de la récolte

Les conditions de la pré-récolte sont celles subies par les plantes parentales. Citons entre autres l'origine géographique des semences, l'influence de l'espèce, de la variété et les conditions climatiques. Le moment de la récolte des graines peut avoir en fonction des conditions climatiques et de la prédisposition de l'espèce, des effets perceptibles sur la germination.

Par ailleurs, les conditions de développement dans lesquelles les plantes mères, c'est-à-dire plantes porte-graines, accomplissent leur cycle végétatif peuvent influencer le comportement germinatif des graines issues de ces dernières. Effectivement, lors de la fécondation, le parent femelle apporte au moins la moitié de patrimoine héréditaire. Il doit, ensuite, assurer le développement de la semence jusqu'à sa maturité. Les semences sont donc tributaires des conditions de développement du « porte-graine » (Rollier *et al.*, 1977).

En effet, plusieurs auteurs rapportent que l'aptitude à germer des semences varie avec leur position sur la plante mère ou dans le fruit et l'âge physiologique de la plante-mère. Citons quelques exemples pour chaque cas :

Effet de la position de la semence sur la plante mère :

- Selon Pauvovic (1962 in Chadœuf-Hannel, 1985), les graines provenant des fruits du sommet de l'arbre de pommier germent le mieux.
- D'après Cavers et Harper (1970), les meilleurs pourcentages de germination sont obtenus pour les semences de la zone distale de l'inflorescence du *Rumex crispus* L. La même observation est faite par Maun et Cavers (1970) et Le Deunf (1976) cités par Chadœuf-Hannel, 1985).
- Selon Wright (1965 in Chadœuf-Hannel, 1985), les semences de la partie distale du cône de *Ficus strabus* ont un meilleur pourcentage de germination.

En fait, il ne semble pas y avoir de règle générale quant à l'aptitude à la germination des semences selon leur position sur la plante-mère. Chaque espèce ou chaque variété est un cas particulier (Rolier *et al.*, 1977).

Effet de l'âge physiologique de la plante mère :

Chez certaines espèces, la dormance des semences s'accroît progressivement avec l'âge de la plante-mère, exemple : *Senecio vulgaris* L. (Dumas *et al.*, 1976), d'*Oldelandia corymbosa* (Do Cao *et al.*, 1978). La relation inverse est observée chez d'autres espèces (Chadœuf-Hannel et Monin, 1980 in Chadœuf-Hannel, 1985).

D'autre part, les caractéristiques morphologiques et anatomiques des semences issues d'un même pied peuvent elles aussi avoir une influence sur leur aptitude à germer.

En outre, Grange *et al.*, 1980) observent que le vieillissement naturel des graines peut provoquer des modifications biochimiques et physiologiques. Il s'agit de la diminution de l'activité métabolique générale de la graine et de la plantule, diminution de l'importance de l'activité respiratoire, l'augmentation de l'activité totale de certains systèmes enzymatiques et l'augmentation de la perméabilité des membranes.

Les conditions de la germination

L'eau, l'oxygène, la température et la lumière influencent la germination des semences. Les trois premiers facteurs étant les plus essentiels (Agrawal, 1992).

L'eau est un facteur indispensable à la vie. En effet, l'eau sert d'abord à imbiber les téguments séminaux, ce qui les rend perméables à l'eau et aux gaz et permet à la respiration de s'installer (Bach *et al.*, 1967).

La nécessité de l'eau pour la germination est absolue. Le degré d'imbibition de l'eau est déterminé par la composition chimique de la semence, la perméabilité à l'eau du tégument et la disponibilité de l'eau dans l'environnement (Côme, 1970 ; Agrawal, 1992), de la température et de la nature spécifique de l'espèce (Binet et Brunel, 1968). Néanmoins, l'imbibition n'est pas en relation avec la viabilité de la semence.

L'oxygène : Le processus de germination nécessite une dépense d'énergie. C'est pourquoi l'oxygène est essentiel à la respiration aérobie (Agrawal, 1992). Au cours de cette phase les processus de dégradation et de synthèse sont intenses (Deysson *et al.*, 1967).

En fait, la qualité d'oxygène nécessaire à la germination des semences varie d'une espèce végétale à une autre. Dans des cas très particuliers, certaines semences germent sans apport d'oxygène. Cependant, la germination de la plupart d'entre elles exige une bonne aération (Corbineau, 1983).

La Température : Pour des espèces différentes, la germination exige des températures variables. Went (1948), Lang (1965) et Stokes (1965), cités par Côme (1975), rapportent que certaines semences ne peuvent germer que dans un intervalle de température assez réduit. Selon de nombreux autres auteurs, cet intervalle est souvent étroit pour les semences récemment récoltées. Mais, il augmente au cours de la post-maturation, soit vers les basses températures, soit vers les températures les plus élevées, soit à la fois vers les deux.

La Lumière : les semences de la plupart des espèces cultivées telles que la tomate et la courge paraissent n'avoir aucune photosensibilité (Rollin, 1975a ; Agrawal, 1992). Cependant, diverses conditions peuvent faire apparaître un besoin de lumière pour germer (Rollin, 1975b).

L'action de la lumière sur la germination des semences exige la présence d'un photorégulateur (phytochrome) dans ces dernières. De même, l'intégrité des enveloppes est une condition fondamentale de la photosensibilité. Lorsque celles ci sont altérées (scarifiées) l'embryon germe à l'obscurité comme à la lumière (Rollin, 1975b).

Le phytochrome est une chromo protéine, dont la masse moléculaire varie entre 6 et 24. Il est localisé dans l'axe embryonnaire et dans les cotylédons. Cependant, par l'utilisation d'un micro faisceau produit par un laser, on a pu montrer que seul le phytochrome de l'axe embryonnaire joue un rôle dans la germination (Rolin, 1975b).

La figure 3 représente les transformations subies par le phytochrome d'après Smith (1975 *in* Chadœuf-Hannel, 1985).

Les transformations de P₆₆₀ en P₇₃₀ se réalisent par étapes, via un nombre d'intermédiaires dont quelques-uns sont stables (Kendricks et Spruit, 1977 *in* Chadœuf-Hannel, 1985).

1.4.5. La longévité des graines

Les graines conservent plus ou moins longtemps leur pouvoir germinatif. On parle alors d'une longévité inégale. Celle -ci dépend évidemment des conditions extérieures et ne sera pas la même à l'air sec « graines des graineteries et des échantillons d'herbier » et dans le sol, à l'humidité (Deysson *et al.*, 1967). Decourty *et al.* (1967) notent qu'une conservation, pendant deux années, des pépins de pommier à l'état sec et à la température du laboratoire, ne réduit pas significativement leur faculté germinative. Par contre une conservation à l'état sec, des pépins dont les besoins en froid humide ont été préalablement satisfaits provoque une diminution rapide de leur faculté germinative.

L'expérimentation portant sur des semences conservées en graineteries permet de répartir les espèces en trois catégories (Binet et Brunel, 1968) :

- Les graines microbiontiques : dont la longévité va de quelques jours à 03 années
- Les graines mésobiontiques : pour lesquelles la longévité va de 03 à 15 ans
- Les graines macrobiontiques : qui conservent leur pouvoir germinatif au-delà de quinze ans et parfois même, jusqu'à 200 ans et plus.

Ces valeurs ne sont que des moyennes, car elles sont fonction de la température, de la teneur en oxygène et de l'humidité de l'air.

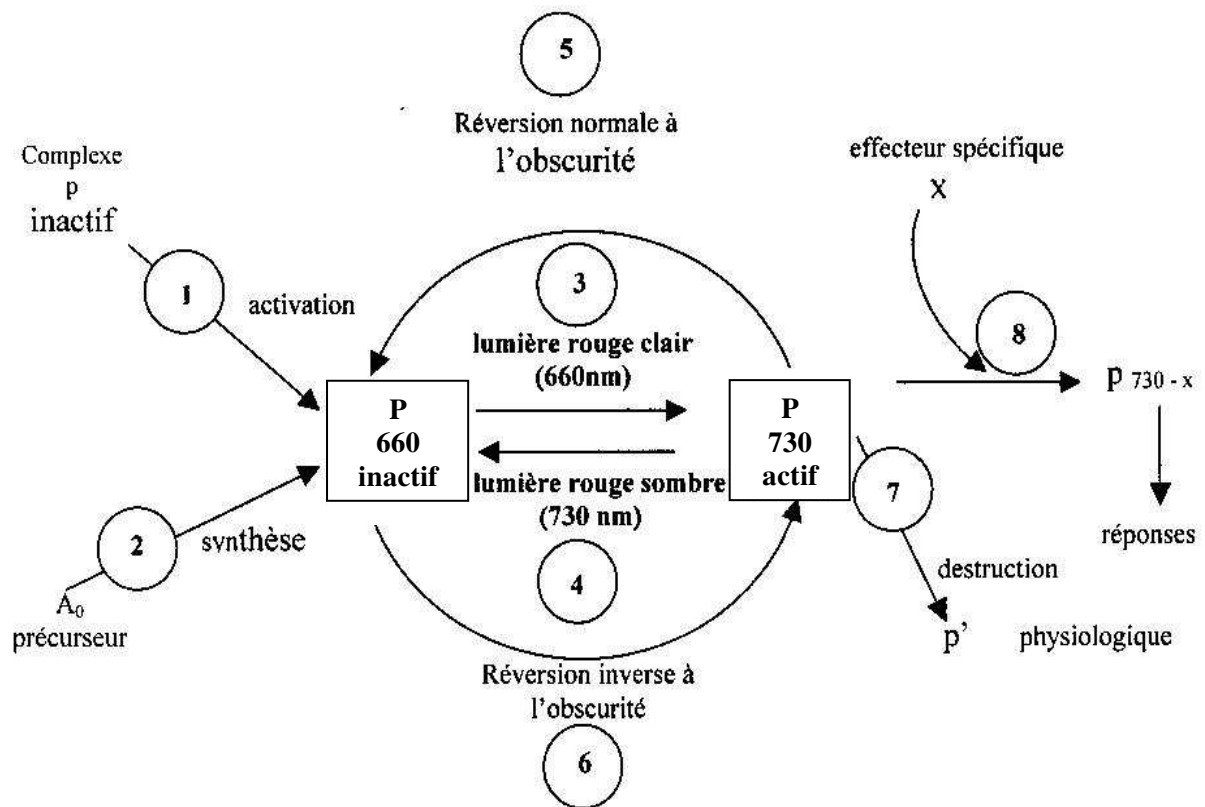


Fig. 3 : Transformations subies par le phytochrome d'après Smith (1975 in Chadœuf-Hannel, 1985)

- 1 Activation du phytochrome à partir de la forme inactive préexistante.
- 2 Synthèse du phytochrome à partir de son précurseur
- 3 Transformation de P₆₆₀ (forme inactive) en P₇₃₀ (forme biologiquement active par la lumière rouge clair)
- 4 Transformation de P₇₃₀ en P₆₆₀
- 5 Réversion à l'obscurité de P₇₃₀ en P₆₆₀
- 6 Réversion partielle à l'obscurité de P₆₆₀ en P₇₃₀
- 7 Destruction enzymatique de P₇₃₀
- 8 Réaction de P₇₃₀ avec une substance X conduisant à la germination

CHAPITRE II : AUTOÉCOLOGIE

2.1. Introduction

En Algérie, le genre a fait l'objet de trois prospections. La première réalisée en 1981 a permis de connaître sa diversité et les limites de sa répartition. La deuxième a été menée en 1988 afin de collecter des légumineuses fourragères et pastorales, dans le cadre du projet de Sidi-Bel-Abbès, par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Montpellier (France), l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC actuel, Algérie) et l'Institut National Agronomique d'El-Harrach (Algérie). La troisième a été faite en 1990 pour conforter les collections et permettre de mieux les évaluer. C'est sur l'ensemble de ces prospections que nous avons entrepris notre étude de manière à fournir des résultats homogènes pour l'ensemble du pays.

2.2. Matériels et méthodes

L'ensemble des sites visités balaye les étages bioclimatiques humides, sub-humides, semi-arides et arides. Pour chaque site, la prospection a été réalisée sur une surface d'environ un demi-hectare (jachère, friche, terre inculte). Sur les 749 sites visités, les populations du genre ont été trouvées sur 305 ; *S. vermiculatus* sur 80 sites, *S. sulcatus* et *S. subvillosus* se trouvent respectivement sur 266 et 53 sites. La détermination initiale des trois taxons a été faite conformément à la Flore de Quézel et Santa (1962). Dans le complexe *S. muricatus*, ces auteurs donnent le *S. eu-muricatus* comme très rare en Algérie, il présente des gousses inermes et n'a pas été rencontré lors de nos prospections.

Nous avons étudié l'ensemble des trois taxons dans une première étape et les deux taxons du complexe *S. muricatus* pour préciser leur différence.

Les données recueillies par site sont qualitatives et quantitatives et sont constituées par des données climatiques, orographiques et édaphiques (Tab. 3). Les données climatiques ont été obtenues à partir de l'étude de Gausson et Bagnouls (1947). En plus de la pluviométrie annuelle, nous avons pris en considération les températures moyennes annuelles, minimales du mois le plus froid, maximales du mois le plus chaud et les pluviométries moyennes mensuelles hivernales (décembre, janvier, février, mars), printanières (avril, mai, juin), estivales (juillet, août) et enfin automnales (septembre, octobre, novembre). Pour certains sites très proches des stations météorologiques, nous nous sommes basés sur les données de Seltzer (1946) ; pour les autres sites nous avons utilisé les données estimées obtenues à la station INRA de Melgueil (France).

L'estimation de la pluviométrie et de la température, pour chaque site, a été faite grâce aux informations d'au moins deux stations météorologiques et une correction liée à l'altitude a été apportée en comparant les stations d'une même région écologique (Chalet, 1995 ; Proserpi *et al.*, in Chalet, 1995). Les données climatiques sur les 24 sites seront mentionnées à titre indicatif seulement. A partir des données de pluviométrie et de température et suivant le dendrogramme d'Emberger, nous avons pu déterminer les étages bioclimatiques pour chaque site.

Un prélèvement de sol à une profondeur de 0 à 25 cm a été pris par site : les échantillons ont fait l'objet d'analyses de granulométrie, de pH (extrait aqueux 1/5), de calcaire total (méthode volumétrique) et de conductivité (extrait aqueux 1/5). Les analyses du phosphore et du sodium, connues que pour une partie des sites, n'ont pu être intégrées dans les tableaux. A partir des données de granulométrie et suivant le triangle des textures nous avons déterminé la classe de texture du sol de chaque site. Nous avons noté par site respectivement l'altitude (altimètre), l'exposition (boussole) et la pente (clinomètre). Les cailloux (éléments grossiers) en surface ont été estimés visuellement selon quatre classes (Tab. 3).

Tab. 3: Limites supérieures des classes des variables utilisées dans le traitement pour l'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) et pour les profils écologiques.

Variabiles	Codes*	Limites supérieures
Pluviométrie (mm)	PL1 à PL4	(222) 441, 550, 750, 1750
Altitude (m)	AL1 à AL4	(5) 170, 480, 830, 1300
Pente (%)	PE1 à PE4	1, 10, 30, >30
Cailloux (%)	CL1 à CL4	5, 20, 40, >40
pH	PH1 à PH3	(6,2) 7,8 , 8,2 , 9,1
Conductivité (mmhos/cm)	CO1 à CO3	(0,01) 0,10 , 0,18 , 1,95
Calcaire total (%)	CT1 à CT3	(0) 7, 22, 76
Argile (%)	AG1 à AG3	(3) 21, 34, 74
Limons fins (%)	LF1 à LF3	(0) 15, 26, 94
Limons grossiers (%)	LG1 à LG3	(1) 10, 16, 64
Somme des limons (%)	SL1 à SL3	(3) 31, 44, 75
Somme des sables (%)	SS1 à SS3	(0) 21, 37, 91
Limons/argile	LA1 à LA3	(0,1) 1,0 , 1,8 , 9,4
Texture	TX1 à TX5	Très fine, fine, moyenne à tendance limoneuse, moyenne à tendance sableuse, grossière à très grossière
Exposition**	EX1 à EX9	Nord, Nord-Est, Est, Sud-Est, Sud, Sud-Ouest, Ouest, Nord-Ouest, Terrain plat
Etage bioclimatique	EB1 à EB4	Arde, semi-aride, sub-humide, humide

* Pour l'AFCM, le code des espèces du tableau 14 (sans S, en italique) est suivi de 1 (absent) ou 2 (présent).

** La dernière classe n'est pas représentée pour les profils. Les chiffres entre parenthèse indiquent les valeurs les plus faibles.

Pour répondre au mieux à notre objectif nous avons partagé les 285 sites pris en compte en cinq catégories selon leur occupation par les deux taxons :

- sites à *S. sulcatus* seul (s1) : seul ce taxon est présent, au nombre de 232 sites ;
- sites à *S. subvillosus* seul (s2) : seul ce taxon est présent, au nombre de 19 sites ;
- sites mixtes (s3) : regroupent *S. sulcatus* et *S. subvillosus*, au nombre de 34 sites ;
- sites à *S. sulcatus* + sites mixtes (st1) = s1 + s3, au nombre de 266 sites ;
- sites à *S. subvillosus* + sites mixtes (st2) = s2 + s3, au nombre de 53 sites.

En utilisant le logiciel *Statitcf*, les données ont fait l'objet de deux méthodes d'analyse : comparaison des moyennes et analyse factorielle discriminante. Pour la première méthode, pour chaque variable quantitative, deux analyses ont été réalisées, l'une comparant les sites de *Scorpiurus sulcatus* (266) à ceux de *Scorpiurus subvillosus* (53) et l'autre comparant entre eux les sites de *Scorpiurus sulcatus* seul (232), de *Scorpiurus subvillosus* seul (19) et les sites mixtes (34). La deuxième méthode, analyse factorielle discriminante (AFD), est réalisée sur trois groupes de sites (sites *Scorpiurus sulcatus* seul - s1 -, sites mixtes - s3 - et sites à *Scorpiurus subvillosus* seul - s2 -). Elle a pour objectif de séparer au « mieux » l'ensemble des trois groupes à l'aide des onze variables « quantitatives » ensemble (Tab. 4). Pour les variables qualitatives, des profils écologiques ont été établis pour chaque taxon, les classes de chaque variable sont représentées au Tableau 3.

Tab. 4 : Liste des abréviations des facteurs étudiés ; + : correspond aux facteurs qui ne sont disponibles que pour 24 sites sur les 285 ; x : variables utilisées pour l'AFD.

Facteurs	Abréviations	Facteurs	Abréviations
Pluviométrie ^x (mm)	Plu	Argile ^x (%)	Arg
Pluviométrie hivernale+(mm)	Pmh	Limons fins ^x (%)	Lf
Pluviométrie printanière+(mm)	Pmp	Limons grossiers ^x (%)	Lg
Pluviométrie estivale+(mm)	Pme	Somme des limons ^x (%)	Sl
Pluviométrie automnale+(mm)	Pma	Somme des sables ^x (%)	Ss
Température annuelle+(°C)	Tan	Limons/Argile ^x	L/A
Température minimale+(°C)	Tmin	Pluviométrie hivernale+(mm)	Pmh
Température maximale+(°C)	Tmax	Pluviométrie printanière+(mm)	Pmp
Altitude ^x (m)	Alt	Pluviométrie estivale+(mm)	Pme
pH ^x	PH	Pluviométrie automnale+(mm)	Pma
Calcaire total ^x (%)	Cat	Température annuelle+(°C)	Tan
Conductivité ^x (mmhos/cm)	Cond	Température minimale+(°C)	Tmin
		Température maximale+(°C)	Tmax

2.3. Résultats et discussion

2.3.1. Résultats de la prospection

Les figures 1a et 1b montrent la distribution des 305 sites.

Scorpiurus sulcatus est l'espèce la plus fréquente (Tab. 5) ; *S. vermiculatus* et particulièrement *S. subvillosus* sont relativement beaucoup moins fréquents.

Au Maroc, sur trente et une (31) espèces de quinze genres de Légumineuses et sur 138 sites, *Scorpiurus sulcatus*, *Médicago polymorpha* et *Trifolium scabrum* sont les plus fréquents (Beale *et al.*, 1991). En Tunisie, *S. muricatus* et *S. vermiculatus* sont bien répandus (Zoghalmi *et al.*, 1995).

S. vermiculatus a été rencontré sur 52 et 31 sites respectivement avec *S. sulcatus* et *S. subvillosus*. Les deux sous espèces de *S. muricatus* ont été rencontrées ensembles sur 34 sites.

Le nombre de sites où les trois taxons ont été rencontrés ensembles est de 23 (7,5 %) (Tab. 6); 23,2 % des sites contiennent 2 à 3 taxons. Le nombre de sites contenant un seul taxon est très élevé (234); c'est *S. sulcatus* qui a été rencontré le plus souvent seul. Le nombre moyen d'espèces par site est de 1,3.

Tab. 5 : Présences et fréquences relatives des 3 espèces de *Scorpiurus* sur 305 sites.

Espèces	Codes	Présences (nombre)	Fréquences relatives (%)
<i>S. sulcatus</i> (L.) Thell	SSL	266	87,2
<i>S. vermiculatus</i> L.	SVE	80	26,2
<i>S. subvillosus</i> (L.) Thell.	SSB	53	17,4

Tab. 6 : Nombre d'espèces par site et pourcentage par rapport à l'ensemble des sites (305).

Nombre d'espèces	1	2	3
Nombre de sites (305)	234	48	23
Pourcentage (100)	76,7	15,7	7,6



Fig. 4a : Distribution des 305 sites du genre *Scorpiurus*

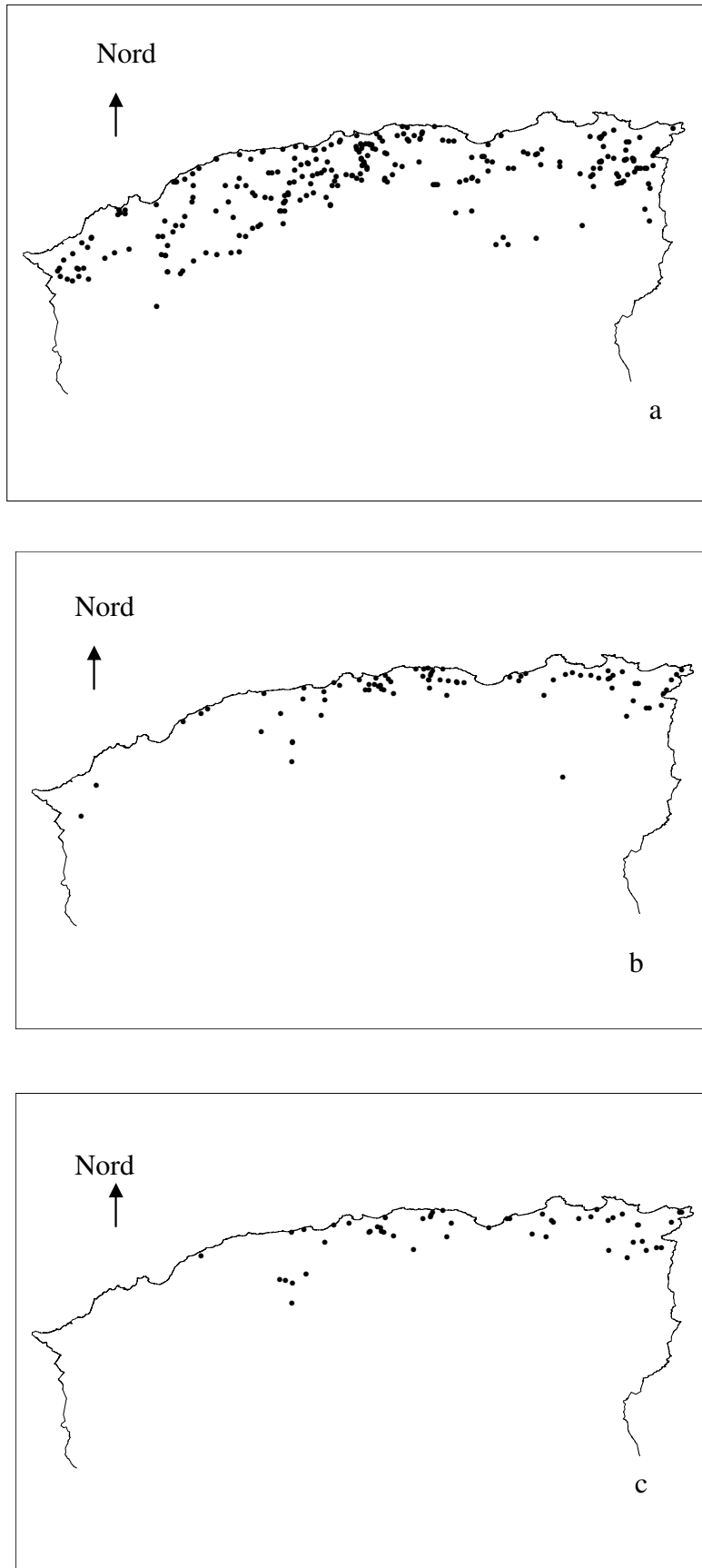


Fig. 4b : Distribution de *Scorpiurus sulcatus* (a), *S. vermiculatus* (b) et *S. subvillosus* (c)

Résultats de l'AFCM

L'AFCM permet, à travers les quatre premiers axes, d'extraire 36 % de l'information totale ; le premier axe et le deuxième axe représentent 21 %.

L'axe 1 est déterminé, surtout par les variables suivantes : la somme des limons et le rapport limons/argile surtout ; le calcaire total, les limons fins, la pluviométrie, l'argile, le pH et les limons grossiers interviennent de façon moins prépondérante.

L'axe 2 est déterminé par l'argile, les sables, la somme des limons, les limons fins, le rapport limons/argile et la conductivité.

Le 3ème axe est déterminé par la teneur en calcaire total, le pH, la pluviométrie, la somme des limons, le rapport limons/argile et l'altitude.

Le plan 1-2 (Fig. 5) montre que *Scorpiurus vermiculatus* et *S. subvillosus* sont des espèces de sols pauvres en calcaire total, de pH neutre à faiblement alcalin et des régions pluvieuses. Ces espèces semblent s'opposer au point de vue sol ; *S. vermiculatus* préfère les sols à texture fine à très fine et moyenne à tendance sableuse ; *S. subvillosus* semble, par contre, préférer les sols assez riches en sables et pauvres en limons, de texture grossière à très grossière.

S. sulcatus s'oppose aux deux espèces déjà mentionnées par ses exigences réduites en pluviosité et pousse sur des sols à pH alcalins, riches en calcaire total et en limons.

Sur le plan 1-3 (Fig. 6), *S. subvillosus* et *S. vermiculatus* se regroupent autour des facteurs suivants : faible teneur du sol en calcaire total, pH légèrement acide à neutre et pluviométrie élevée. Ils s'opposent nettement à *S. sulcatus* qui préfère les sols de moyenne à forte teneur en calcaire, à pH élevé, des pluviométries moyennes à faibles et des altitudes assez élevées.

2.3.2. Effet des facteurs écologiques sur la distribution des espèces

2.3.2.1. Effet de l'altitude, la pluviométrie et l'étage bioclimatique

L'altitude :

S. subvillosus et particulièrement *S. vermiculatus* préfèrent les basses altitudes et s'opposent à *S. sulcatus* (Fig. 7). La moyenne des altitudes des sites où les espèces sont présentes est de 306 m, 368 m et 531 m respectivement pour *S. vermiculatus*, *S. subvillosus* et *S. sulcatus*. Les deux premiers taxons cités forment un groupe homogène (Tab. 6, 7).

La pluviométrie :

Dans la classe de pluviométrie 222-441 mm, *S. subvillosus*, contrairement à *S. sulcatus*, n'a jamais été rencontré alors que *S. vermiculatus* a été rarement rencontré. Il apparaît une nette opposition entre ces deux espèces et *S. sulcatus* (Fig. 7). La moyenne des pluviométries des sites où les espèces sont présentes est de 596 mm, 843 mm et 856 mm respectivement pour *S. sulcatus*, *S. vermiculatus* et *S. subvillosus* (Tab. 6, 7). Les deux premières espèces citées forment un groupe homogène.

L'étage bioclimatique :

S. subvillosus est l'espèce la plus exigeante ; elle est très fréquente et moyennement fréquente respectivement sous l'étage bioclimatique humide et sub-humide, très rare sous le semi-aride et totalement absente sous le bioclimat aride. *S. vermiculatus* semble pouvoir se développer sous ces deux derniers bioclimats dans des conditions particulières. *S. sulcatus* semble plus rare sous l'étage bioclimatique humide (Fig. 7).

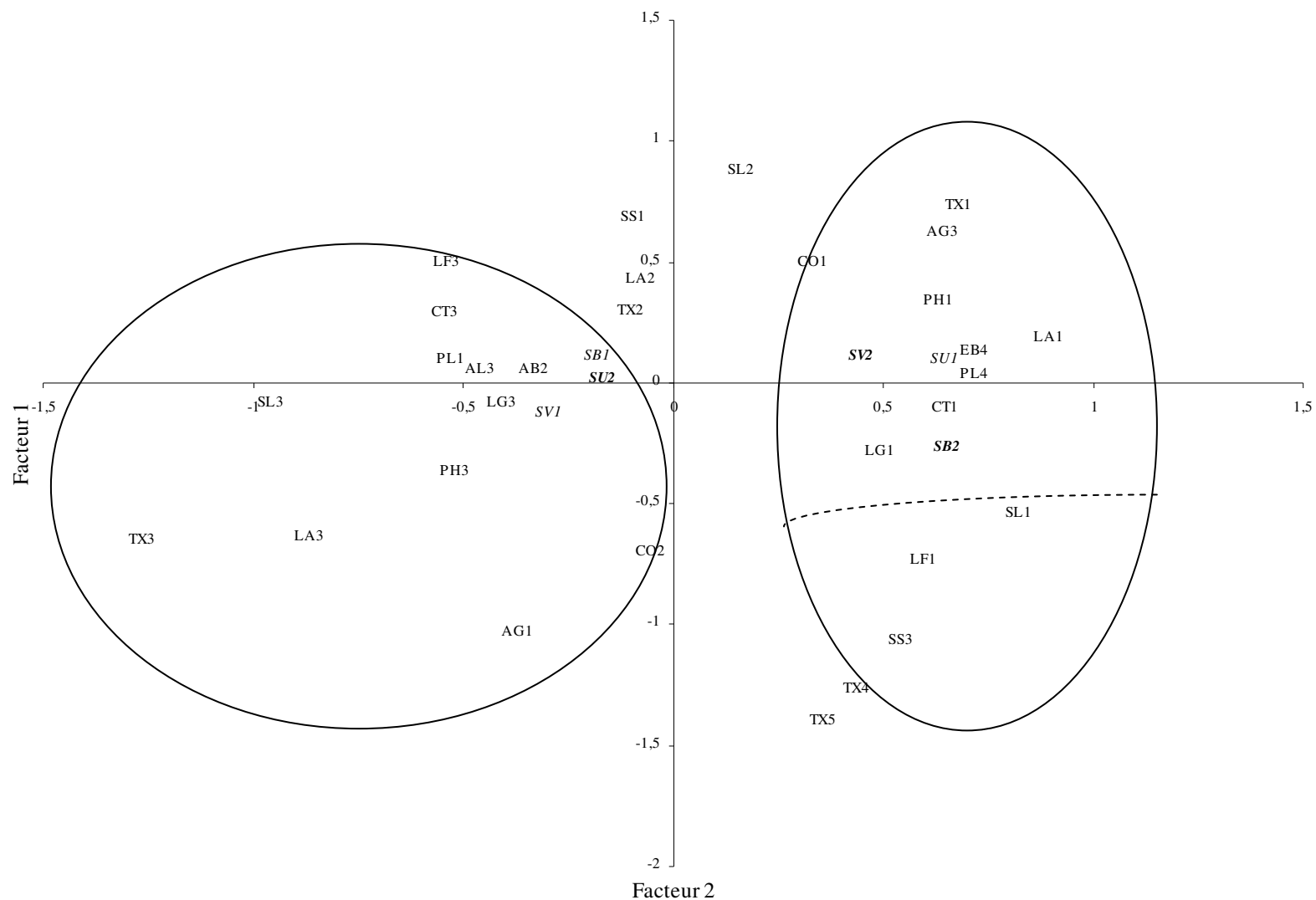


Fig. 5 : AFCM : relation entre la présence-absence des espèces du genre *Scorpiurus* et les facteurs du milieu (plan 1-2) (bornes des classes Tab. 1 et 2).

S. sulcatus est signalé, en Tunisie Centrale, à la fois en zones arides et en zones semi-arides (Hassen *et al.*, 1994).

2.3.2.2. Effet de la pente et de l'exposition

La pente :

S. subvillosus semble préférer les sols ayant d'assez fortes à très fortes pentes ; *S. vermiculatus* semble relativement moins fréquent sur les sols de très fortes pentes. *S. sulcatus* semble indifférent à ce facteur du milieu (Fig. 7).

L'exposition :

S. vermiculatus semble relativement moins fréquent sur les expositions Nord-Est et Sud-Ouest. *S. subvillosus* semble plus fréquent sur les expositions Nord-Est, Est, Sud-Est et Sud. *S. sulcatus* semble indifférent à ce facteur (Fig. 7).

2.3.3. Effets des facteurs édaphiques

Les cailloux :

Pour ce facteur seul *S. vermiculatus* semble avoir une certaine tendance en préférant les sols peu à non caillouteux (Fig. 7).

L'acidité :

S. vermiculatus et particulièrement *S. subvillosus* semblent préférer les sols à pH neutre à légèrement alcalin (Fig. 7) et s'opposent à *S. sulcatus*. La moyenne des pH des sols où les espèces sont présentes est de 7,63, 7,71 et 8,08 respectivement pour *S. vermiculatus*, *S. subvillosus* et *S. sulcatus* (Tab. 6). Les deux premiers *taxa* cités forment un groupe homogène (Tab. 7).

La salinité :

S. vermiculatus, par rapport aux deux autres *taxa*, semble manifester une certaine tendance pour les sols ayant les plus faibles conductivités (Fig. 7). Cependant, il ne semble pas y avoir de différence statistique entre les moyennes de présence-absence pour chaque espèce (Tab. 6) et de présence entre les trois *taxa* (Tab. 7).

S. vermiculatus a été mentionné avec les légumineuses présentant une tolérance à la salinité dans le delta de Guadalquivir (Maranon *et al.*, 1989).

Le calcaire total :

S. vermiculatus et *S. subvillosus* évitent nettement les sols très calcaires et s'opposent à *S. sulcatus* (Fig. 7). Les différences des moyennes de présence-absence pour chaque espèce et de présence entre les trois *taxa* sont très hautement significatives (Tab. 6,7).

La moyenne de la teneur en calcaire total où les espèces sont présentes est de 5,4, 5,3 et 19,8 % respectivement pour *S. vermiculatus* et *S. subvillosus* et *S. sulcatus* (Tab. 7).

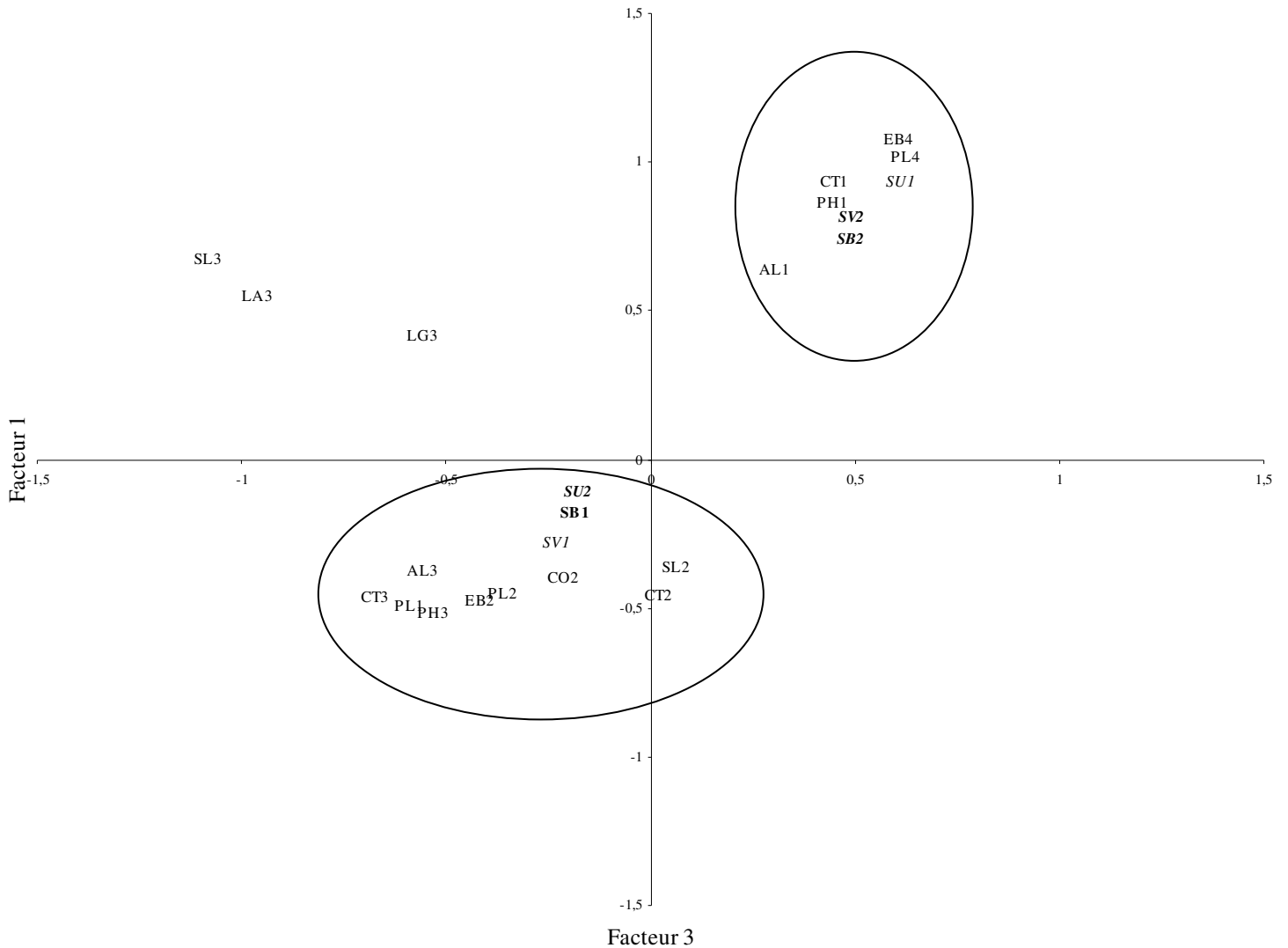


Fig. 6 : AFCM : relation entre la présence-absence des espèces du genre *Scorpiurus* et les facteurs du milieu (plan 1-3) (bornes des classes Tab. 3 et 4).

La granulométrie et la texture :

S. subvillosus semble avoir une certaine préférence pour les sols contenant peu de limons (limons fins, grossiers et sommes des limons) et beaucoup de sables (Fig. 7). De façon moins nette, *S. vermiculatus* semble manifester la même tendance pour ces facteurs. Statistiquement il ne semble pas y avoir de différences significatives entre les moyennes de présence-absence pour chaque espèce et de présence entre les trois *taxa* pour la teneur du sol en argile, limons (fins, grossiers, sommes des limons), sommes des sables et rapport limons/argile (Tab. 6, 7). Les trois espèces sont adaptées aux sols stables ($LA < 2,5$).

S. subvillosus semble préférer les sols de texture grossière à très grossière. *S. vermiculatus* semble préférer les sols de texture fine, moyenne à tendance sableuse et à moindre degré très fine. *S. sulcatus* semble indifférent aux différentes fractions granulométriques et à la texture du sol (Fig. 7).

Fig. 7: Profils écologiques des espèces de *Scorpiurus* pour 16 facteurs du milieu (bornes des classes Tab. 3)

Tab. 6 : Influence de quelques facteurs du milieu sur la présence-absence de 3 espèces de *Scorpiurus*.

Espèces	Facteurs	AL (m)			PL (mm)			pH			CT (%)			CO (mmhos/cm)		
		P	A	S	P	A	S	P	A	S	P	A	S	P	A	S
<i>S. sulcatus</i>		531,2	340,3	**	595,7	986,4	***	8,08	7,55	***	19,8	4,8	***	0,22	0,16	ns
<i>S. vermiculatus</i>		306,3	576,4	***	843,4	578,8	***	7,63	8,14	***	5,3	22,2	***	0,17	0,23	ns
<i>S. subvillosus</i>		368,4	534,4	**	856,3	604,5	***	7,71	8,17	***	5,4	20,4	***	0,12	0,12	ns

P : moyenne des sites où l'espèce est présente ; A : moyenne des sites où l'espèce est absente ;

S : niveau de signification, ns : non significatif ; *, **, *** : significatif à 5 %, 1 %, 0,1 % respectivement.

Tab. 6 (suite) : Influence de quelques facteurs du milieu sur la présence-absence de 3 espèces de *Scorpiurus*.

Espèces	Facteurs	AR (%)			LF (%)			LG (%)			SL (%)			SS (%)			LA		
		P	A	S	P	A	S	P	A	S	P	A	S	P	A	S	P	A	S
<i>S. sulcatus</i>		28,8	30,0	ns	21,6	21,3	Ns	16,9	14,3	ns	38,3	35,7	ns	32,3	34,7	ns	1,80	1,69	ns
<i>S. vermiculatus</i>		29,6	28,7	ns	20,6	21,9	Ns	16,2	16,6	ns	36,7	38,4	ns	33,4	32,3	ns	1,52	1,88	ns
<i>S. subvillosus</i>		29,0	28,9	ns	20,6	21,8	Ns	14,2	17,0	ns	34,9	38,6	ns	36,4	31,8	ns	1,81	1,78	ns

P : moyenne des sites où l'espèce est présente ; A : moyenne des sites où l'espèce est absente ;

S : niveau de signification, ns : non significatif ; *, **, *** : significatif à 5 %, 1 %, 0,1 % respectivement.

Tab. 7 : Comparaison des moyennes de présences, pour certaines variables, chez 3 espèces de *Scorpiurus*.

Espèces	Facteurs	AL	PL	pH	CT	CO	AR	LF	LG	SL	SS	LA
		(m)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>S. sulcatus</i>		531,2 b	595,7 a	8,08 b	19,8 b	0,22	28,8	21,6	16,9	38,3	32,3	1,80
<i>S. vermiculatus</i>		306,3 a	843,4 b	7,63 a	5,4 a	0,17	29,6	20,6	16,2	36,7	33,4	1,52
<i>S. subvillosus</i>		368,4 a	856,3 b	7,71 a	5,3 a	0,21	29,0	20,6	14,2	34,9	36,4	1,81
Signification		***	***	***	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : non significatif ; *, **, *** : significatif à 5 %, 1 %, 0,1 % respectivement. Les lettres indiquent les groupes de moyennes.

S. vermiculatus a été redécouvert en 1988 en Grèce sur sol sablo - argileux ; cette espèce est associée à *S. muricatus* (Zielinski, 1991). *Medicago polymorpha* et *Scorpiurus muricatus* sont abondants au niveau des hauts plateaux éthiopiens (Pulschen, 1992); ils sont souvent rencontrés sur des sols argileux (Pulschen, 1990 in Pulschen, 1992). En Tunisie Centrale, *S. sulcatus* et *S. muricatus* sont signalés sur des sols de texture argileuse à des altitudes inférieures à 250 m (Hassen *et al.*, 1994).

2.3.3. Complexe d'espèces *S. muricatus*

2.3.3.1. Comparaison entre les sites des deux taxons

Analyse monovariée

Les facteurs qui distinguent les sites de *S. sulcatus* (st1) des sites de *S. subvillosus* (st2) sont la pluviométrie, le calcaire total, l'altitude et enfin le pH (Tab. 5). En effet, les trois premiers facteurs présentent des différences très hautement significatives ; ils permettent de distinguer clairement deux situations, une très pluvieuse et pauvre en calcaire (sites à *S. subvillosus*) et l'autre moins pluvieuse, d'altitude moyenne et riche en calcaire (sites à *S. sulcatus*).

À l'exception du pH et du calcaire, les données des facteurs édaphiques des sites de *S. sulcatus* sont proches de celles des sites de *S. subvillosus*. Par ailleurs, à l'aide du triangle de texture et à partir des données moyennes de l'argile, des limons et des sables des sites de chaque taxon, nous avons pu déterminer la classe de texture ; elle est limono-argilo-sableuse pour les deux taxons.

Les valeurs extrêmes et la moyenne (à titre indicatif) des données climatiques des 24 sites sont rapportées au niveau du Tableau 6. Les exigences des deux taxons en température annuelle semblent très proches. Les pluviométries hivernale, printanière et automnale ainsi que la température minimale semblent plus élevées dans les sites à *S. subvillosus* que dans ceux de *S. sulcatus*. Comparé à *S. subvillosus*, *S. sulcatus* semble se trouver dans les régions les plus contrastées, caractérisées par un climat moins pluvieux au cours de toutes les saisons, froid en hiver et chaud en été.

Par ailleurs, nous avons constaté pour les deux taxons une différence entre la valeur maximale et minimale de quelques facteurs ; cette différence est très importante pour les facteurs suivants : pluviométrie annuelle, calcaire total, conductivité électrique, somme des limons et sommes des sables (Tab. 7). En effet, les valeurs maximales et minimales déterminent les limites de dispersion de chaque taxon ; elles permettent de voir les conditions de milieux extrêmes que peuvent supporter *S. sulcatus* et *S. subvillosus*. Elles confirment la plasticité du premier taxon par rapport au second.

Profils écologiques sur les facteurs qualitatifs (Fig. 7)

Cailloux :

S. sulcatus semble préférer légèrement les sols caillouteux à moyennement caillouteux contrairement au *S. subvillosus* qui semble plus fréquent sur les non caillouteux à légèrement caillouteux.

Texture :

Le nombre de relevés est faible dans les classes 4 et 5. De ce fait, les fréquences des deux taxons dans ces classes présentent une grande probabilité d'erreur. En effet, Gounot (1969) indique que l'erreur possible sur le pourcentage est d'autant plus forte que le nombre de relevés est réduit par rapport au nombre total. En ne considérant que les trois classes de texture (1, 2 et 3), nous remarquons que *S. sulcatus* préfère les textures fines et moyennes et *S. subvillosus* semble plus fréquent sur les sols de texture fine et très fine.

Etages bioclimatiques :

Nous remarquons clairement que *S. sulcatus* préfère plus l'étage bioclimatique semi-aride et à un degré moindre les étages sub-humide, humide et aride ; il est nettement moins fréquent au niveau de l'étage bioclimatique humide. La répartition de *S. subvillosus* est beaucoup plus influencée par l'étage bioclimatique humide ; ce taxon est absent de l'étage bioclimatique aride.

Exposition :

S. subvillosus est nettement plus fréquent sur les expositions Est et Sud alors que *S. sulcatus* ne semble pas affecté par l'exposition.

Pente :

S. subvillosus semble préférer les pentes moyennes à forte ; *S. sulcatus* ne semble pas affecté par ce facteur.

2.3.3.2. Comparaison entre les sites mixtes et les sites de *S. sulcatus* seul et *S. subvillosus* seul**Analyse monovariée**

Comparés aux sites à *S. sulcatus* seul, les sites mixtes et les sites à *S. subvillosus* seul forment le même groupe pour les facteurs altitude et calcaire total (Tab. 8). Par contre, pour la pluviométrie et le pH, chaque catégorie de site forme un groupe distinct.

À partir des valeurs moyennes des facteurs du milieu étudiés, *S. sulcatus* ne se trouve dans des conditions plus extrêmes que lorsqu'il est dans les mêmes sites que *S. subvillosus* (Tab. 8). Il a été trouvé dans les régions à faibles et fortes pluviométries, à altitude plus élevée, sur des sols très riches et pauvres en calcaire, avec des taux de limons élevés à assez élevés. Cette aptitude d'adaptation n'est pas remarquée chez le deuxième taxon. Nous constatons que les moyennes de pluviométrie, d'altitude, de pH et de calcaire total des sites mixtes (comprenant simultanément les deux taxons) sont, d'une part, très proches de celles des sites à *S. subvillosus* seul et, d'autre part, loin des moyennes des sites à *S. sulcatus* seul.

Tableau 8.- Comparaison entre les facteurs du milieu des sites à *S. sulcatus* seul (232), des sites mixtes (34) et des sites à *S. subvillosus* seul (19) ; s1 : site à *S. sulcatus* seul ; s3 : site comprenant les deux taxons ; s2 : site à *S. subvillosus* seul ; ns : non significatif ; pour les abréviations, voir le tableau II. Les lettres a, b, c indiquent les groupes de moyennes. P(t), t-test sur les groupes de moyenne [*** : P < 0,001 ; ** : P < 0,01 ; * : P < 0,05 ; n.s : P > 0,05].

Sites	Facteurs	Plu (mm)	Alt (m)	pH	Cat (%)	Cond (mmhos /cm)	Arg (%)	Lf (%)	Lg (%)	Sl (%)	Ss (%)	L/A
<i>S. sulcatus</i> (s1)		568,7 a	551,8 b	8,12 c	21,7 b	0,22	28,6	21,8	17,2	38,8	31,8	1,81
Mixte (s3)		797,9 b	370,7 a	7,83 b	7,3 a	0,23	29,5	20,0	14,8	35,1	35,1	1,78
<i>S. subvillosus</i> (s2)		960,7 c	364,2 a	7,51 a	2,6 a	0,18	27,7	21,5	12,9	34,4	38,7	1,86
Signification		***	**	***	***	Ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns

Ces résultats semblent indiquer que, pour que les deux taxons se rencontrent, il faut que les conditions du milieu soient favorables pour l'un et pour l'autre. Puisque les exigences de *S. subvillosus* sont plus importantes que celles de *S. sulcatus* les sites mixtes sont plus proches de ceux de *S. subvillosus* seul.

Analyse factorielle discriminante

Trois groupes de sites ont été étudiés, le groupe de sites à *S. sulcatus* seul (groupe 1), le groupe de sites à *S. subvillosus* seul (groupe 3) et le groupe de sites mixtes (groupe 2). Les deux premiers axes (facteurs) discriminants décrivent 100 % de la variation totale. Les corrélations interclasses entre les variables et les axes discriminants figurent dans le Tableau 9.

Le premier axe discriminant traduit 96,3 % de la variabilité totale. Il est corrélé positivement à la pluviométrie et négativement aux limons grossiers, au pH, à la somme des sables, au calcaire total, à l'altitude, à la somme des limons et à la conductivité. Le deuxième axe discriminant explique 3,7 de variabilité totale. Il est corrélé positivement au rapport somme des limons sur argile et négativement à l'argile et à la conductivité.

Tableau 9.- Corrélations inter-classes entre les variables du milieu et les deux axes discriminants de l'AFD

Variables	Axe 1	Axe 2
Pluviométrie	1,000	0,0091
Altitude	-0,9756	0,2201
pH	-0,9919	-0,1276
Calcaire total	-0,9871	0,1608
Conductivité	-0,7959	-0,6056
Argiles	0,1323	-0,9913
Limons fins	-0,6675	0,7448
Limons grossiers	-0,9997	-0,0255
Somme des limons	-0,9729	0,2314
Somme des sables	-0,9923	0,1241
Limons/Argile	-0,1712	0,9854

Dans le plan 1-2 (Fig. 8), les groupes 2 et 3, situés positivement sur l'axe 1, sont caractérisés par des conditions favorables : forte pluviométrie, faibles teneurs en limons (grossiers et somme), en sables, en calcaire total et de faible altitude. Ils s'opposent au groupe 1 qui se distingue par des conditions opposées du milieu (faibles pluviométries, altitude plus élevée, forte teneur du sol en calcaire total, en limons et sables et pH du sol élevé). De cette analyse, nous constatons que les conditions écologiques des sites mixtes (groupe 2) sont proches de celles des sites à *S. subvillosus* (groupe 3), cela confirme les résultats des analyses monovariées.

2.3.3.3. Discussion des hypothèses de distribution du complexe

L'étude autoécologique des taxons *S. sulcatus* et *S. subvillosus* a fait ressortir plusieurs résultats qui confirment leur diversité écologique spécifique. Quelles sont les principales différences et/ou similitudes entre les sites à *S. sulcatus* et ceux à *S. subvillosus* ? En comparant les exigences de *S. sulcatus* et de *S. subvillosus*, il ressort que les facteurs pluviométrie, altitude, calcaire total et pH dissocient clairement les sites de chacun des deux taxons. Les profils écologiques de texture et des étages bioclimatiques montrent des différences entre les deux taxons. *S. sulcatus* pousse dans les régions moyennement à fortement arrosées, à sols alcalins, riches en limons et en calcaire, tandis que *S. subvillosus* préfère les terres lourdes et humides où le calcaire est souvent absent. Ces résultats confirment la dispersion différente des deux espèces.

En Algérie, selon Bensalem *et al.* (1990), *S. sulcatus* ne semble pas présenter d'exigences particulières vis-à-vis des différents facteurs pris en considération. Ce taxon semble effectivement s'accommoder d'habitats différents : lieux herbeux et pentes des collines en Tunisie (Bonnet et Barratte, 1896), champs et pâturages des plaines et basses montagnes (Jahandiez et Maire, 1932), Il est très répandu dans tous types de sols (Pottier-Alapetite, 1979) ou encore en sols profonds et humides ainsi que les milieux plus secs et même caillouteux au Maroc (Nègre, 1961). En France, *S. sulcatus* est signalé dans le Var, à Toulon, au pied du Mont Faron où il est depuis longtemps naturalisé (Coste, 1983).

En Algérie, *S. subvillosus* a été trouvé dans les prairies naturelles sous un bioclimat méditerranéen sub-humide (pluviométrie > 900 mm) et sur des sols aussi neutres que possible (Abdelguerfi, 2002). En France, ce taxon est signalé dans les champs et les lieux arides du Midi et de l'Ouest : Provence, jusqu'à la Drôme ; Languedoc et Roussillon ; Landes, Gironde, Charente-Maritime ; Corse (Coste, 1983).

Scorpiurus muricatus s.l. est abondant au niveau des hauts plateaux éthiopiens (Pulschen, 1992) ; il est souvent rencontré sur des sols argileux (Pulschen, 1990 in Pulschen, 1992). En Tunisie Centrale, *S. sulcatus* et *S. muricatus* subsp. *muricatus* sont signalés sur des sols de texture argileuse à des altitudes inférieures à 250 m. ; la dernière espèce a été trouvée (Hassen *et al.*, 1994) à la fois en zones arides et en zones semi-arides.

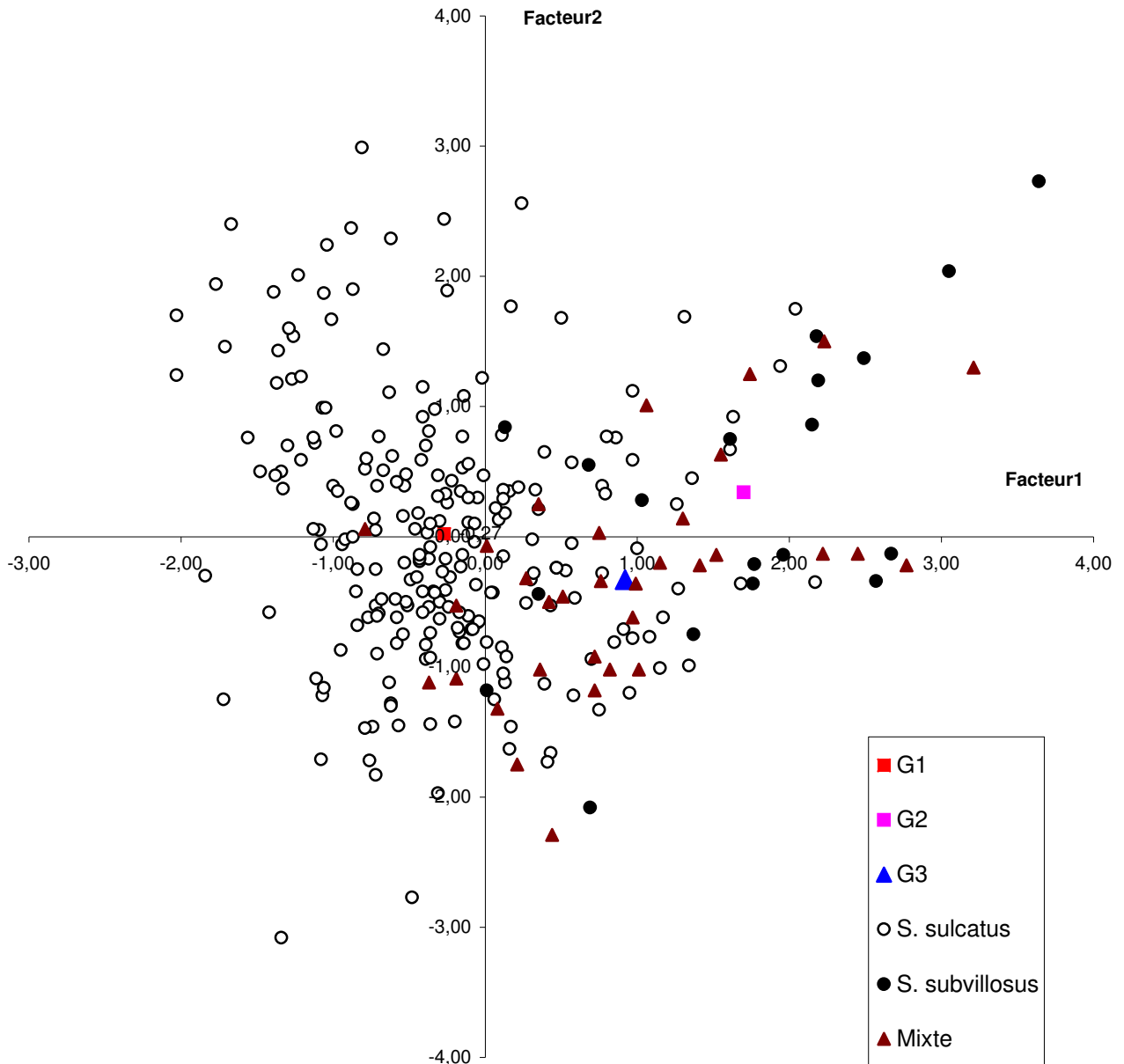
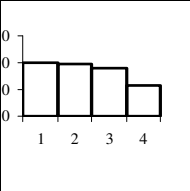


Fig. 8.- Répartition des sites à *S. sulcatus* (s1), mixtes (s3) et des sites à *S. subvillosus* seul (s2) en fonction de quelques facteurs du milieu dans le plan 1-2 de l'AFD.

S. subvillosus est mentionné sur sol riche en magnésium (plus de 599 ppm) et surtout en sodium (plus de 74 ppm) contrairement à *S. sulcatus* qui est plus fréquent sur sols calcaires pauvres en sodium (Bensalem *et al.*, 1990).



En fonction de leurs exigences différentes, la distribution de *S. subvillosus* est plus limitée que celle de *S. sulcatus*, elle suit des conditions bien particulières. De ce fait, nous affirmons que les conditions écologiques des sites de *S. sulcatus* et de *S. subvillosus* sont proches mais pas identiques : il est donc important de séparer les deux taxons dans les prospections.

Cette étude autoécologique a fourni les premières indications pour orienter la sélection. D'après Prosperi *et al.* (1991), il est évident que l'analyse des facteurs écologiques en milieu naturel ne peut prétendre à la précision d'une expérimentation en milieu contrôlé, mais permet de hiérarchiser l'influence de ces facteurs pour la gamme des milieux dans lesquels on se trouve. En prenant en compte les définitions de l'adaptation, "l'aptitude d'une variété, d'un génotype (au sens large, individu ou groupe d'individus) à bien valoriser des conditions particulières", d'une part et de l'adaptabilité, "l'aptitude d'un génotype à valoriser des conditions de milieux variés" (Brancourt-Humel *et al.*, 1997), d'autre part, nous pouvons affirmer que *S. subvillosus* s'adapte bien au climat humide et au sol lourd. Par ailleurs, nous pouvons dire que *S. sulcatus* présente une adaptabilité plus élevée que celle de *S. subvillosus*. En effet, il se rencontre sur des milieux plus variés (pluviométrie, altitude, teneur en calcaire, exposition, etc.).

D'après les résultats de l'AFD (Fig. 8), le groupe des sites à *S. subvillosus* seul et les sites mixtes présentent des caractères écologiques très proches. Que signifie l'existence de sites de co-existence entre deux taxons (sites mixtes) à caractères morphologiques très proches ? Deux hypothèses peuvent être formulées :

- dans la première, si les deux taxons distincts résultent d'une différenciation « brusque » (spéciation allopatrique), le regroupement de *S. sulcatus* et *S. subvillosus* dans des sites communs nous permet de dire que l'indépendance génétique des deux taxons repose sur une impossibilité de se croiser due à une interstérilité ;
- dans la deuxième hypothèse, si la différenciation est progressive (spéciation sympatrique), seule l'existence d'hybrides dans les zones mixtes pourra permettre d'affirmer que les deux taxons étudiés ne sont pas encore arrivés à leur différenciation complète ; en effet, en raison d'un pouvoir de déplacement réduit par rapport à l'ensemble de l'aire et d'une adaptation aux conditions du milieu inférieure à celle des formes parentales, les hybrides restent localisés à cette étroite frange de contact entre les aires.

Il est donc nécessaire de prendre en compte les trois catégories de sites pour des études de caractérisation et d'évaluation. En effet, l'existence ou l'absence d'hybrides dans les sites mixtes est une information primordiale pour déterminer le niveau d'évolution des taxons étudiés.

2.4. Conclusion

La pluviométrie, l'altitude, le pH et la teneur du sol en calcaire total sont les éléments les plus déterminants dans la présence-absence des trois espèces et de leur répartition.

Scorpiurus vermiculatus et *S. subvillosus* semblent avoir des exigences écologiques assez proches relativement et s'opposent à *S. sulcatus*. Cette dernière espèce a une large amplitude écologique (Fig. 4b) et il serait intéressant de faire des observations à un niveau plus bas compte tenu de la très grande variabilité botanique existante au niveau de ce taxon.

En Tunisie *S. vermiculatus* est présente uniquement au nord du pays dans les zones humides et sub-humides (600-1200 mm) sur sol à texture argileuse et basse altitude (Zoghlami et Hassen, 2004).

CHAPITRE III : VARIABILITE AGRONOMIQUE ET DIFFERENCIATION ECOLOGIQUE

3. 1. Introduction

L'obtention de variétés dotées d'une grande productivité, nécessite d'abord la connaissance approfondie du matériel de base.

L'étude de la morphologie et du comportement permet d'aboutir à des résultats qui s'acheminent vers une exploitation raisonnée des ressources phylogénétiques.

Cependant, l'exploitation directe de ces travaux se heurte à un certain nombre de problèmes liés à la pureté variétale et à la germination des semences en général.

En effet, les légumineuses spontanées à intérêt fourrager et pastoral présentent des graines dures qui limitent leur utilisation d'une manière aisée dans la rotation.

De plus, leur utilisation comme autoregénératrice se confronte aussi aux mêmes problèmes.

Les graines de *Scorpiurus* sont sujettes à de faibles levées. M'hammedi Bouzina (1992) explique que pour passer la période estivale en attendant le début de la prochaine période de végétation, il est impératif que les graines soient protégées contre les pluies occasionnelles hors saison. Elles fournissent en effet, assez d'humidité pour la germination sans pour autant assurer la levée ou les stades végétatifs suivants.

Jaritz (1982) mentionne que cette protection est assurée par les mécanismes de la dureté des graines. Ainsi, la dureté des téguments représente un moyen simple mais efficace de retarder la germination et d'étaler la production de plantules (Villers, 1972).

Dans cette partie nous allons considérer le comportement et la phénologie d'une collection de 52 populations, présentant des caractères agronomiques intéressants, qui ont été mises en culture pendant deux années à Chlef et comparées aux essais réalisés à Alger et à Guelma.

Un travail considérable reste à accomplir pour déterminer les caractères stables et mieux maîtriser l'aspect semence. L'aspect variabilité des graines et des gousses est essentiel pour mieux caractériser les espèces et la germination constitue l'étape pionnière de la vie de la plante. Nous avons essayé de quantifier ces aspects, de notre matériel végétal, par la prise en considération de trois générations successives en calculant l'héritabilité de leurs caractères.

3.2. Matériels et méthodes

3.2.1. Matériel végétal utilisé

Pour notre travail, nous avons utilisé:

- 27 populations de *Scorpiurus sulcatus* notées L₁ à L₂₇.
- 17 populations de *Scorpiurus vermiculatus* notées V₁ à V₁₇.
- 08 populations de *Scorpiurus subvillosus* notées B₁ à B₈.

Les graines sont issues de la collection des 120 populations évaluées par Bensalem (1982) comprenant 27 populations de *S. vermiculatus*, 85 populations de *S. sulcatus*, et 8 populations de *S. subvillosus*. Ces populations constituent la base à partir de laquelle ont été choisis les génotypes les plus intéressants. Elles furent prospectées sur toute l'Algérie septentrionale et mises en essai à El-Harrach en 1981. L'origine géographique des populations est indiquée sur les figures 9 a, b et c.

Fig. 9 : Origine des populations étudiées de *Scorpiurus sulcatus* (a), *S. vermiculatus* (b) et *S. subvillosus* (c)

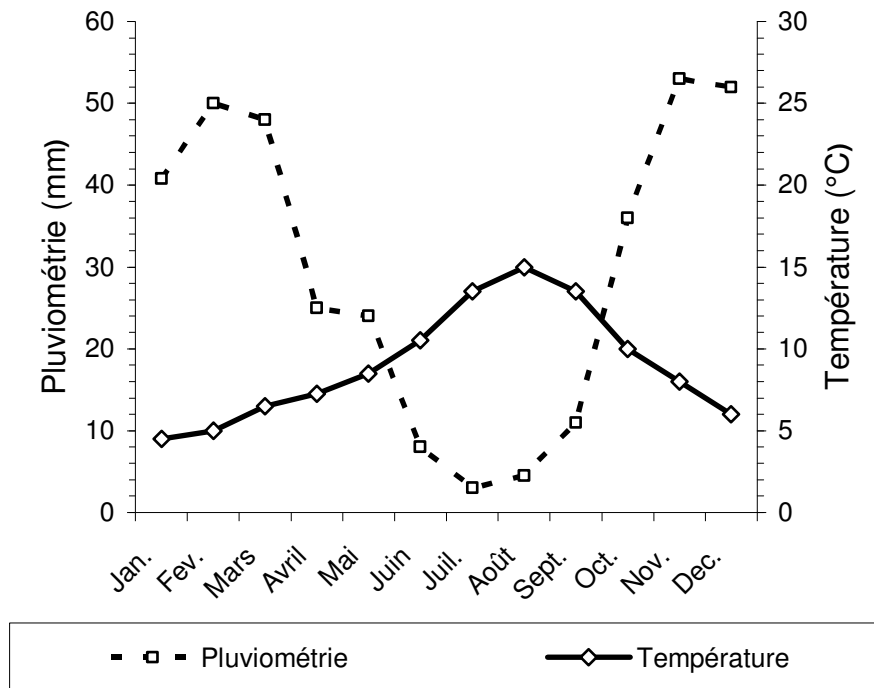
3.2.2. Phénologie et comportement

Demarly *et al.* (1993) rappellent que les tests au champ, du phytogénéticien et du producteur, restent essentiels ; eux seuls permettent de mesurer correctement toutes les interactions des gènes avec le milieu.

3.2.2.1. Présentation du site

Notre travail s'est déroulé à Chlef, au niveau de la station expérimentale de l'Institut d'Agronomie ayant pour coordonnées Lambert : Longitude : 1° 14' Est, Latitude : 36° 5' Nord et Altitude : 104 m. La représentation de la synthèse climatique donne un aperçu du climat de la région au niveau de la figure 10.

Fig.10 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et gaussen pour la période 1981-1992 établi par la station météorologique de Kouasmia située à 5 Km de l'essai.



David (1992) affirme qu'une large gamme de milieux permet de maintenir une part de la variabilité qui aurait été perdue si les populations initiales avaient été maintenues dans un site unique.

3.2.2.2. Caractéristiques de la parcelle

L'expérience a été faite sur des deux années. La première année, les essais ont eu pour précédent cultural une jachère travaillée. En automne, un labour a été réalisé suivi en hiver d'un labour superficiel. En décembre, un passage du cultivateur rotatif a permis de pulvériser les mottes de terre puis le sol a été nivelé manuellement au râteau. Un amendement de 100 U/ha de superphosphate triple (à 46% P₂O₅) et 100 U/ha de Sulfate de Potassium (à 49-50% K₂SO₄), ont été apportées en fumure de fond.

Bockman *et al.* (1990) expliquent que les légumineuses ont de grands besoins en phosphore et en potassium pour se développer correctement sinon le potentiel de fixation biologique de l'azote se trouve altéré.

Une analyse physico-chimique antérieure de la parcelle a donné les résultats suivants :

Granulométrie :	Argile	37,1%
	Limon	46,6%
	Sable	16,3%

Classe texturale : Limoneux-argileuse

pH eau :	8,40
pH Kcl :	7,71
Conductivité électrique :	0,446 mmhos/cm
Carbone organique :	0,79%
Calcaire total :	12%
Phosphore assimilable :	0,0055 ppm
Azote assimilable :	10,85 ppm
C/N :	3,61
M.O. :	1,36%

La deuxième année, nous avons installé l'essai à coté du premier sur une parcelle dont le précédent cultural est une collection de céréales dont la récolte s'est faite en juillet, le labour a été effectué avec une charrue disque à la fin octobre, suivi d'un croisage avec le cover-crop à la fin novembre. Juste avant le semis, le sol a été nivelé manuellement à l'aide d'un râteau. Un apport de superphosphate et de sulfate de potassium a été effectué à raison de 100 unités/ha de P₂O₅ à 46% et 100 u/ha de KSO₂ à 49,5%. Le sol est à texture argileuse et présente une granulométrie comme suit : Argile (58,6%, limon (26,4%) et sable (15,0%).

Les données climatiques des deux années d'expérimentation sont présentées au niveau des tableaux 10, 11 et 12.

Tableau 10 : Moyenne mensuelle de température (°C) pour la première année de l'essai

Mois	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.
Température									
T° maximale	15,6	18,6	21,0	24,4	26,5	32,8	37,0	38,6	31,2
T° minimale	6,1	5,7	5,0	10,1	14,1	17,8	19,8	21,4	16,4
T° moyenne	10,9	12,1	13,0	17,2	20,3	25,3	28,4	30,0	23,8

Station de KOUASMIA (1993)

Tableau 11 : Moyenne mensuelle de température (°C) pour la deuxième année de l'essai

Mois	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.
Température										
T° maximale	32,7	27,0	20,2	20,2	30,4	31,6	27,4	43,8	45,3	45,5
T° minimale	6,4	6,3	3,5	2,5	2,5	6,3	2,6	10,4	13,7	21,2
T° moyenne	19,2	15,1	11,9	10,7	12,2	16,5	15,8	22,0	26,5	31,9

Station de KOUASMIA (1993/1994)

Tableau 12 : Précipitations mensuelles (mm) pour deuxième année de l'essai

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Total
Préc. (mm)	19,4	19,1	40,4	19,3	30,6	34,5	1,1	23,6	10,2	/	/	/	198,2

Station de KOUASMIA (1994)

3.2.2.3. Semis et dispositif utilisé

Les graines de certaines légumineuses sont imperméables à l'eau en raison de leurs téguments durs. C'est le cas des graines de *Scorpiurus* qui sont caractérisées par de faibles levées.

D'après Guy (1993) ces levées lentes et incomplètes à cause de la dormance sont une caractéristique de la biologie des espèces proches de l'état sauvage (mauvaises herbes et fleurs des prairies).

Pour surmonter cet obstacle, on a effectué la scarification graine par graine de tout notre matériel végétal. Le semis a été effectué à la main respectivement le 04/01/1993 et le 07/12/1993 pour la première et deuxième année agricole. Le premier essai a été mené en irrigué et le second en pluvial, avec deux irrigations d'appoint, l'une le 07/03/1994, l'autre le 06/04/1994. Les populations sont disposées en collection par espèce, le semis est effectué sur des lignes de 1m à raison de 50 graines par ligne à une profondeur de 2 à 3cm. Les lignes sont distantes de 2m sur le rang et les rangs sont espacés de 2m l'un de l'autre.

3.2.2.4. Les caractères notés

Ils concernent :

* *La levée* : Exprimée en pourcentage, elle nous renseigne sur la capacité d'installation.

Tous les caractères cités ultérieurement et qui concernent la floraison, la formation et la maturité des gousses, ainsi que le début et la fin de dessèchement seront exprimés en nombre de jours après la levée.

* *Le développement végétatif* :

- La hauteur de végétation (H) : Elle nous renseigne sur le port de l'espèce, vu le port plagiotrope de nos taxons, la hauteur sera forcément influencée par la densité. Nous avons entrepris 6 mesures de hauteur à des intervalles de temps réguliers (15 jours entre deux observations). Les différentes mesures ont été effectuées durant les années 1993 et 1994 aux mêmes dates.

H1 : Le 16/02

H4 : Le 30/03

H2 : Le 02/03

H5 : Le 13/04

H3 : Le 16/03

H6 : Le 27/04

Pour notre étude, nous nous sommes intéressés essentiellement aux hauteurs d'hiver (H2), de début de printemps (H4) et de printemps (H6).

- La largeur de végétation (L) : Elle nous renseigne sur l'étalement des plants et leur capacité de recouvrir le sol. Les mesures ont été prises aux mêmes périodes que la hauteur, comme pour le caractère précédent nous avons retenu les largeurs L2, L4 et L6.

A partir des hauteurs et des largeurs, nous avons pu calculer la vitesse de croissance journalière.

- En hauteur hivernale (CHH) : Obtenue par la différence (H4-H1) sur le nombre de jours séparant ces deux observations. $(H4-H1)/43$ jours.

- En hauteur printanière (CHP) : Obtenue par la différence (H6-H4) sur le nombre de jours séparant les deux observations $(H6-H4)/20$ jours.

- En largeur hivernale (CLH) : Obtenue par la différence (L4-L1) sur le nombre de jours séparant les deux observations $(L4-L1)/41$ jours.

- En largeur printanière (CLP) : Obtenue par la différence (L6-L4) sur le nombre de jours séparant les deux observations $(L6-L4)/29$ jours.

- Nombre de rameaux par pied (NR/P)
- Longueur moyenne d'un rameau (LMR)
- Somme des longueurs des rameaux par pied (SLR)
- Nombre moyen de ramifications par rameau (NMr/R)
- Nombre total de ramifications par pied NTr)
- Matière verte (fraîche) des feuilles (MVF)

- Matière verte (fraîche) des tiges (MVT)
- Matière verte (fraîche) totale (MVTO)
- Matière sèche des feuilles (MSF)
- Matière sèche des tiges (MST)
- Matière sèche totale (MSTO)

* *La floraison et la formation des gousses* :

- L'apparition de la première inflorescence (1F) : Elle nous renseigne sur la précocité, et elle correspond à l'apparition de la 1^{ère} inflorescence sur la ligne.
- Le début de floraison (DF) correspond à l'apparition d'au moins une inflorescence par plant sur la ligne.
- La pleine floraison (PF) est appréciée visuellement lorsque le nombre de fleurs sur la ligne abonde.
- La fin floraison (FF) est appréciée aussi visuellement lorsque le nombre de fleurs sur la ligne devient nul.
- L'étalement de la floraison (ETF) est le nombre de jours séparant la fin floraison de l'apparition de la première inflorescence.
- L'apparition de la première gousse (1G) correspond à la date d'apparition d'au moins une gousse sur la ligne.
- Le début formation des gousses (DG) est déterminé lorsqu'on a au moins une gousse par plant.
- La pleine gousse (PG) est appréciée visuellement lorsque le nombre de gousses sur la ligne abonde.
- Première gousse mûre (1GM) correspond à la date où la première gousse tombe au sol.
- Maturité des gousses estimé visuellement, ce caractère correspond à la chute d'au moins 50% des gousses mûres sur la ligne.

Les notations sur le terrain étaient effectuées en moyenne tous les deux jours.

Notons que les symboles utilisés sont les mêmes pour plusieurs auteurs, notamment Bensalem (1982); Younsi (1991); Messaoud Djebara (1993); Yahia M'hamed (1994); Ghachi (1994).

3.2.3. Etude de la variabilité des gousses et des graines:

La connaissance des potentialités des espèces locales nécessite, après un premier travail de prospection, la caractérisation du matériel végétal et par conséquent l'analyse de la variabilité. Celle-ci devrait permettre de renouveler le potentiel agricole, créant ainsi un réservoir génétique, que seules les banques de gènes pourront perpétuer (Huon, 1983).

Dans ce but, et afin de mieux cerner la variabilité au sein du matériel végétal récolté, nous avons été amenés à étudier certains caractères relatifs aux graines et aux gousses, à savoir :

- Le poids moyen d'une gousse;
- La spinescence des gousses;
- Le nombre moyen de graines / gousses;
- Le poids de 1000 graines;
- Le rapport poids des graines / poids des gousses;

Les caractères étudiés ont fait l'objet d'un choix qui devrait permettre une connaissance approfondie des populations et éventuellement une valorisation de l'information dans la mise en valeur des parcours et leur régénération, ainsi que la multiplication des semences et la possibilité de les introduire comme aliment du bétail.

Dans cette partie, et pour tous les caractères étudiés, nous avons utilisé 50 gousses : pour 24 populations de *S. sulcatus*, 16 populations de *S. vermiculatus* et 08 populations de *S. subvillosus*.

3.2.4. Germination

L'essai a porté sur le suivi de l'opération de germination des graines, tel que défini par Côme (1970). Cet auteur considère qu'une graine a germé lorsque la radicule a percé les enveloppes.

L'essai ainsi réalisé visait deux objectifs :

* L'étude de la germination chez les populations des 03 générations prises en compte. Pour se faire nous avons utilisé des graines préalablement scarifiées d'une façon manuelle : une par une.

* Le taux de dureté qui est le taux de graines dont la dureté du tégument empêche leur germination. Le travail est effectué chez les mêmes populations et les mêmes générations que précédemment. Pour cela, nous avons utilisé des graines intactes.

Les deux essais sont réalisés en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions. Nous avons utilisé des boîtes de pétri de 10 cm de diamètre sur du papier filtre Wathman N° 3 . Chaque boîte est imbibée avec de l'eau distillée, environ 4 ml par boîte pour l'essai sur graines scarifiées. Nous avons utilisé environ 3 ml par boîte pour l'essai sur graines intactes.

Les deux essais sont conduits à l'obscurité, à une température constante de 10°C dans une enceinte climatique. La température 10 °C constitue l'optimum de ce genre (M'hammedi Bouzina et al., 1990).

Sur les graines scarifiées, nous avons pris au hasard, et pour chaque population 100 graines répartis sur 4 boîtes de pétri, à raison de 25 graines par boîte (4 boîtes x 25 graines).

Sur les graines intactes, nous avons utilisé pour chaque population 200 graines à raison de 50 graines par boîte de pétri (4 boîtes x 50 graines).

Les dénombrements sont effectués toutes les 24 heures (graines non scarifiées) et toutes les 8 heures (graines scarifiées).

Nous avons utilisé pour ces essais 24 populations de *S. sulcatus*, 16 populations de *S. vermiculatus* et 08 populations de *S. subvillosus*.

3.2.4.1. Les paramètres mesurés

- Le taux de graines dures

Nous avons procédé à la détermination de la vitesse ou de l'énergie de germination des populations dans chaque génération en déterminant :

- Le taux de germination au 5^{ème} jour après la mise en essai

- Le taux de germination au 10^{ème} après la mise en essai

La vitesse de germination : en utilisant la formule suivante, proposée par Harrington (1962 in Delavet, 1989).

$$\frac{N1T1 + N2T2 + N3T3 + \dots + N10T10}{N1 + N2 + N3 + \dots + N10}$$

N1 : nombre de semences qui ont germé au temps T1

N2 : nombre de semences qui ont germé entre le temps T1 et le temps T2,... etc.

3.2.4.2 L'estimation de l'héritabilité

Nous avons calculé :

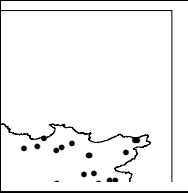
- La régression parent-descendance

- La corrélation parent-descendance

- Le coefficient de détermination

3.2.4.2.1. Les méthodes de l'estimation de l'héritabilité

Nous avons utilisé les deux méthodes utilisées par Le Cohec (1972). Ces méthodes s'adaptent bien au matériel végétal, ainsi qu'aux conditions de l'expérimentation.



première méthode est celle de la régression.

$$h^2 = \frac{\overline{X}}{\overline{Y}} b_{yx} 100$$

\overline{X} = moyenne de la génération la moins avancée

\overline{Y} = moyenne de la génération la plus avancée.

La deuxième méthode est celle de la corrélation.

$$H = r^2/f3$$

Les caractères sont classés selon l'importance de l'héritabilité au sens étroit :

- Faible héritabilité (5 à 10 %).
- Héritabilité moyenne (10 à 30 %)
- Héritabilité élevée (30 à 60 %)

Nous avons utilisé ces seuils dans ce travail.

3.2.5. Les traitements statistiques

Nous avons utilisé 4 types de traitements pour les données :

Analyse des paramètres statistiques descriptives (minimum, maximum, moyenne arithmétique, écart type et coefficient de variation).

Pour le coefficient de variation, on a considéré que :

- $CV < 10\%$ exprime une faible variabilité
- $10 < CV < 20\%$ exprime une variabilité moyenne
- $CV > 20\%$ exprime une forte variabilité

Analyse de la variance à un critère et à deux critères de classification pour certains caractères.

Nous avons procédé par la suite à une analyse des relations entre les caractères pris deux à deux ainsi qu'avec les caractéristiques du milieu d'origine (altitude et pluviométrie), en utilisant les matrices de corrélations.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) en prenant en considération les caractéristiques du milieu d'origine (altitude et pluviométrie).

Ces calculs ont été réalisés par l'utilisation du logiciel STATITCF.

3.3. Résultats et discussions

3.3.1. Comportement et phénologie

3.3.1.1. *Scorpiurus sulcatus*

3.3.1.1.1. Paramètres statistiques

Le tableau 13 ci-après résume l'ensemble des caractères étudiés et leurs variations.

Tableau 13 : Variation des différents caractères étudiés chez les populations de *S. sulcatus*

Caractères	Minimum	Maximum	Moyenne	σ	CV%
Pourcentage de levée (%L)	20	86	66,29	16,601	25,04
Hauteur de végétation (hiver, H2)(cm)	2	5	3,16	0,854	26,99
Largeur de végétation (hiver, L2) (cm)	7	21	12,55	3,428	27,3
Hauteur de végétation (printemps, H6)(cm)	12	32	18,96	5,924	31,24
Largeur de végétation (printemps, L6) (cm)	57	160	102	27,68	26,6
Croissance en hauteur (hiver, CHH) (cm/j)	0,1	0,4	0,23	8,464	36,86
Croissance en largeur (hiver, CLH) (cm/j)	0,53	1,79	1,1	0,318	28,81
Croissance en hauteur (printemps, CHP) (cm/j)	0,66	0,72	0,22	0,154	67,78
Croissance en largeur (printemps, CLP) (cm/j)	0,65	2,75	1,63	0,544	33,3
Première fleur (1F) (jours après semis)	83	104	92,88	6,172	6,64
Début floraison (DF) (jours après semis)	85	116	98,62	7,751	7,8
Etalement de la floraison (ETF) (jours)	31	64	45,18	7,956	17,61
Première gousse (1G) (jours après semis)	88	112	100,07	7,348	7,34
Première gousse mure (1GM) (jours après semis)	134	165	146,22	7,943	5,53
Début dessèchement (DD) (jours après semis)	132	169	145,37	10,856	7,47
Fin dessèchement (FD) (jours après semis)	140	187	159	13,823	8,69
Matière verte des feuilles (MVF) (gramme)	15	105	45,72	28,239	61,76
Matière verte des tiges (MVT) (gramme)	4	44	17,22	12,091	70,2
Matière sèche totale (MSTO) (gramme)	3	21	7,68	4,567	59,41
Nombre de rameau par pied (NR/P)	3	7	4,52	0,935	20,69
Nombre moyen de ramification par rameau (NMr/R)	4	9,16	6,81	1,137	16,7
Nombre de gousse par plant (NG/P)	35	309	133,44	58,089	43,53
Nombre de graines par gousse (Ng/G)	7,72	12,1	9,16	1,048	11,45
Poids des graines sur poids des gousses (Pg/PG)	0,446	0,561	0,49	3,099	6,26
Poids de 1000 graines (P1000g) (gramme)	6,7	13,11	9,59	1,468	15,3

* *Pourcentage de levée (%L)* :

Le pourcentage de levée le plus faible (20 %) caractérise la population L₂₇ par contre les populations L₆ et L₈ sont caractérisées par le pourcentage le plus élevé qui est de 86% (Fig. 11.1). Plus de la moitié des populations dépassent la moyenne (66,29 %). Le CV est de 25,05 %, il reflète une forte variabilité.

* *La hauteur hivernale (H2) :*

Cette hauteur varie de 2 à 5 cm, les populations L₁₉, L₂₆ et L₂₇ présentent la plus petite valeur et les populations L₄ et L₁₆, la plus grande valeur. L'amplitude s'élève à 3 cm (Fig. 11.2). La moyenne des populations est de 3,16 cm. Elle est dépassée par 33,33 % de l'effectif. Le CV (26,99 %) traduit une forte variabilité.

* *Hauteur en début de printemps (H4) :*

La population L₁₉ présente la hauteur la plus faible (6,5 cm), contrairement à la population L₁₇ qui est la plus érigée (21,5 cm). L'amplitude entre les deux populations s'élève à 15 cm. La moyenne l'ensemble est de 12,29 cm ; elle est dépassée par 48,15 % des populations. Le CV est de 33,19 %, traduisant une forte variabilité.

* *Hauteur printanière (H6) :*

La hauteur minimale (12cm) caractérise les populations L₁₁ et L₁₉ et la hauteur maximale (32 cm) caractérise la populations L₁₆ soit 20 cm de différence (Fig. 11.3). La moyenne des populations est de 18,96 cm. 40,74 % des populations dépassent cette moyenne. Le CV (31,24 %) reflète une variabilité forte.

* *Largeur hivernale (L2) :*

Elle varie de 7 cm chez la population L₂₆ à 21 cm chez la population L₄ soit 14 cm de différence. Les 40,74 % des populations dépassent la moyenne (12,56 cm) (Fig. 11.4). Le CV est de 27,30 %, il traduit une forte variabilité.

* *Largeur en début de printemps (L4) :*

Entre les largeurs de 30 cm chez la population L₂₇ et de 85 cm notées chez la population L₅, l'écart s'élève à 55 cm. La moyenne des populations est de 54,79 cm. 48,15 % des populations dépassent cette valeur. Le CV est fort (26,79 %).

* *Largeur printanière (L6) :*

La population L₁₁ est la moins large (57 cm) et la populations L₆ la plus large (160 cm), l'écart entre les deux populations s'élève à 103cm (Fig. 11.5). Les 37,04 % des populations dépassent la moyenne (102 cm). Le CV est fort (26,60 %).

* *La vitesse de croissance :*

a. En hauteur hivernale (CHH) :

La vitesse de croissance journalière la plus faible (0,1 cm/j) caractérise les populations L₁₂ et L₁₉, alors que la plus élevée (0,4 cm/j) caractérise la population L₁₇, soit 0,3 cm/j de différence. La moyenne est de 0,23 cm/j, elle est dépassée par 48,15 % des populations. Le CV est fort (36,86 %)

b. En hauteur printanière (CHP) :

Elle oscille entre 0,06 cm/j chez les populations L₁₈, L₂₀ et L₂₁, et 0,72 cm/j chez la population L₂₂ avec un écart de 0,66 cm/j. La croissance moyenne s'élève à 0,22 cm/j. Les 40,74 % des populations vont au-delà de cette valeur. Le CV est fort (67,79 %).

c. En largeur hivernale (CLH) :

La valeur minimale de 0,53 cm/j s'observe chez la population L₂₇ et la valeur maximale (1,79cm/j) chez la population L₅ avec un écart de 1,26 cm/j. Les 44,44% des populations vont au-delà de la moyenne (1,1 cm/j). Le CV est de 28,81%.

d. En largeur printanière (CLP) :

Elle varie entre 0,65 cm/j et 2,75 cm/j, respectivement pour les populations L₁₁ et L₁₇. L'amplitude est donc de 2,10 cm/j. La moyenne est de 1,63 cm/j dépassée par 48,15% des populations. Le CV est de 33,30 %.

* *Apparition de la première inflorescence (1F)* :

83 jours après leur levée, les populations L₁, L₅ et L₂₅ font apparaître leurs premières inflorescences. La population L₁₆ est la dernière à faire apparaître sa première inflorescence 104 jours après sa levée. 21 jours séparent les premières populations de la dernière (Fig. 11.6). La moyenne de l'effectif est de 92,88 jours, elle est dépassée par 51,85 % de l'effectif. Le CV est de 6,64 %.

* *Début de floraison (DF)* :

L₂₅ est la population la plus précoce en atteignant ce stade 85 jours après sa levée, alors que la population L₁₄ est la plus tardive, elle atteint ce stade 116 jours après sa levée soit 31 jours après la plus précoce (Fig. 11.7). Les 51,85 % de l'effectif dépassent la moyenne (98,62 jours). Le CV est faible (7,85 %).

* *Pleine floraison (PF)* :

La population la plus précoce pour ce caractère est L₁₉ avec 114 jours après la levée, la plus tardive est L₁₆ qui atteint ce stade 139 jours après la levée, soit 25 jours après la plus précoce. Les 62,96 % des populations dépassent la moyenne qui est 129,92 jours. Le CV est faible (4,59 %).

* *Fin floraison (FF)* :

La population L₁₉ est la plus précoce de toutes, elle achève sa floraison 129 jours après sa levée, ce n'est que 40 jours après que la population L₁₄ achève sa floraison, soit 165 jours après sa levée. L'amplitude s'élève donc à 40 jours (Fig. 11.8). La moyenne de l'effectif des populations pour ce caractère est de 138,07 jours, cette valeur est dépassée par 40,74 % des populations. Le CV est de 6,45, il traduit une faible variabilité.

* *Étalement de la floraison (ETF)* :

La population L₂₄ présente une durée de floraison courte, elle est de 31 jours, au contraire, la population L₁ présente une floraison beaucoup plus étalée, elle est de 64 jours, c'est plus que le double de L₂₄. La différence s'élève à 33 jours (Fig. 11.9). La moyenne est de 45,18 jours, elle est dépassée par 44,44 % des populations. Le CV est moyen (17,61 %).

* *Formation de la première gousse (1G)* :

La formation de la première gousse débute au 88^{ème} jour après la levée et ce pour la population L₁ jusqu'au 112^{ème} jour pour la population L₁₆ soit 24 jours d'écart. Les 44,44 % des populations sont tardives pour ce caractère et ne forment leur première gousse qu'au-delà du 100^{ème} jour. Le CV est égal à 7,34 %, il reflète une faible variabilité.

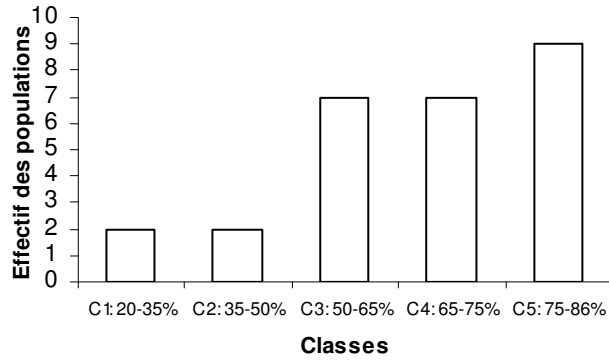


Fig.11.1 : Distribution du pourcentage de levée

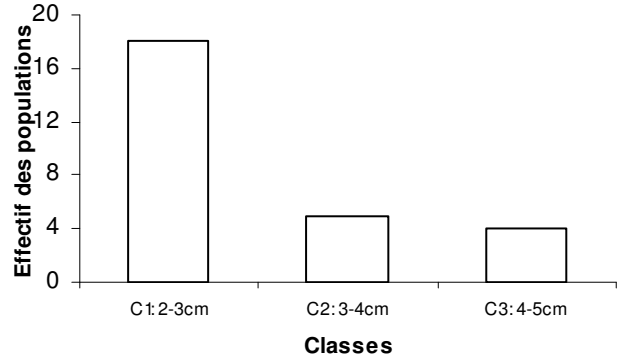


Fig.11.2 : Distribution de la hauteur H2

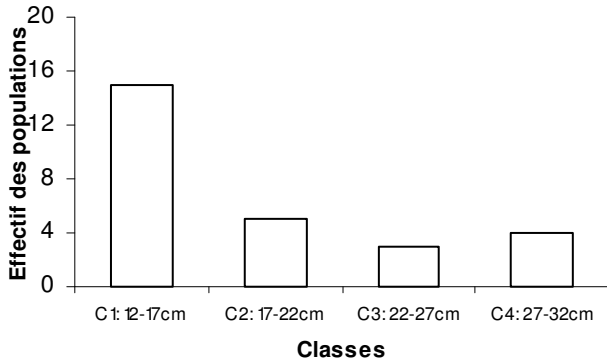


Fig.11.3 : Distribution de la hauteur H6

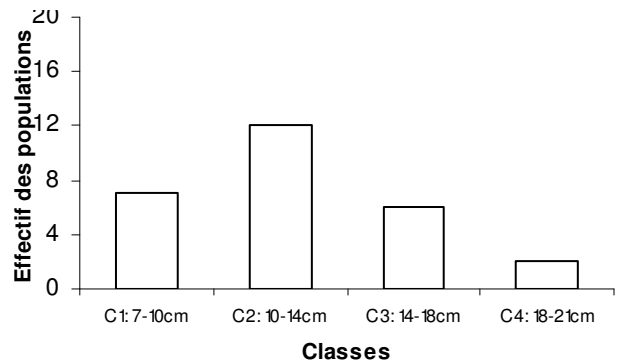


Fig.11.4 : Distribution de la largeur L2

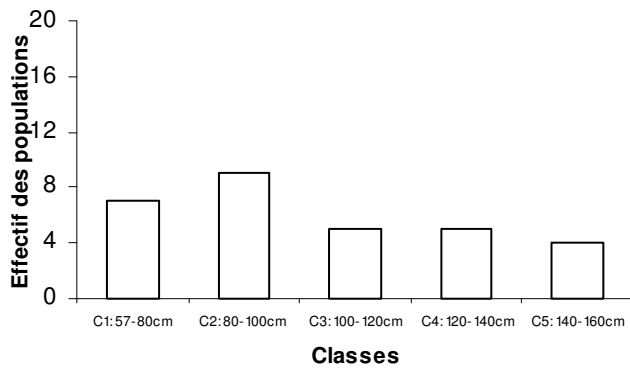


Fig.11.5 : Distribution de la largeur L6

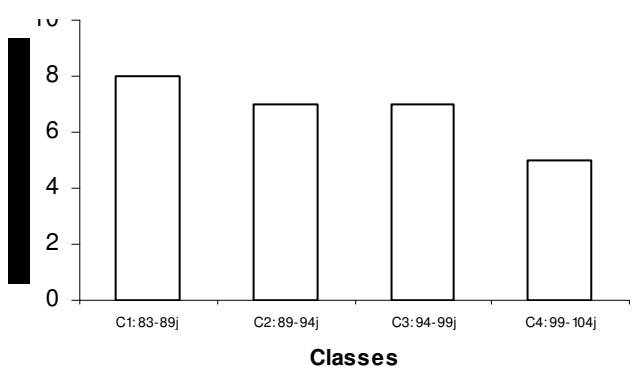


Fig.11.6 : Distribution de l'apparition de la première inflorescence 1F

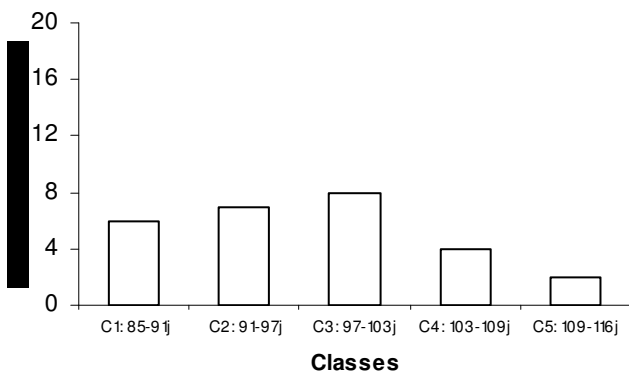


Fig.11.7 : Distribution du début de floraison DF

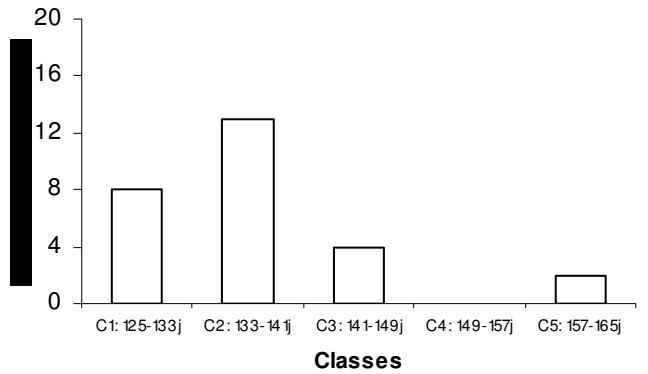


Fig.11.8 : Distribution de la fin floraison FF

* *Début de formation des gousses (DG)* :

94 jours après la levée, la population L₃ arrive au stade début formation des gousses, alors que la population la plus tardive pour ce caractère est L₁₄ avec 124 jours, l'amplitude s'élève à 30 jours. La moyenne de l'effectif est de 106,51 jours. 44,44 % de l'effectif soit 12 populations dépassent cette valeur. Le CV est faible (7,44 %).

* *Plein gousse (PG)* :

Les populations les plus précoces pour ce caractère sont L₃ et L₁₉, elles arrivent à ce stade au 98^{ème} jour après leur levée, 31 jours plus tard L₁₄ marque la fin de ce stade c'est-à-dire 129 jours après leur levée. La moyenne (112,48 jours) est dépassée par 37,04 % des populations. Le CV est faible (7,85 %)

* *Première gousse mûre (IGM)* :

La première gousse au sol est observée pour la première fois chez la population L₁₉ au 134^{ème} jour après la levée, la population la plus tardive pour ce caractère est L₂ (31 jours plus tard). 13 populations soit 48,15 % de l'effectif dépassent la moyenne (146,22 jours). Le CV est faible (5,43 %).

* *Maturité des gousses (MG)* :

C'est toujours la population L₁₉ qui est la plus précoce pour ce caractère, et la L₂ la plus tardive avec, respectivement 139 et 177 jours après la levée, l'écart s'élève à 38 jours. La moyenne est de 154,07 jours. 40,74 % des populations dépassent cette valeur. Le CV est de 6,27 %, il traduit une faible variabilité.

* *Début dessèchement (DD)* :

La population la plus précoce pour ce caractère est L₁₉ avec 132 jours après la levée, la plus tardive est L₁ avec 169 jours, l'amplitude est donc de 37 jours. La moyenne est de 145,37 jours, cette valeur est dépassée par 37,04 % des populations. Le CV est faible (7,47 %)

* *Fin de dessèchement (FD)* :

La fin de dessèchement la plus précoce caractérise la population L₁₉ qui achève son dessèchement au 140^{ème} jour après sa levée, au contraire, la population L₂ est la plus tardive (47 jours après), soit 187 jours après la levée. La moyenne est de 159 jours, 40,47 % des populations dépassent cette valeur. Le CV est faible (8,69 %).

* *Matière verte des feuilles (MVF)* :

L₂₇ est la population qui présente le poids frais des feuilles par pied le plus important (105 g/pied), la plus faible valeur se rapporte à la population L₁₁ (15 g/pied), avec une différence de 90 g (Fig. 11.10). La moyenne est de 45,72 g/pied. Les 40,74 % des populations ont un poids frais des feuilles par plan qui dépasse cette valeur. Le CV est fort (61,76 %).

* *Matière verte des tiges (MVT)* :

Le poids frais des tiges le plus élevé caractérise la population L₁₁ (4 g/pied) contrairement à L₂₇ qui présente le poids le plus élevé (44 g/pied), soit 40 g de différence (Fig. 11.11). Les 37,04 % des populations ont un poids frais des tiges par plan qui dépasse la moyenne (17,22 % g/pied). Le CV est fort (70,20 %).

* *Matière verte totale (MVTO) :*

Comme pour les deux caractères précédents, la population L₂₇ est caractérisée par le poids frais total le plus élevé, à l'opposé, L₁₁ est caractérisée par le poids le plus faible, soit respectivement 14 g/pied et 19 g/pied. La moyenne pour ce caractère est de 62,94 g/pied qui est dépassée par 40,74 % des populations. Le CV est fort (63,65 %).

* *Matière sèche des feuilles (MSF) :*

Le poids sec des feuilles par pied le plus élevé (15 g/pied) caractérise la population L₂₇, au contraire L₆ présente le poids le plus faible (2 g/pied), soit 13 g de moins (Fig. 11.12). La moyenne est égale à 5,60 g/pied, 40,74 de l'effectif dépassent cette valeur. Le CV est de 58,95%, il reflète une forte variabilité.

* *Matière sèche des tiges (MST) :*

Aussi pour le poids sec des tiges, L₂₇ présente le poids le plus élevé, alors que le poids le plus faible caractérise la population L₁₉ avec respectivement 6 g/pied et 0,75 g/pied soit 5,25 g/pied de différence (Fig. 11.13). La moyenne pour ce caractère est de 2,08 g/pied, cette valeur est dépassée par 29,63 % seulement des populations. Le CV est fort (63,93 %).

* *Matière sèche totale (MSTO) :*

Comme pour le poids sec des feuilles, le poids sec total par pied le plus fort caractérise la population L₂₇ avec 21 g/pied à l'opposé L₆ est caractérisée par le poids le plus faible (3 g/pied). L'écart s'élève donc à 18 g/pied. Les 40,74 % des populations dépassent la moyenne (7,68 g/pied). Le CV est fort, il est de 51,41 %.

* *Matière sèche des feuilles/matière sèche des tiges (MSF/MST) :*

Le rapport du poids sec le plus faible caractérise la population L₂₃ (1,66), à l'opposé, la population L₁₄ est caractérisée par un rapport égal à 5,33. Le rapport moyen est de 2,82. Les 48,5 % des populations sont caractérisées par des rapports qui vont au-delà de la moyenne. Le CV est fort (26,23 %).

* *Matière verte des feuilles / matière verte des tiges (MVF/MVT) :*

La population L₄ présente le rapport le plus faible (2,0), au contraire le rapport le plus fort caractérise la L₁₂, il est de 4,5. Le rapport moyen est de 2,84. Les 40,74 % de l'effectif dépassent cette valeur. Le CV est moyen (19,39 %).

* *Nombre de rameaux par pied (NR/P) :*

La population L₆ est caractérisée par le nombre de rameaux le plus faible par pied, alors que la L₁₅ présente le plus grand nombre de rameaux (7), soit 4 rameaux de plus que L₆. La moyenne pour ce caractère est de 4,51 r. Les 33,33% des populations dépassent cette valeur. Le CV est légèrement fort (20,69%).

* *Longueur moyenne d'un rameau (LMR) :*

La population caractérisée par les rameaux les plus longs est L₁₅ avec une longueur moyenne de 30,21 cm, alors que la valeur la plus faible (6,63 cm) caractérise les rameaux de la L₁₁, soit 23,58 cm de moins que la première valeur. La moyenne est de 14,82 cm pour ce caractère. Les 44,44 % des populations vont au-delà de cette moyenne. Le CV est fort (41,99 %).

* *Somme des longueurs des rameaux par pied (SLR) :*

La valeur la plus importante pour ce caractère est de 211,5 cm, elle caractérise la population L₁₅, au contraire la valeur la plus faible caractérise la L₁₁ avec 26,5 cm, l'écart s'élève à 185 cm. La moyenne de l'effectif est de 71,21 cm. Elle est dépassée par 48,15 % des populations. Le CV est de 50,20 %, il reflète une forte variabilité.

* *Nombre moyen de ramification par rameau (NMr/R) :*

La population L₁₀ est caractérisée par la valeur la plus importante pour ce caractère (9,16), à l'opposé L₇ présente la valeur la plus faible (4). La moyenne est de 6,81 que 8,15 % des populations dépassent. Le CV est moyen (16,70 %).

* *Nombre total de ramifications par pied (NTr) :*

Le plus grand nombre de ramifications par pied caractérise la population L₁₅ avec 58 ramifications, L₇ a le plus faible nombre et présente 16 ramifications, soit 42 ramifications de moins que L₁₅. La moyenne pour ce caractère est de 30,96. 40,74 % de l'effectif dépassent cette valeur. Le CV est fort (30,24 %).

* *Nombre de gousses par plant (NG/p) :*

Le nombre de gousses par plant varie entre un minimum de 35 gousses pour la population L₂₇ et un maximum de 309 gousses pour L₂₂, l'écart s'élève à 274 gousses. La moyenne pour ce caractère est de 133,44 gousses par plant. 51,85 % de l'ensemble des populations dépassent cette valeur. Le CV est égal à 43,53%, il traduit une forte variabilité.

* *Poids moyen d'une gousse (PMG) :*

Les gousses de la population L₂₇ semblent être les plus lourdes, elle présente un poids moyen d'une gousse de 270 mg, à son opposé L₃ présente le poids moyen d'une gousse le plus faible (124 mg), la différence est de 146 mg (Fig. 11.14). La moyenne est de 162,18 mg, elle est dépassée par 44,44 % de l'ensemble des populations. Le CV est moyen (17,81 %).

* *Poids de mille graines (P1000 g) :*

Les graines les plus légères sont celles de la population L₈, avec un poids de 1000 g égal à 6,7 g. Au contraire L₂₇ présente le poids le plus élevé (13,11 g), la différence est de 6,41 g (Fig. 11.15). La moyenne de l'ensemble des populations est égale à 9,59 g. 55,55% de l'effectif ont un poids de 1000 g supérieur à la moyenne. Le CV est moyen (15,30 %).

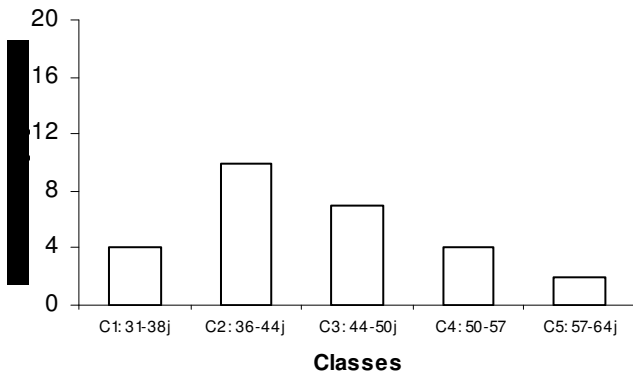


Fig.11.9 : Distribution de la durée de floraison ETF

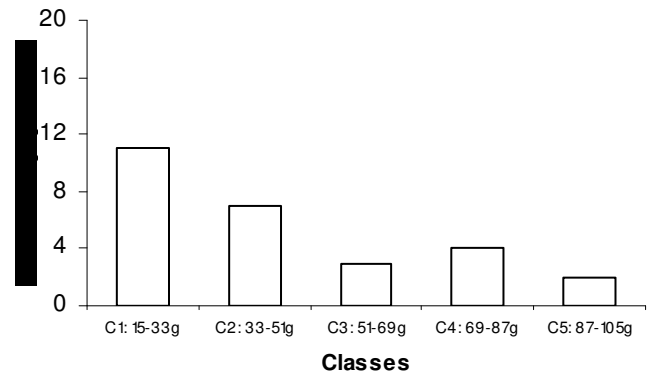


Fig.11.10 : Distribution de la MVF

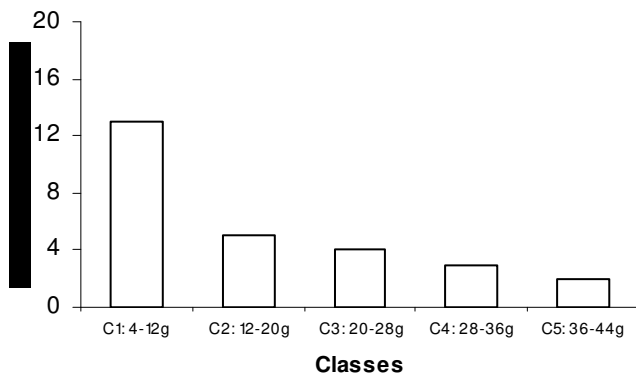


Fig.11.11 : Distribution de la MVT

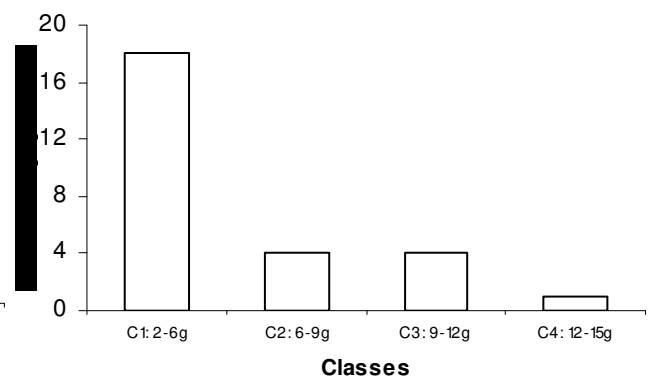


Fig.11.12 : Distribution de la MSF

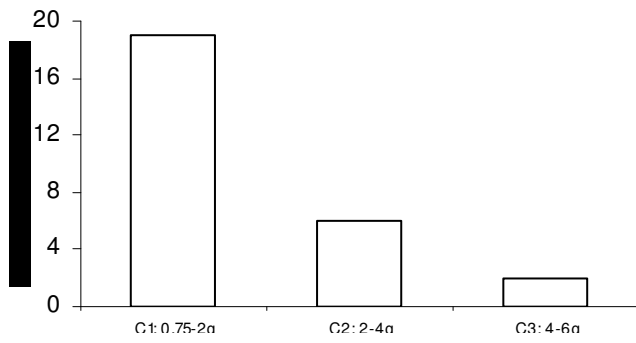


Fig.11.13 : Distribution de la MST

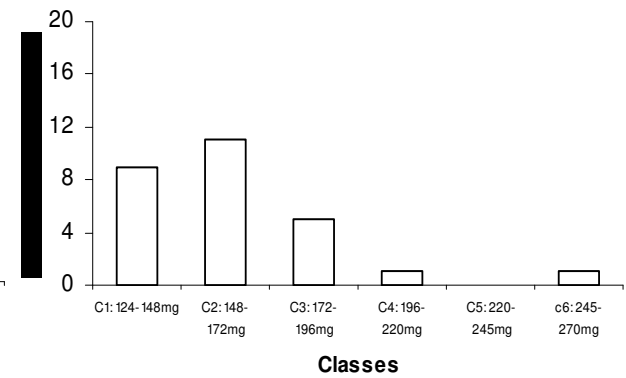


Fig.11.14 : Distribution de la PMG

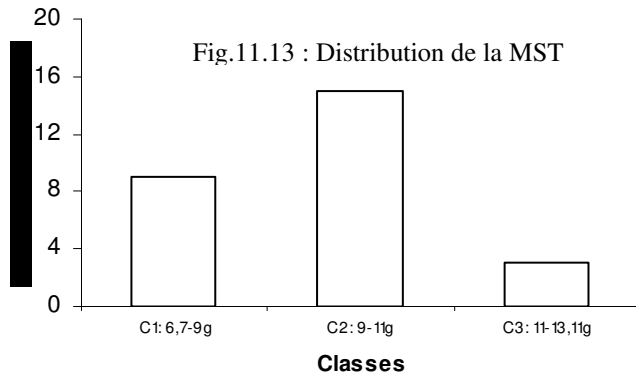


Fig.11.15 : Distribution du P1000g

* Poids des graines/poids des gousses (Pg/PG) :

La valeur la plus faible pour ce caractère (0,446) caractérise la population L₂₅, alors que la plus élevée caractérise la population L₁₉, elle est de 0,561. L'écart s'élève à 0,115. Les 51,85 % de l'ensemble des populations dépassent la moyenne qui est de 0,49. Le CV est faible (6,26 %).

* Nombre moyen de graines par gousses (NMg/G) :

L₁₁ est la population qui présente le nombre le plus faible (7,72) alors que L₂₅ présente la valeur la plus forte (12,1). La moyenne pour ce caractère est égale à 9,16, elle est dépassée par 40,74 % de l'ensemble des populations. Le CV est moyen 11,45 %.

3.3.1.1.2.. Discussion

Les résultats des paramètres statistiques pour *S. sulcatus* indiquent qu'il existe une variabilité chez cette espèce, cette variabilité est forte surtout pour la levée et le développement végétatif ainsi pour la masse végétative en frais et en sec, cela est aussi vérifié pour le nombre et les dimensions des rameaux et des ramifications.

Cette variabilité est moyenne pour l'étalement de la floraison et les poids des graines et des gousses, ainsi que le nombre de graines par gousse, enfin elle est faible pour les caractères de la floraison et de la formation et la maturité des gousses.

La moyenne du pourcentage de levée la première année est de 68,07 % sauf pour la population L₂₇ qui présente 22 % de graines levées, ceci peut être expliquée probablement par une attaque parasitaire. La première année en irrigué, le pourcentage de levée est plus important soit 82 %.

La hauteur hivernale moyenne pour l'espèce est de 3,16 cm, celle du début de printemps 12,29 cm et celle du printemps (H6) 18,96 cm. La majorité des populations ont un développement hivernal plutôt que printanier. La hauteur est comprise entre 12 et 32 cm sur une durée de deux mois et ce pour l'ensemble des populations de cette espèce. Il est intéressant de signaler que ces hauteurs sont sûrement sous l'influence de la densité et des faibles pourcentages de levée (H2, H4 et H6 sont relativement faibles).

Les largeurs moyennes pour l'espèce sont 12,55 cm en hiver, 54,79 cm en début de printemps et 102 cm au printemps. Ces largeurs varient de 7cm à 160 cm sur une période étalée du début du mois de mars à la fin du mois d'avril. Le rythme de croissance est plus rapide au printemps.

Concernant la floraison, 13 populations sur 27 sont précoces pour l'apparition de la première inflorescence (1F) et la majorité d'elles gardent leur précocité pour les autres stades (DF, PF, FF). En général, les populations précoces ont une floraison plus étalée dans le temps.

La population L₁ est la plus tardive pour les deux essais. Donc installées à Chlef, les populations de *S. sulcatus* s'avèrent plus précoces que celles mises en essai à Guelma (1990) dont la moyenne de l'apparition de la première inflorescence est de 128 jours, c'est la durée qu'ont mis nos populations pour arriver à la pleine floraison et même en fin floraison pour certaines. Cette précocité a aussi caractérisé les stades de formation et de maturité des gousses.

Les poids des feuilles et des tiges en frais et en sec varient significativement au sein de cette espèce. Les poids trouvés à El Harrach (1982), dépassent sensiblement nos résultats extrêmes (maximum : 116 g/pied, minimum : 46 g/pied) alors que pour les poids des tiges ils sont très élevés par rapport à nos résultats, ils sont de 170 g/pied comme maximum et 36 g/pied comme minimum.

Ceci signifie que les rapports poids des feuilles/poids des tiges sont très élevés pour nos populations (valeur minimale en frais 2, valeur maximale 4,5), ceci signifie aussi qu'au stade où le prélèvement a été fait (pleine floraison), il y avait beaucoup plus de feuilles que de tiges, alors que pour les populations mises en essai à El-Harrach il y avait presque autant de feuilles que de tiges, ceci est valable pour les rapports en sec.

Le nombre de rameaux par pied (NR/P) varie de 3 à 7 rameaux. La plus grande partie présente 4 rameaux, une seule population présente 3 rameaux, le reste est compris entre 5 et 7 rameaux alors que Bensalem (1982) ne compte que des plants à 3 ou 4 rameaux.

Pour la longueur moyenne d'un rameau (LMR), nos rameaux sont plus courts que ceux des populations de Bensalem (1982), la valeur maximale pour nos populations est de 30,21 cm, alors que pour celles de Bensalem, elles atteignent jusqu'à 69 cm et le minimum est de 48 cm au même stade (pleine floraison). Les rameaux les plus courts des populations mises en essai à El-Harrach dépassent les rameaux les plus longs de nos populations, ceci est valable aussi pour la somme des longueurs des rameaux par pied (SLR).

Pour le nombre de ramifications par rameau (NMr/R), ce sont aussi les populations de Bensalem (1982), qui sont caractérisées par un nombre plus élevé de ramifications par rameau en comparaison avec nos populations.

La production moyenne des gousses par plant la deuxième année est plus faible que pour les populations mises en essai la première année qui a enregistré une moyenne de 161 gousses/plant. Cependant, certaines populations ont été plus performantes la deuxième année d'essai où elles dépassent 260,9 gousses par plant. Le poids moyen d'une gousse est de 162,18 mg, contre 139,8 mg enregistré la première année, le maximum est plus élevé pour nos populations. Il caractérise la L₂₇ dans les deux cas.

Ainsi pour le poids de mille graines, la moyenne est aussi plus élevée que celle des populations mises en essai à Chlef (1993) dont la moyenne est de 8,49 et le minimum est de 5,26 g pour L8 qui a évolué à 6,7 g pour la même population et le maximum de 13,99 g pour L₂₇ a diminué jusqu'à 13,11 g pour la même population.

Le rapport poids des graines/poids des gousses est en moyenne de 0,49 la deuxième année, il est légèrement supérieur à celui trouvé en 1993 (0,44), cela signifie que la part des cosse est moins importante après une année de culture.

Une meilleure performance pour le nombre moyen de graines par gousse (Ng/G) a été enregistrée la deuxième année par rapport à la première. Ainsi la population L₂₅ qui a enregistré un maximum de 10,8 graines en 1993, a produit 12,1 graines en 1994, de même pour la population L₁₁ qui a donné 6,4 graines a évolué pour donner 7,72 graines.

3.3..1.1.3. Corrélation :

Les populations qui ont un fort pourcentage de levée ont des fortes hauteurs en hiver et en début de printemps ainsi que des fortes largeurs L₂, L₄ et L₆.

Toutes les hauteurs et les largeurs sont positivement corrélées entre elles sauf la hauteur H₆ et la largeur L₂. Les populations à fort développement en largeur et en hauteur ont un rythme de croissance hivernal. Certaines populations ayant des fortes hauteurs printanières H₂, H₄ et H₆ et des largeurs L₂, L₄ et L₆ fortes sont caractérisées par une forte vitesse de croissance en largeur printanière.

Les populations à fort pourcentage de levée sont caractérisées par des rythmes de croissance en largeur et en hauteur importants. Celles qui ont un bon développement en largeur hivernale et en début de printemps entament leur floraison précocement, la pleine floraison est corrélée positivement avec les hauteurs H2 et H6 et la largeur L6. Plus ces largeurs L6 et L4 sont importantes et plus la floraison est étalée dans le temps, alors qu'une fin floraison tardive caractérise les populations à forte hauteur printanière.

Les populations à bon développement en largeur hivernale sont précoces pour les caractères de formation des gousses, et celles à bon développement en largeur de début de printemps sont précoces pour le début de formation des gousses, alors que celles à bon développement en hauteur et en largeur printanière sont tardives pour la maturité de la première gousse (1GM).

Les forts pourcentages de levée caractérisent les populations dont la masse végétative en poids sec et frais est faible, celle-ci semble liée à la densité du peuplement, la hauteur printanière et la matière verte des tiges sont corrélées positivement, alors que la MSF et la largeur L4 sont corrélées négativement. Toutes les hauteurs et les largeurs sauf L2 sont corrélées négativement avec le rapport en frais des poids des feuilles sur poids des tiges. La hauteur printanière H6 est corrélée positivement avec le nombre de rameaux par pied ainsi que les dimensions des rameaux (LMR, SLR). Un nombre de gousses par plant important caractérise les populations dont les hauteurs H2 et H6 sont fortes.

Les populations originaires des régions pluvieuses présentent de faibles largeurs (L2, L4 et L6). Les forts pourcentages de levée induisent de très faibles poids de mille graines. Les populations à fortes vitesses de CLP sont celles qui ont des vitesses de CHH, CHP et CLH fortes, et les vitesses de CLH et CHH sont très hautement corrélées. Une vitesse de CHP rapide caractérise les populations tardives pour les caractères 1F et FF et les caractères de formation et de maturité des gousses ainsi que des poids élevés des feuilles et des tiges en sec et en frais, avec des longueurs importantes des rameaux et un nombre élevé de ramifications par pied. Alors qu'une CLH implique une précocité pour les caractères de floraison (1F, DF), une durée de floraison étalée, un poids en MSF faible et un rapport MVF/MVT faible. Toutes ces populations sont originaires des régions à faible pluviométrie.

Les populations qui ont une vitesse de CLP sont caractérisées par des PF et FF tardives et une floraison étalée ainsi qu'une maturité et un début de dessèchement précoce, un rapport MVF/MVT faible et de longs rameaux.

Tous les caractères de floraison (1F, DF, PF et FF) sont corrélés entre eux. PF et une FF tardives impliquent une floraison étalée, les caractères de floraison sont très hautement corrélés avec les caractères de formation des gousses et la maturité de la première gousse. La maturité des gousses et le début de dessèchement sont corrélés positivement avec les DF, PF et FF alors que la fin de dessèchement caractérise les populations tardives pour les caractères PF, FF, ETF ; ce dernier caractère ETF est présent chez les populations tardives pour les caractères de maturité des gousses 1GM et MG ainsi que pour le début de dessèchement et la fin de dessèchement.

Les populations qui font apparaître leur première inflorescence et entament leur début de floraison tardivement sont celles qui ont des poids élevés en MVF, MVT et MVTO ainsi qu'en MSF et MSTO, elles proviennent des régions pluvieuses. Les caractères de formation et de maturité des gousses sont corrélés entre eux ainsi qu'avec le début de dessèchement tandis que la FD est corrélée avec la PG, la 1GM et le DD. L'apparition tardive de la première gousse est présente chez les populations dont la masse végétative en frais et en sec est élevée avec des longueurs importantes des rameaux. Il existe une corrélation positive entre le DG et la PG avec la MVF et la MSF.

Les populations provenant des régions à forte pluviométrie sont tardives pour les caractères de formation des gousses, tous les poids secs et frais des feuilles et des tiges sont corrélés positivement entre eux, et un rapport MVF/MVT faible caractérise un poids élevé en MST, MVT et MVTO.

Ces mêmes caractères (MVF, MVT, MVTO, MSF et MSTO) sont corrélés positivement avec les caractères concernant les rameaux et les ramifications, alors qu'un rapport MVF/MVT caractérise les populations dont les rameaux sont longs.

Les caractères liés aux rameaux et aux ramifications sont corrélés positivement entre eux sauf NR/P et NMr/R. Le poids moyen d'une gousse est fortement corrélé avec le poids de mille graines tandis qu'il existe une corrélation négative entre le poids de mille graines et le rapport poids des graines sur poids des gousses, d'une part, et le nombre de graines par gousses, d'autre part.

3.3.1.1.4. Analyse factorielle des correspondances (A.F.C.) :

L'A.F.C. a porté sur 45 variables, transformées en 104 classes (modalités), l'altitude et la pluviométrie ont été traitées comme variables supplémentaires.

L'interprétation selon le plan 1-2 fournit 36% d'information (Fig. 12.1).

L'axe 1 oppose deux groupes :

* Le premier groupe est représenté par les populations L₁₁, L₁₈, L₁₉, L₂₀, L₂₃, L₂₅. Elles proviennent des régions à faible pluviométrie, elles sont caractérisées par :

- Une vitesse de croissance en largeur printanière faible.
- Un poids faible en matière verte des feuilles et des tiges et en matière sèche.
- Un nombre total de ramifications et un nombre moyen de ramifications par rameau faibles.
- Une apparition précoce de la première inflorescence et la première gousse ainsi qu'un début de floraison précoce.

* Le deuxième groupe, représenté par les populations L₁₀, L₁₃, L₁₄, L₁₅, L₁₆, L₂₄ et L₂₇, est caractérisé par :

- Un poids très élevé en MVF.
- Des poids élevés en MVT, MVTO, MST et MSTO.
- Une apparition tardive de la 1^{ère} inflorescence et de la 1^{ère} gousse, ainsi qu'un début de floraison tardif.
- Des longueurs des rameaux et un nombre moyen de ramifications par rameau élevé.

Toutes ces populations sont originaires des régions pluvieuses.

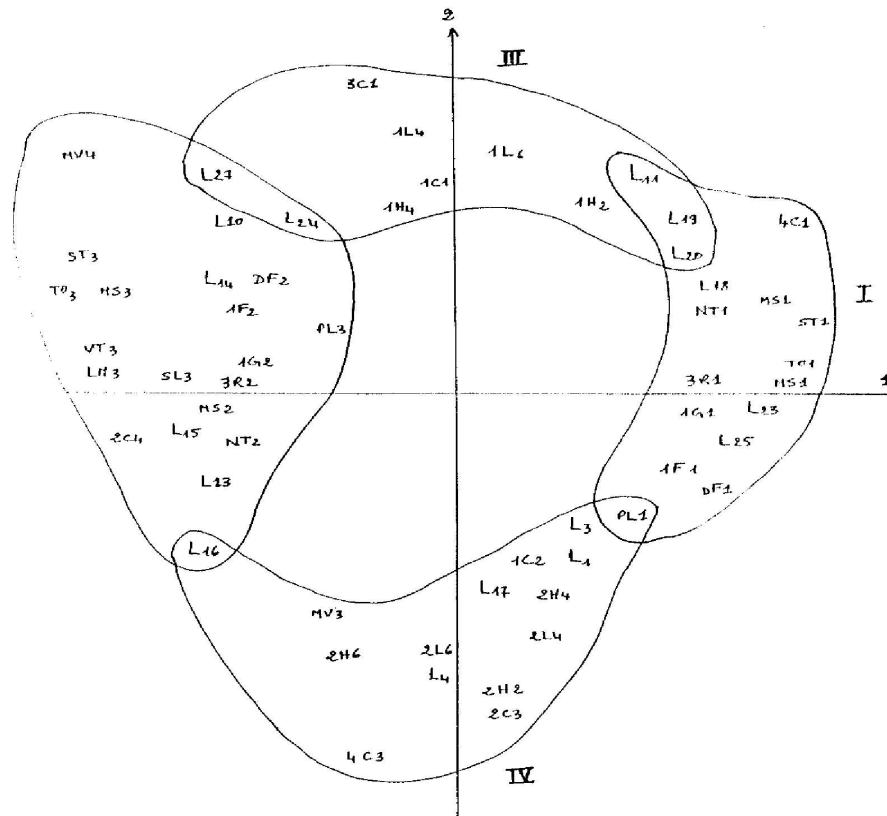


Fig. 12.1 : A.F.C. *S. sulcatus*: projection des individus et des modalités de variables sur le plan 1-2.

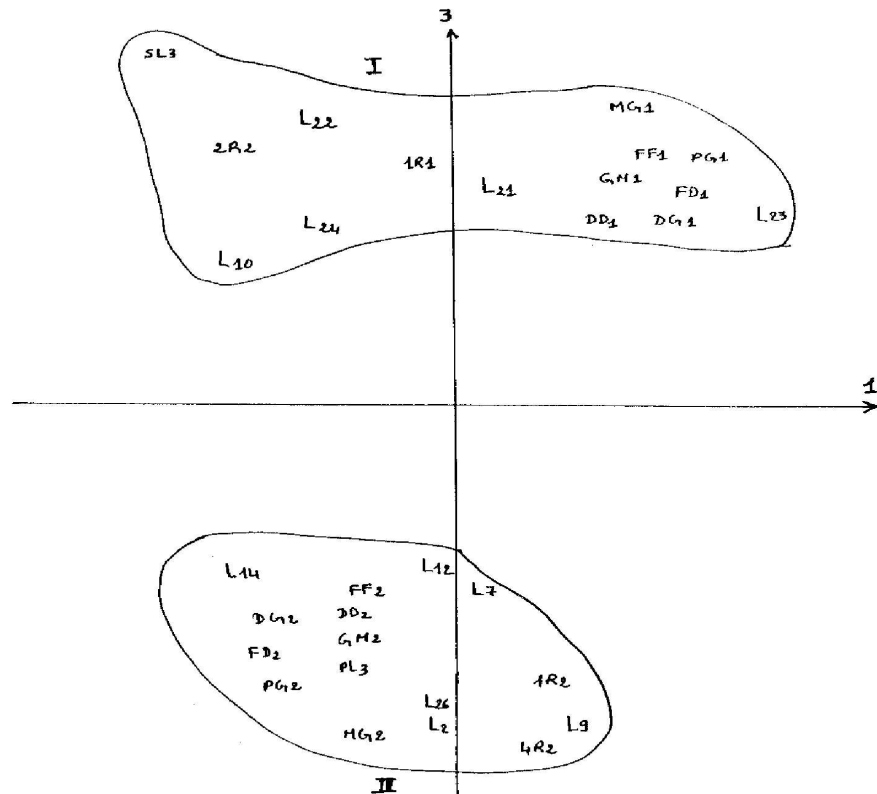


Fig. 12.2. : A.F.C. *S. sulcatus*: projection des individus et des modalités de variables sur le plan 1-3.

L'axe 2 oppose deux autres groupes :

* Le troisième groupe est représenté par les populations L₁₁, L₁₉, L₂₀, L₂₄ et L₂₇. Elles sont caractérisées par :

- Des hauteurs H2 et H4 faibles et des largeurs L4 et L6 faibles.
- Des vitesses de croissance en largeur forte et en hauteur faible.

* La quatrième groupe est représenté par les populations L₁, L₃, L₄, L₁₆ et L₁₇ qui sont caractérisées par :

- Des hauteurs H2, H4 et H6 moyennes et des largeurs L4 et L6 moyennes.
- Une formation tardive de 1^{ère} gousse.
- Un poids élevé en MVF.

Selon le plan (1-3) qui apporte 30% d'information, on distingue 2 groupes qui s'opposent selon l'axe 3 (Fig. 12.2).

* Le premier groupe, représenté par les populations L₁₀, L₂₁, L₂₂, L₂₃, et L₂₄, est caractérisé par :

- Des sommes de longueurs des rameaux importantes et un nombre de rameaux par pied élevé.
- Un rapport MVF/MVT faible.
- Un début et une fin de dessèchement précoce.
- une précocité pour la formation et la maturité des gousses.
- Une fin de floraison précoce.

* Le deuxième groupe est représenté par les populations L₂, L₇, L₉, L₁₂, L₁₄ et L₂₆ qui sont caractérisées par :

- Une fin floraison tardive.
- Un début gousse et une pleine gousse tardifs.
- Une maturité tardive de la 1^{ère} gousse ainsi qu'une maturité tardive des gousses.
- Un nombre moyen de gousses par plant.
- Un rapport fort en poids frais des feuilles sur poids frais des tiges.

3.3.1.1.5. Développement en hauteur et en largeur de quelques populations de *S. sulcatus*.

La population L₄ atteint la hauteur la plus importante (5 cm) en hiver, elle est caractérisée par un bon développement jusqu'au début de printemps, puis prend un rythme un peu plus ralenti pour atteindre 28 cm en fin de notation (Fig. 13).

La hauteur la plus faible en hiver est de 2cm chez les populations L₁₉ et L₂₆. En début de printemps L₁₉ est plus haute que L₂₆, elles prennent de nouveau la même hauteur à la date du 13/04/1994 à partir de laquelle L₁₉ ralentit laissant sa place à la L₂₆ dont les hauteurs sont successivement 12 et 13,5 cm.

Au début de printemps, c'est la L₁₇ qui est la plus haute (21,5 cm) suivie par la L₄ (21 cm) et L₁₆ (20 cm), cette dernière a un développement plus important en printemps, elle se trouve à la première place en fin de notation (27/04/1994) avec 32 cm de haut.

Le développement en hauteur de la L₁₁ s'approche de celui de la L₁₉ mais il le dépasse légèrement en hiver et à sa sortie pour diminuer de nouveau en printemps.

Le développement en largeur le plus important en début de notation caractérise la population L₄ avec 11 cm et elle garde ce bon développement jusqu'à la fin de notation (27/04/1994) à cette date c'est la population L₅ qui prend la première position (147 cm) alors qu'elle était moins large en hiver. Les deux courbes ont une allure presque identique. Elles sont caractérisées par un fort développement. Par contre les populations L₂₆ et L₁₁ ont le plus faible développement, les valeurs prises successivement sont 5 et 6 cm en début de notation, ce développement est un peu plus important chez la L₁₁ jusqu'à la date du 13/04/1994 avec 55 cm puis ralentit en laissant sa place à la L₂₆ qui atteint 70 cm en printemps. A cette même date les largeurs finales des populations L₁₁ et L₂₆ sont plus inférieures à la moyenne. En conclusion, il ressort que le développement est plus important en largeur qu'en hauteur et il est plus printanier qu'hivernal (Fig. 14).

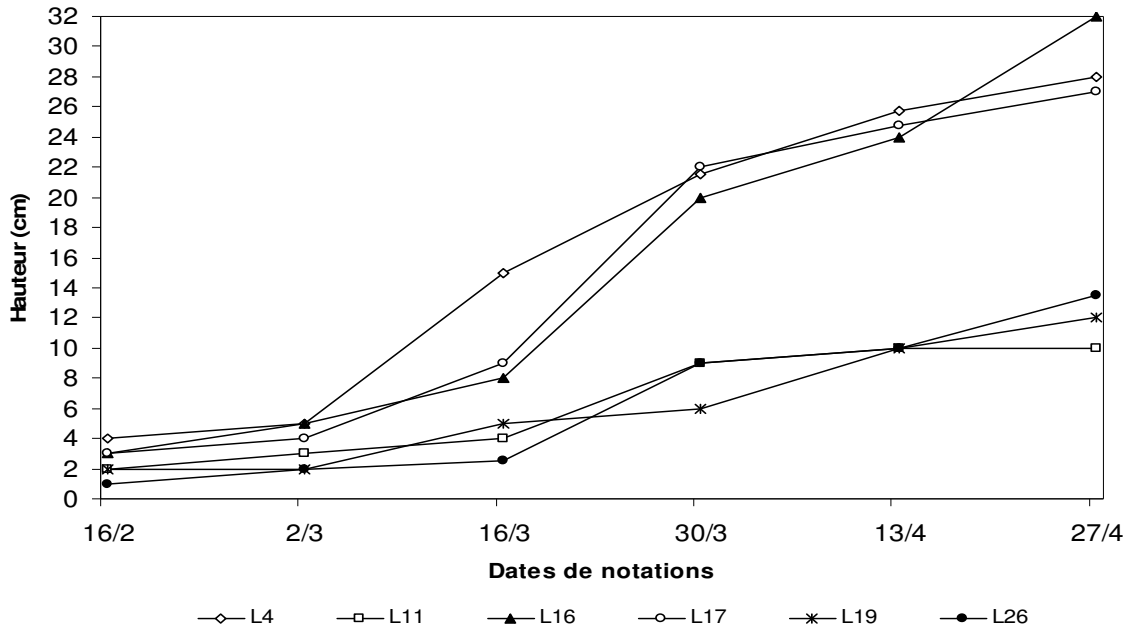


Fig. 13 : Développement en hauteur de quelques population de *S. sulcatus*

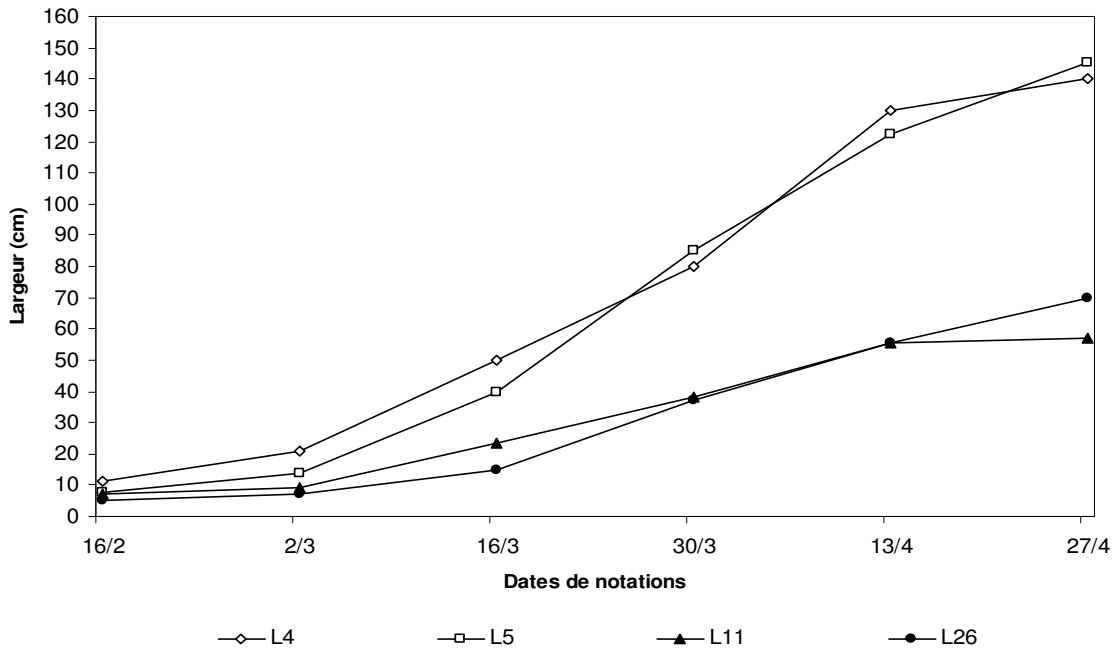


Fig. 14 : Développement en largeur de quelques population de *S. sulcatus*

3.3.1.2. *Scorpiurus subvillosus*

3.3.1.2.1. Paramètres statistiques

Le tableau 14 ci-après résume l'ensemble des caractères étudiés et leurs variations.

Tableau 14 : Variation des différents caractères étudiés chez les populations de *S. subvillosus*

Caractères	Minimum	Maximum	Moyenne	σ	CV %
Pourcentage de levée (%L)	70	88	79,75	6,798	8,52
Hauteur de végétation (hiver,H2)(cm)	2,5	4	3,5	0,534	15,27
Largeur de végétation (hiver, L2) (cm)	9,5	17	11,81	2,359	19,97
Hauteur de végétation (printemps,H6)(cm)	11	25	15,25	4,525	29,69
Largeur de végétation (printemps, L6) (cm)	60	130	90	27,609	30,67
Croissance en hauteur (hiver, CHH) (cm/j)	0,05	0,27	0,11	7,171	62,34
Croissance en largeur (hiver, CLH) (cm/j)	0,58	1,15	0,77	0,19	24,43
Croissance en hauteur (printemps, CHP) (cm/j)	0,1	0,38	0,22	0,102	44,73
Croissance en largeur (printemps, CLP) (cm/j)	1	2,82	1,68	0,665	39,39
Première fleur (1F) (jours après semis)	95	108	100,87	4,223	4,18
Début floraison (DF) (jours après semis)	102	115	109,12	4,549	4,17
Etalement de la floraison (ETF) (jours)	33	46	38,62	4,34	11,24
Première gousse (1G) (jours après semis)	98	119	107,5	6,782	6,31
Première gousse mure (1GM) (jours après semis)	145	155	149,5	3,338	2,23
Début dessèchement (DD) (jours après semis)	138	145	141,75	2,492	1,76
Fin dessèchement (FD) (jours après semis)	153	166	159,5	5,424	3,4
Matière verte des feuilles (MVF) (gramme)	23	76	40,5	17,476	43,15
Matière verte des tiges (MVT) (gramme)	7	23	12,06	5,348	44,33
Matière sèche totale (MSTO) (gramme)	31	99	52,56	22,464	42,74
Nombre de rameau par pied (NR/P)	4	6	4,25	0,707	16,63
Nombre moyen de ramification par rameau (NMr/R)	4,5	8	6,86	1,103	16,08
Nombre de gousse par plant (NG/P)	54	151	105,62	37,504	35,5
Nombre de graines par gousse (Ng/G)	7,42	8,62	7,97	0,517	6,49
Poids des graines sur poids des gousses (Pg/Pg)	0,474	0,6	0,54	4,566	8,42
Poids de 1000 graines (P1000g) (gramme)	8,53	12	9,92	1,228	12,38

* *Pourcentage de levée (%L)* :

Le pourcentage de levée varie entre un minimum de 70 % pour la population B₁, et un minimum de 88 % pour la population B₆. L'écart s'élève donc à 18 % (Fig. 15.1). La moyenne est de 79,75 %, la moitié des populations va au-delà de cette valeur. Le CV est de 8,52, il reflète une faible variabilité.

* *Hauteur hivernale (H2)* :

La hauteur minimale (2,5cm) caractérise la population B₁, et la hauteur maximale (4cm) caractérise les populations B₄, B₅ et B₆ avec une faible différence (1,5cm) (Fig. 15.2). La moyenne est de 3,5cm, 37,5 % des populations dépassent cette valeur. Le CV (15,27 %) reflète une variabilité moyenne.

* *Hauteur du début de printemps (H4) :*

Cette hauteur varie de 6 à 17cm. Les populations B₁, B₂ et B₇ présentent la plus petite valeur, au contraire B₄ présente la plus grande valeur. L'amplitude s'élève à 11cm. La moyenne des populations est de 8,5cm, elle est dépassée par 37,5 % de l'effectif. Le CV (44,01 %) traduit une forte variabilité.

* *Hauteur printanière (H6) :*

La population B₈ présente la hauteur la plus faible (11cm) contrairement à la B₄ qui est la plus élevée (25cm). L'amplitude s'élève à 14cm (Fig. 15.3). La moyenne est de 15,55cm, elle est dépassée par 37,5 % de l'ensemble des populations. Le CV de 29,69 %, il traduit une grande variabilité.

* *Largeur hivernale (L2) :*

Entre les largeurs de 9,5cm chez la population B₅ et de 17cm chez la population B₄, l'écart s'élève à 7,5cm (Fig. 15.4). La moyenne des populations est de 11,81cm. 37,5 % des populations dépassent cette valeur. Le CV est moyen (19,97 %).

* *Largeur du début du printemps (L4) :*

Elle varie de 31cm chez la population B₈ à 60cm chez la population B₄, soit 29cm de différence. Les 37,5 % des populations dépassent la moyenne (40,87 %). Le CV est de 23 %.

* *Largeur printanière (L6) :*

La population B₈ est la moins large (60cl) et les populations B₃ et B₄ les plus larges (130cm). L'écart entre les deux populations s'élève à 70cm (Fig. 15.5). Les 37,5 % de l'effectif dépassent la moyenne (90cm). Le CV est fort (30,76 %).

* *Vitesse de croissance :*

a. En hauteur hivernale (CHH) :

Elle oscille entre 0,05 cm/j chez les populations B₂ et B₇ et 0,27 cm/j pour la B₄ avec un écart de 0,22 cm/j. La croissance moyenne est égale à 0,11 cm/j que 25 % de l'effectif dépassent. Le CV est fort (62,34 %).

b. En hauteur printanière (CHP) :

La vitesse de croissance journalière la plus faible (0,1 cm/j) caractérise la population B₆, alors que la plus petite (0,38 cm/j) caractérise la B₃, soit 0,28 cm/j de différence. La moyenne est de 0,23 cm/j, elle est dépassée par 62,5 % des populations. Le CV est fort (44,73 %).

c. En hauteur hivernale (CLH) :

Elle varie entre 0,58 et 1,15 cm/j, respectivement pour B₈ et B₄, l'amplitude est donc de 0,57 cm/j. La moyenne est de 0,77 cm/j, 25 % de l'ensemble des populations dépassent cette valeur. Le CV est fort (24,43 %).

d. En largeur printanière (CLP) :

La valeur minimale de 1cm/j s'observe chez la population B₈ et la valeur maximale (2,82 cm/j) chez la B₃ avec un écart de 1,82 cm/j. La moyenne (1,68 cm/j) est dépassée par 37,5 % des populations. Le CV est fort (39,39 %).

* *Apparition de la première inflorescence (1F)* :

L'apparition de la première inflorescence débute au 95^{ème} jour après la levée et ce pour la population B₇ jusqu'au 108^{ème} jour pour la B₆, soit 13 jours d'écart (Fig. 15.6). Les 37,5 % des populations sont tardives pour ce caractère et ne forment leur première inflorescence qu'au-delà de la moyenne (100,87 j). Le CV est égal à 4,18, il reflète une faible variabilité.

* *Début de floraison (DF)* :

102 jours après la levée, la population B₄ atteint le stade début floraison, alors que la plus tardive est B₆ avec 115 jours. L'écart est donc égal à 13 jours (Fig. 15.7). La moyenne de l'effectif est de 109,12 j que la moitié des populations dépassent. Le CV est faible (4,17 %)

* *Pleine floraison (PF)* :

La population la plus précoce pour ce caractère est B₁, elle arrive à ce stade au 131^{ème} jour après la levée. 6 jours plus tard B₂ et B₇ marquent la fin de ce stade. La moyenne (135j) est dépassée par la majorité des populations. Le CV est faible (1,48 %).

* *Fin floraison (FF)* :

C'est la population B₁ qui achève sa floraison la première avec 134 jours depuis sa levée. Ce n'est que 10 jours après soit 144 jours que la B₅ achève sa floraison (Fig. 15.8). La moyenne pour ce caractère est de 139,25j, 37,5 % de l'effectif vont delà de cette valeur. Le CV est faible (2,38 %).

* *Etalement de la floraison (ETF)* :

La durée de floraison la plus courte (33j) caractérise la population B₆, au contraire B₇ présente une floraison beaucoup plus étalée, elle est de 46 jours (Fig. 15.9). L'amplitude s'élève à 13 jours. 3 populations sur les 8 dépassent la moyenne (38,62j). Le CV est moyen (11,24 %).

* *Formation de la première gousse (1G)* :

98 jours après la levée, B₇ fait apparaître sa première gousse. La B₆ est la dernière à le faire avec 119j. 21j séparent la première population de la dernière. La moyenne de l'effectif est de 107,5j, elle est dépassée par 37,5 % des populations. Le CV (6,31 %) traduit une faible variabilité.

* *Début de formation des gousses (DG)* :

B₁ et B₄ sont les populations les plus précoces, en atteignant ce stade 109 jours après leur levée, alors que la population B₆ est la plus tardive, elle atteint ce stade 124 jours après sa levée, soit 15 jours d'écart. La majorité des populations (62,5 %) dépassent la moyenne (116,37 jours). Le CV est faible (4,88 %).

* *Pleine gousse (PG)* :

Les populations les plus précoces pour ce caractère sont B₁ et B₄, elles atteignent ce stade 113 jours après leur levée. 16 jours plus tard, les populations B₅ et B₆ marquent la fin de ce stade c'est-à-dire au 129^{ème} jour après la levée. Les 62,5 % des populations vont au-delà de la moyenne (122,12j). Le CV est faible (5,71 %).

* *Première gousse mûre (IGM)* :

B₁ est la première population qui fait tomber sa première gousse au sol 145 jours après la levée, contrairement à B₂ qui est la plus tardive pour ce caractère avec 10 jours de plus, soit 155 jours après sa levée. La moitié des populations dépasse la moyenne (149,5j). Le CV est faible (2,23 %).

* *La maturité des gousses (MG)* :

La maturité des gousses les plus précoces caractérise les populations B₃ et B₄ (152j après la levée), alors que les populations les plus tardives pour ce caractère sont B₂ et B₆ avec 162 jours. L'écart est de 10 jours. La moyenne (156,75j) est dépassée par 50 % des populations. Le CV est faible (2,65 %).

* *Début de dessèchement (DD)* :

Le début de dessèchement le plus précoce caractérise la population B₈ avec 138 jours après la levée, au contraire les populations B₅ et B₆ sont les plus tardives avec 162 jours d'écart. La moyenne est de 141,75j, elle est dépassée par la moitié de l'effectif. Le CV (1,76 %) traduit une faible variabilité.

* *Matière verte des feuilles (MVF)* :

Le poids frais des feuilles le plus élevé caractérise la population B₅ (76g), contrairement à B₁ qui présente le poids le plus faible (23g/pied). L'amplitude s'élève donc à 53g (Fig. 15.10). La moyenne est de 40,5 g/pied, 37,5 % des populations vont au-delà de cette valeur. Le CV est fort (43,12 %)

* *Matière verte des tiges (MVT)* :

B₇ et B₈ sont les populations qui présentent le poids frais des tiges le plus faible (7g). La plus forte valeur se rapporte à la population B₅ avec 16g de plus, soit 23 g/pied (Fig. 15.11). La moyenne, est de 12,06 g/pied, soit 23 g/pied. La moyenne est de 12,06 g/pied dont la moitié de l'effectif vont au delà. Le CV est fort (44,33 %).

* *Matière verte totale (MVTO)* :

La plus faible valeur pour ce caractère (31 g/pied) est notée chez la population B₁ et la plus élevée (99 g/pied) se rapporte à la B₅, soit 68g de différence. La moyenne (52,56 g/pied) est dépassée par 37,5 % des populations. Le CV (42,74 %) traduit une forte variabilité.

* *Matière sèche des feuilles (MSF)* :

B₅ présente le poids le plus élevé en MSF (9 g/pied) alors que le poids le plus faible caractérise les populations B₁, B₃ et B₈. Il est de 4 g/pied (Fig. 15.12). La moyenne est de 37,5 g/pied. Le CV est fort (32,19 %).

* *Matière sèche des tiges (MST)* :

Le poids le plus élevé (3g) caractérise les populations B₄ et B₅, au contraire B₆ présente le poids le plus faible (1 g/pied) (Fig. 15.13). La moyenne pour ce caractère est 2 g, elle est dépassée par 25 % de l'effectif. Le CV est de 35,35 %, il traduit une forte variabilité.

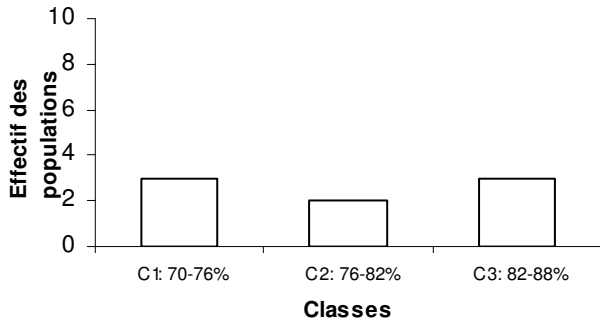


Fig.15.1 : Distribution du pourcentage de levée

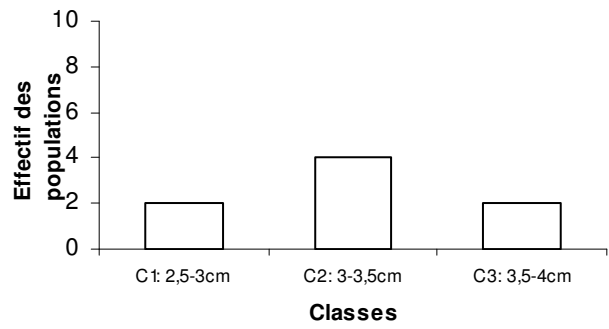


Fig.15.2 : Distribution de la hauteur H2

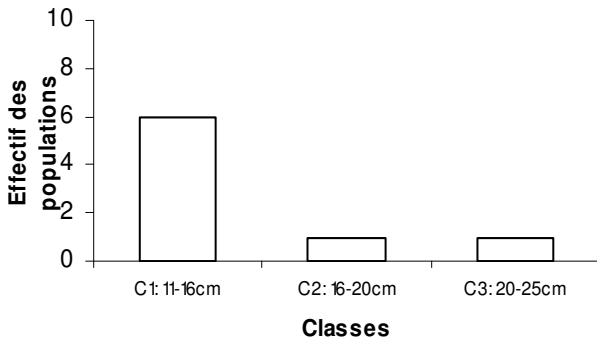


fig.15.3 : Distribution de la hauteur H6

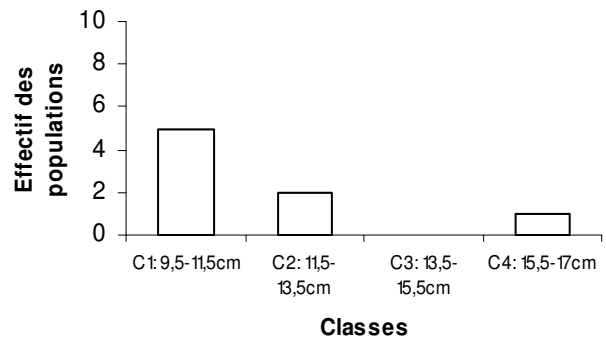


Fig.15.4 : Distribution de la largeur L2

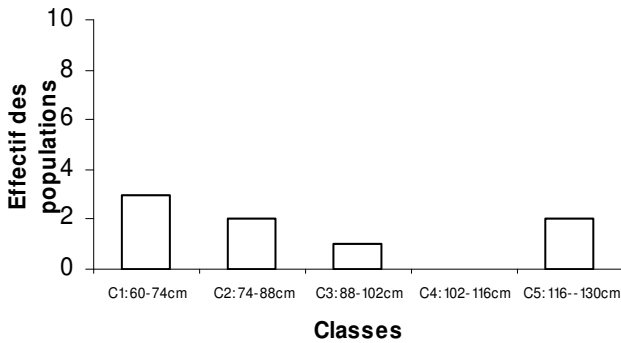


Fig.15.5 : Distribution de la largeur L6

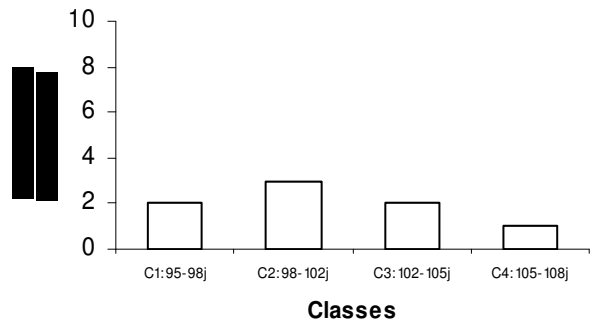


Fig.15.6 : Distribution de l'apparition de la première inflorescence 1F

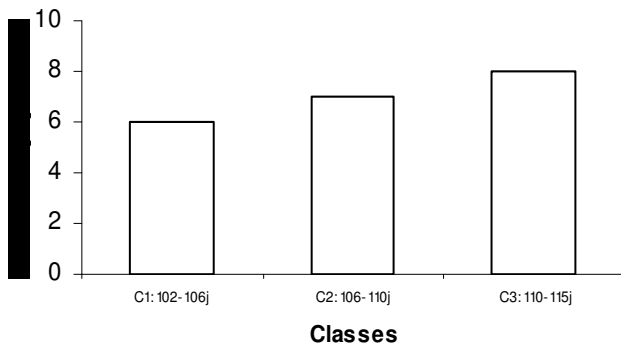


Fig.15.7 : Distribution du début de floraison DF

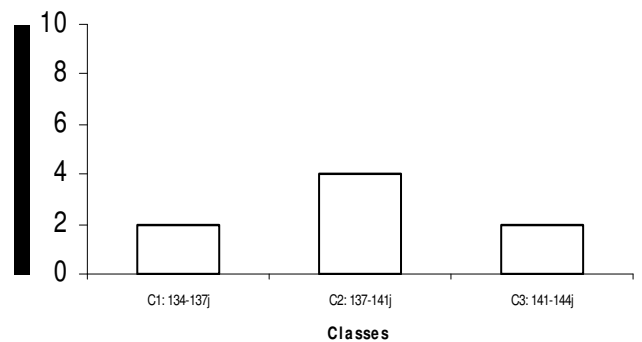


Fig.15.8 : Distribution de la fin floraison FF

* *Matière sèche totale (MSTO) :*

La valeur la plus faible est égale à 5,5 g/pied, elle caractérise les populations B₁, B₆ et B₈, à leur opposé B₅ est caractérisée par le poids le plus élevé (12 g/pied). L'écart s'élève donc à 7,5 g. Les 37,5 % de l'effectif dépassent la moyenne qui est de 7,31 g/pied. Le CV est fort (31,42 %).

* *Rapport : MSF/MST :*

Le rapport le plus faible est de 2, il caractérise B₃ et B₄, au contraire B₆ présente la valeur la plus forte (4,5). La moitié des populations vont au-delà de la moyenne qui est de 4,5. Le CV est fort (28,34 %).

* *Rapport : MVF/MVT :*

La population B₃ présente le rapport le plus faible (2,45), alors que le rapport le plus élevé (4,71) caractérise B₇ et B₈. La moyenne (3,44) est dépassée par 37,5 % de l'effectif. Le CV (21,2 %) reflète une forte variabilité.

* *Nombre de rameaux par pied (NR/P) :*

Mise à part la population B₃ qui présente 6 rameaux, toutes les autres ont 4 seulement. La moyenne est de 4,25. Le CV est moyen (16,63 %).

* *Longueur moyenne d'un rameau (LMR) :*

Les rameaux les plus longs caractérisent la population B₃ avec 22,37cm, alors que les longueurs faibles caractérisent les rameaux de la B₇ (11,75cm). L'écart s'élève à 10,62cm. 37,5 % des populations dépassent la moyenne. Le CV est fort (23,62 %).

* *Somme des longueurs des rameaux par pied (SLR) :*

96 cm est la valeur la plus importante pour ce caractère, elle caractérise la population B₃; au contraire, B₇ présente la valeur la plus faible (47cm) soit 46cm de différence. La moyenne qui est de 63,75cm est dépassée par 37,5 % des populations. Le CV 30,01 %, traduit une forte variabilité.

* *Nombre moyen de ramifications par rameau (NMr/R) :*

Pour la population B₁ on compte 4,5 ramifications, contrairement aux population B₂ et B₅ qui ont 8 ramification par rameau chacune. La majorité des populations vont au-delà de la moyenne qui est de 6,86. Le CV est moyen (16,08).

* *Nombre total de ramifications par pied (NTr) :*

La population B₃ compte le plus grand nombre de ramifications par pied (40), contrairement à B₁ qui présente le plus faible nombre (18), soit 22 de moins que B₃. Les 37,5 % des populations dépassent la moyenne qui est de 29,12. Le CV est fort, il est de 21,36 %.

* *Nombre moyen de gousses par plant (NG/P) :*

54 gousses par plant seulement caractérisent la population B₁, au contraire B₄ présente le nombre le plus important (151 gousses). L'écart s'élève à 97 gousses par plant. La moyenne est égale à 105,62 gousses, elle est dépassée par 37,5 %. Le CV est fort (35,5 %).

* *Poids moyen d'une gousse (PMG) :*

La population B₈ est caractérisée par les gousses les plus légères avec un PMG égal à 122 mg , alors que les gousses les plus lourdes sont présentes chez la populations B₇, elles pèsent en moyenne chacune 170mg. L'écart s'élève à 48mg (Fig. 15.14). Les 62,5 % des populations dépassent la moyenne qui est égale à 147mg. Le CV (13,4 %) traduit une variabilité moyenne.

* *Poids de mille gaines (P1000g) :*

Le poids de mille graines le plus faible est de 8,53g, il caractérise la population B₈ contrairement à B₄ qui est caractérisée par des graines les plus lourdes avec un poids de mille graines égal à 12g. L'écart est de 3,47g (Fig. 15.15). Les 37,5 % des populations vont au delà de la moyenne qui est de 9,92g. Le CV est moyen (12,38 %).

* *Rapport : poids des graines / poids des gousses (Pg/PG) :*

Le rapport le plus faible caractérise la population B₃ avec 0,47 et le plus élevé est de 0,60 pour la B₇ avec une différence de 0,13. La moyenne est de 0,54 dont la moitié des populations dépassent. Le CV (8,42 %) reflète une faible variabilité.

* *Nombre moyen de graines par gousses (Ng/G) :*

La population B₂ est caractérisée par le plus faible nombre de graines par gousses qui est de 7,42, à son opposé les populations B₁ et B₃ ont le nombre le plus élevé (8,62), soit 1,20 g/G. La moyenne pour ce caractère est égale à 7,97 g/G, la moitié des populations vont au-delà de cette valeur. Le CV est faible (6,49 %).

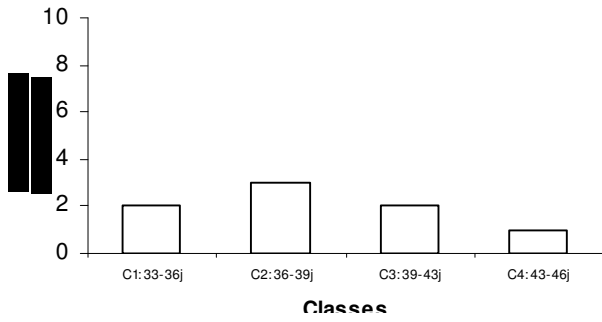


Fig.15.9 : Distribution de la durée de floraison ETF

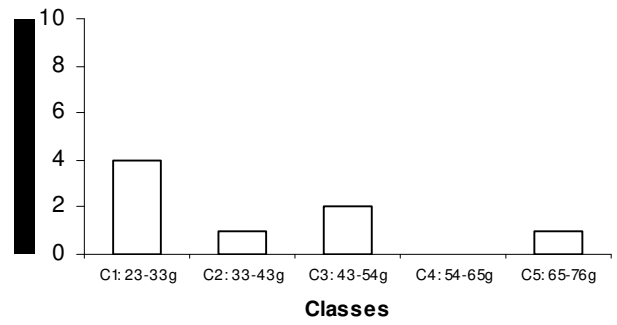


Fig.15.10 : Distribution de la MVF

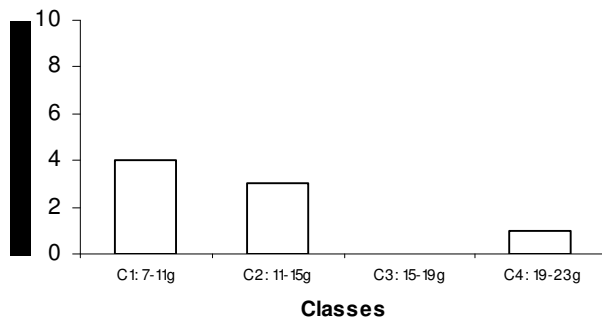


Fig.15.11 : Distribution de la MVT

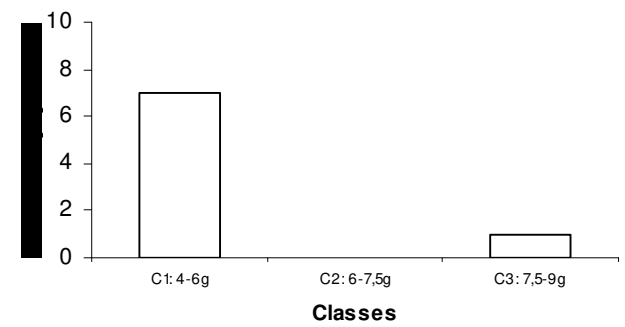


Fig.15.12 : Distribution de la MSF

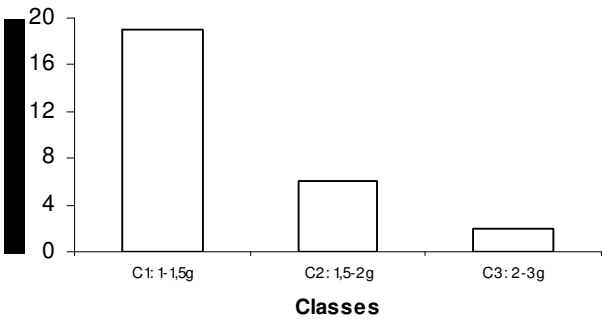


Fig.15.13 : Distribution de la MST

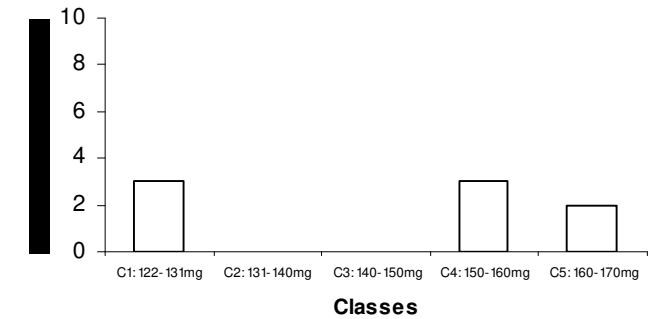


Fig.15.14 : Distribution de la PMG

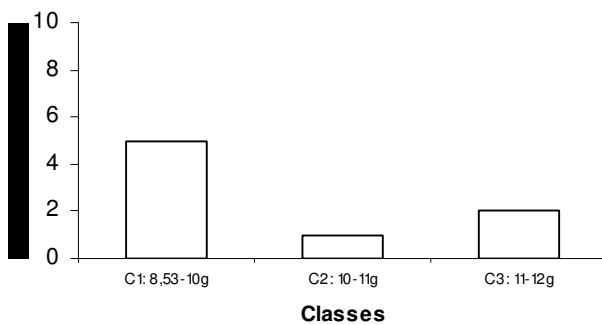


Fig.15.15 : Distribution du P1000g

3.3.1.2.1. Discussion

Pour *S. subvillosus*, le CV est fort pour les hauteurs et les largeurs printanières, pour les rythmes de croissance en hauteur et en largeur H4, H6, L4 et L6, pour les poids des feuilles et des tiges en frais et en sec, pour les dimensions des rameaux et pour le nombre de gousses par plant. Il est moyen à faible pour le reste des caractères.

Les populations de cette espèce ont de forts pourcentages de levée dont la moyenne est semblable pour les deux années d'essai à Chlef. Avec un effectif plus élevé que le notre et mis en essai à Guelma, Younsi (1991) a trouvé une moyenne plus faible (59 %).

La hauteur moyenne en fin de notation est de 25cm, elle est inférieure à celles trouvées par Bensalem (1982) et Younsi (1991) qui sont respectivement 45 et 48cm. Au contraire, la largeur L6 que nous avons trouvée est supérieure à celles trouvées par les mêmes auteurs avec respectivement 115 et 104cm.

Le rythme de croissance en hauteur hivernale (CHH) moyen est inférieur à celui trouvé par Younsi (1991) et qui est de 0,18 cm/jour, ceci est vérifié pour la CHP. Inversement, nos populations présentent des CLH et des CLP plus raides que celles des populations mises en essai à Guelma (1991).

Nos populations (1994) sont un peu plus tardives pour les caractères de floraison par rapport à celles de l'année 1993 mais elles achèvent vite leurs stades 1F, DF, PF et FF par rapport aux premières qui s'étalent dans le temps. La durée moyenne de floraison est de 38,62j, contre 51,6j pour l'année 1993, et 53j pour Younsi (1991), et 33j pour Bensalem (1982). Donc les populations de l'année 1994 se rapprochent de celles mises en essai à El-Harrach (1982) et diffèrent de celles mises en essai à Guelma (1991) et à Chlef (1993 en irrigué).

Les mêmes populations gardent leur précocité pour les caractères de formation des gousses, mais elles sont un peu plus tardives par rapport à celles mises en essai à Chlef (1993) pour la maturité des gousses et restent plus précoces en comparaison avec les populations de Younsi (1991). Les populations de l'année 1994 ont commencé à se dessécher tôt par rapport à celles de l'année 1993. Celles de Younsi (1991) mettent encore plus de temps pour commencer leur dessèchement mais l'achèvent tard.

Toutes les populations ont 4 rameaux par pied sauf qui en a 6. Nos populations présentent des rameaux beaucoup plus courts que ceux des populations mises en essai à El-Harrach (1982). La LMR atteint un maximum de 69cm pour ces dernières, alors que dans notre cas il est de 22,37cm, et la SLR a atteint 204cm contre 96cm pour nos populations. Même le nombre de ramifications par rameau est faible dans notre cas en comparaison avec celui trouvé par Bensalem (1982).

Les populations de l'année 1994, ont donné moins de gousses par plant (105,62 gousses/plant) que celles de l'année 1993 dont la moyenne était de 128,8 gousses/plant. En moyenne, nos gousses sont plus lourdes avec un PMG égal à 147mg contre 139,8mg trouvé en 1993 et dont certaines populations ont donné jusqu'à 228mg ce qui n'est pas le cas pour notre essai dont le maximum est de 170mg.

Les poids de mille graines sont assez constants pendant deux années d'expérimentation, avec comme exception des minimums de 7,38 g et 8,53 g respectivement pour les années 1993 et 1994. Le rapport poids des graines/poids des gousses est plus important en 1994, ce qui implique que la part des cosses est faible par rapport aux populations mises en essai en 1993. Le nombre de graines par gousses de 1994 enregistre une moyenne de 7,97g/G dépassant légèrement celui de 1993 qui est de 7,5 g/G.

3.3.1.2.2. Corrélations

La hauteur du début de printemps est corrélée positivement avec la hauteur printanière et la largeur hivernale. Les populations à fort développement en hauteur H6 sont les plus larges en hiver, au début de printemps et au printemps. Les largeurs (L2, L4) et (L4, L6) sont corrélées entre elles. Les populations à fortes hauteurs H2 et H6 ont un rythme de CHH important, alors que les populations qui croissent vite en hauteur pendant le printemps ont une forte hauteur H6 et de fortes largeurs L2, L4 et L6, celles qui ont de fortes hauteurs H2 croissent lentement en largeur pendant l'hiver, ces dernières ont de fortes largeurs L6. Les populations qui ont de fortes vitesses de CLP sont celles qui ont un bon développement en hauteur printanier et des largeurs L4 et L6 importantes (Annexe 2).

Les populations qui ont une hauteur H6 et des largeurs L4 et L6 importantes sont précoces pour les stades (DF, DG, PG et FD) et celles qui ont des hauteurs H2 fortes sont caractérisées par un poids en MVF et en MVTO élevés, alors que celles qui ont de fortes largeurs L2 ont un rapport MVF/MVT faible.

La hauteur du début de printemps est très hautement corrélée avec la longueur moyenne d'un rameau, cette dernière est aussi corrélée avec la hauteur H6 et les largeurs L4 et L6, ces dernières sont aussi corrélées avec la somme des longueurs des rameaux (Annexe 2).

Les populations les plus hautes en hiver et en début de printemps comptent un nombre élevé de gousses par plant, tandis que les graines les plus lourdes caractérisent les populations à fortes hauteurs H4 et H6 et largeurs L6. Les populations à bon développement en hauteur proviennent des régions pluvieuses.

Les vitesses de CLH et CLP sont corrélées positivement avec la vitesse de CHP. Les vitesses de CLH et de CLP corrélées entre elles.

Les populations à grande vitesse de CHP, de CLH et de CLP entament précocement le stade DF alors que la floraison est achevée précocement par les populations à grande vitesse de CLH. Les vitesses de CHP, CLP et CLH sont corrélées négativement avec les stades de formation des gousses (DG, PG), alors que les populations qui achèvent vite et en largeur pendant le printemps. La maturité des gousses est corrélée négativement avec la vitesse de CLP.

La longueur d'un rameau est très hautement corrélée avec le rythme de CHH, et les populations à CHP rapide sont caractérisées par des longueurs importantes de rameaux. La somme des longueurs des rameaux et la CLP sont hautement corrélés entre elles. Les populations à grande vitesse de CLH donnent des gousses plus lourdes, et les graines les plus lourdes caractérisent les populations à grande vitesse de CHH et CHP.

Le début de floraison est corrélé positivement avec la pleine et la fin floraison. L'apparition de la 1^{ère} inflorescence et la 1^{ère} gousse sont corrélées entre elles. Les stades de formation des gousses (DG, PG) sont très hautement corrélés avec le DF, et hautement corrélés avec les stades PF et FF. La maturité de la première gousse et la pleine floraison sont hautement corrélées. Les stades DF et FF sont corrélés positivement avec la maturité des gousses et la fin de dessèchement.

Le rapport MSF/MST est corrélé positivement avec les stades 1F et DF, comme il existe une corrélation hautement significative entre la PF et le NMr/R. Les populations tardives pour la FF donnent les gousses les plus légères. Les populations provenant des régions pluvieuses sont les dernières à faire apparaître leur 1^{ère} inflorescence et à achever les stades PF et FF. Le DG et la PG, d'une part, et FD et la MG, d'autre part, sont très hautement corrélées entre elles, comme il existe une corrélation positive entre la MG et la FD d'un côté, et le DG, la PG et la 1GM de l'autre.

Les populations dont la MVF est importante entament tard leur dessèchement. Les rapports MVF/MVT et MSF/MST caractérisent les populations tardives pour la MG et FD. Il existe une corrélation hautement significative entre le NMr/R et 1GM. Les gousses les plus lourdes caractérisent les populations précoces pour le DG.

Il existe une corrélation significative entre le rapport poids des graines/poids des gousses et les stades (1GM, MG et FD), et une corrélation très hautement significative entre la MVF et la MVT et aussi entre la MVTO d'un côté et la MVF et la MVT de l'autre. Tous les poids en frais, en sec et totaux sont corrélés entre eux sauf la MST qui est corrélée uniquement avec la MSF.

Le nombre de gousses par plant le plus important caractérise les populations dont la MVF, MVT et MVTO sont importantes. Les populations à grande masse végétative proviennent des régions à forte pluviométrie. Le nombre de rameaux par pied est corrélé avec le nombre total de ramifications, et aussi entre le P1000g et la LMR. Ainsi les populations à grand nombre de ramifications par rameau sont originaires des régions pluvieuses.

3.3.1.2.3. Développement en hauteur et en largeur de quelques populations de *S. subvillosus*

La population B₄ qui est la plus haute en première notation atteint 15cm de hauteur à la date du 16/03/1994 comme maximum, elle continue à bien se développer et atteint 25cm en fin de notation. La hauteur hivernale la plus faible caractérise la population B₁ qui était aussi la moins haute en première notation (2cm), mais à partir de la 6^{ème} notation elle devient plus haute que les populations B₅ et B₈ dont le développement hivernal est proche (Fig. 16).

A partir du début de printemps la B₅ continue à bien se développer et atteint 14cm en fin de notation qui reste au dessous de la moyenne de l'espèce.

Parmi les quatre espèces, seule B₄ a un développement plus important aussi en hiver qu'au printemps. De plus B₄ est la population la plus large pour toutes les notations, elle a 105 cm en début de notation et 130cm en fin de notation, suivie par la population B₁ dont la largeur L₆ est de 100cm, par contre B₅ est la moins large en hiver, elles reprend son développement au printemps pour arriver à 84cm ce qui reste inférieur à la moyenne. B₆ qui, en hiver, était plus large que B₅ diminue à partir du début de printemps pour atteindre 64cm laissant sa place à B₅ dont le développement est beaucoup plus important au printemps. Pour cette espèce, la croissance en largeur est nettement plus printanière qu'hivernale (Fig. 17).

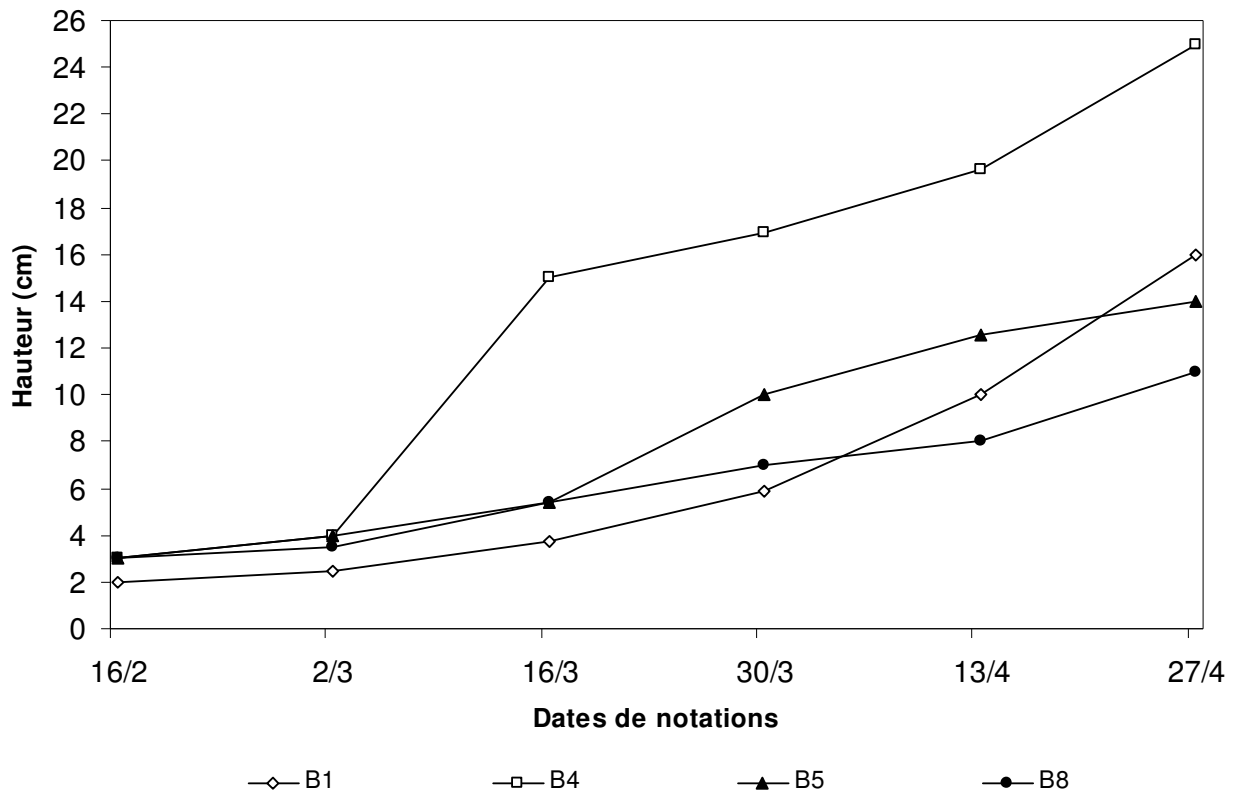


Fig. 16 : Développement en hauteur de quelques population de *S. subvillosus*

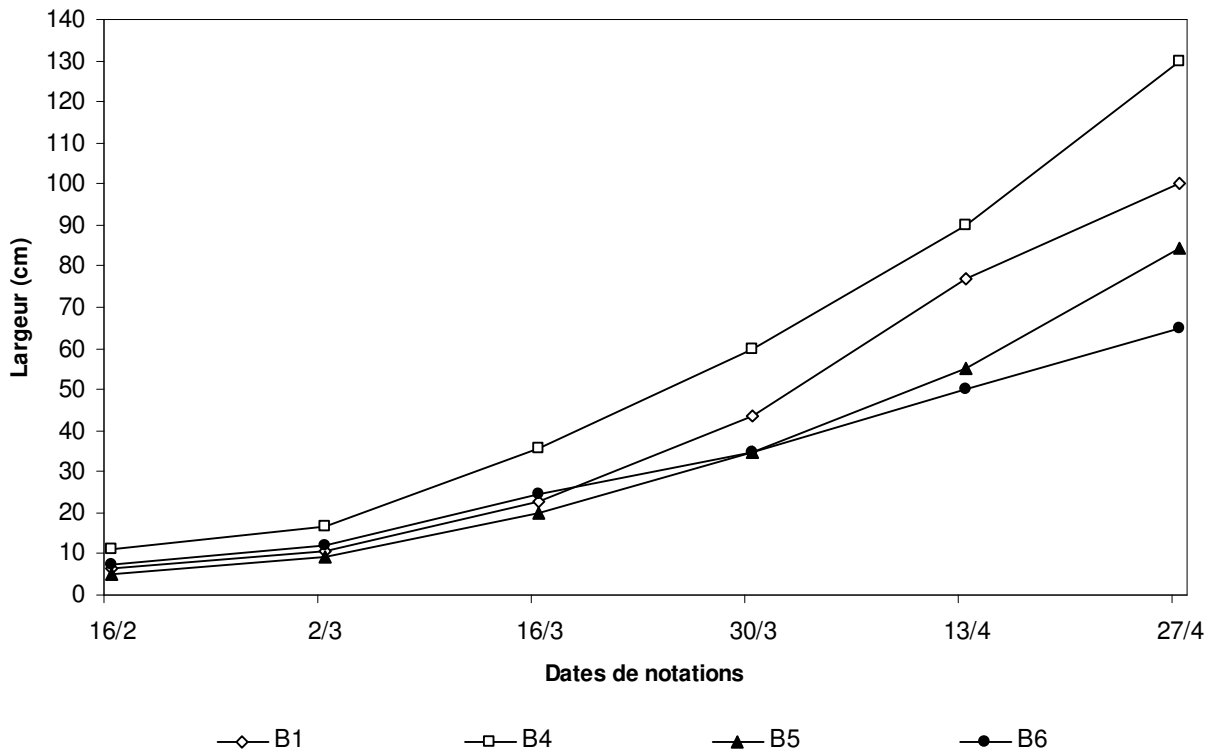


Fig. 17 : Développement en largeur de quelques population de *S. subvillosus*

3.3.1.3. *Scorpiurus vermiculatus*

3.3.1.3.1. Paramètres statistiques

Le tableau 15 ci-après résume l'ensemble des caractères étudiés et leurs variations.

Tableau 15 : Variation des différents caractères étudiés chez les populations de *S. vermiculatus*

Caractères	Minimum	Maximum	Moyenne	σ	CV %
Pourcentage de levée (%L)	22	96	74,88	17,999	24,02
Hauteur de végétation (hiver,H2)(cm)	2	8	4,97	1,727	34,6
Largeur de végétation (hiver, L2) (cm)	13	27	19,41	4,388	22,61
Hauteur de végétation (printemps,H6)(cm)	10	29	21,7	5,553	25,57
Largeur de végétation (printemps, L6) (cm)	78	185	145,11	29,103	20,05
Croissance en hauteur (hiver, CHH) (cm/j)	0,09	0,37	0,21	7,889	33,33
Croissance en largeur (hiver, CLH) (cm/j)	0,69	2,11	1,44	0,404	27,67
Croissance en hauteur (printemps, CHP) (cm/j)	0,1	0,52	0,27	0,12	37,14
Croissance en largeur (printemps, CLP) (cm/j)	1,41	3,06	2,44	0,531	21,63
Première fleur (1F) (jours après semis)	82	98	89,64	3,888	4,32
Début floraison (DF) (jours après semis)	86	106	95,88	5,395	5,62
Etalement de la floraison (ETF) (jours)	41	85	57,47	13,024	22,65
Première gousse (1G) (jours après semis)	89	108	96,7	4,524	4,67
Première gousse mure (1GM) (jours après semis)	138	170	153,47	8,643	5,63
Début dessèchement (DD) (jours après semis)	132	176	151,52	14,786	9,76
Fin dessèchement (FD) (jours après semis)	145	189	167,11	13,142	7,86
Matière verte des feuilles (MVF) (gramme)	35	115,5	58,64	23,479	40,03
Matière verte des tiges (MVT) (gramme)	12	75,5	27,44	15,838	57,72
Matière sèche totale (MSTO) (gramme)	47	191	86,08	38,767	45,03
Nombre de rameau par pied (NR/P)	4	7	5,58	0,87	15,56
Nombre moyen de ramification par rameau (NMr/R)	6	10,25	7,38	1,318	17,89
Nombre de gousse par plant (NG/P)	38	153	90,82	31,666	34,86
Nombre de graines par gousse (Ng/G)	7,58	8,42	8,07	0,241	2,97
Poids des graines sur poids des gousses (Pg/Pg)	0,43	0,5	0,46	0,02	4,35
Poids de 1000 graines (P1000g) (gramme)	22,76	36,6	29,65	3,936	13,25

* *Pourcentage de levée (%L)* :

Le pourcentage de levée varie entre un minimum de 22 % pour la population V_{11} et un maximum de 96 % pour les populations V_{12} et V_{14} (Fig. 18.1). La moyenne est de 74,88 % ; 9 populations sur 17 soit 52,94 % vont au-delà de la moyenne. Le CV est fort (24,02 %).

* *Hauteur hivernale (H2)* :

Cette hauteur varie de 2 à 8cm, la population V_{11} présente la plus petite valeur, et la population V_2 la plus grande valeur (Fig. 18.2). La différence est de 6cm. La moyenne des populations est de 4,97cm. Elle est dépassée par 52,94 % des populations. Le CV est de 34,60 %.

* *Hauteur du début de printemps (H4)* :

La hauteur minimale (6cm) caractérise la population V_{11} , et la hauteur maximale (21cm) caractérise la V_{14} , l'amplitude s'élève à 15cm. Les 52,94 % des populations dépassent la moyenne (13,67cm). Le CV est fort (33,43 %).

* *Hauteur printanière (H6)* :

Comme pour la hauteur H4, la population V_{11} présente la valeur la plus faible (10cm) contrairement à la population V_{14} qui est la plus érigée (29cm), l'écart s'élève à 19cm (Fig. 18.3). La moyenne (21,70cm) est dépassée par 58,82 % des populations. Le CV est de 25,57 %, il reflète une forte variabilité.

* *Largeur hivernale (L2)* :

Elle varie de 13cm chez la population V_{11} à 27cm chez la V_{14} , soit 14cm de différence (Fig. 18.4). Les 41,17 % de l'effectif dépassent la moyenne (19,41cm). Le CV est fort (22,61 %).

* *Largeur de début de printemps (L4)* :

Entre les largeurs de 37cm chez la population V_{11} et 106cm chez la population V_{15} , l'écart s'élève à 20cm. La moyenne est de 74,05cm que 47,05 % des populations dépassent. Le CV est fort (25,73 %, il traduit une forte variabilité.

* *Largeur printanière (L6)* :

La populations V_{11} est la moins large (78cm), et V_{15} est la plus large (185cm). La différence est très importante, elle est de 107cm (Fig. 18.5). La moyenne (145,11cm) est dépassée par 59,82 % de l'ensemble des populations. Le CV est de 20,05 %.

* *Vitesse de croissance* :

a. En hauteur hivernale (CHH) :

La vitesse de croissance journalière la plus faible (0,09cm/j) caractérise la population V_{11} , alors que la plus élevée (0,52cm/j) caractérise la V_{14} , soit 0,28cm/j de différence. La moyenne est de 0,21 cm/j, elle est dépassée par 52,94 % des populations. Le CV est fort (33,33 %).

b. En hauteur printanière (CHP) :

Elle oscille entre 0,1 cm/j chez la population V_{15} et 0,52 cm/j chez la V_3 , soit 0,42 cm/j d'écart. La vitesse moyenne est de 0,27 cm/j, 47,05 % de l'effectif vont au-delà de cette valeur. Le CV est fort (37,14 %).

c. En largeur hivernale (CLH) :

Elle varie entre 0,69 et 2,11 cm/j, respectivement pour V_{11} et V_{15} , l'amplitude est donc de 1,42 cm/j. La moyenne pour ce caractère est de 1,44 cm./j, elle est dépassée par 47,05 % de l'ensemble de l'effectif. Le CV est égal à 27,77 %.

d. En largeur printanière (CLP) :

La valeur minimale de 1,41 cm/j s'observe chez V_8 et V_{14} , alors que la valeur maximale (3,06 cm/j) caractérise la population V_5 avec un écart de 1,65 cm/j. La moyenne (2,44 cm/j) est dépassée par 64,70 % des populations. Le CV est égal à 21,63 %.

* *Apparition de la première inflorescence (1F)* :

82 jours après sa levée, la population V₂ fait apparaître sa première inflorescence, V₁₂ est la dernière avec 98 jours, soit 16 jours d'écart (Fig. 18.6). La moyenne est de 89,64 jours, 58,82 % des populations dépassent cette valeur. Le CV (4,32 %) traduit une faible variabilité.

* *Début de floraison (DF)* :

La population V₁ est la plus précoce en atteignant ce stade au 86^{ème} jour après sa levée, alors que V₁₂ est la plus tardive, elle atteint ce stade 106 jours après sa levée, soit 20 jours de différence (Fig. 18.7). Les 47,05 % de l'effectif dépassent la moyenne (95,88 jours). Le CV est faible (5,62 %).

* *Pleine floraison (PF)* :

La population la plus précoce pour ce caractère est V₈, elle arrive à ce stade au 124^{ème} jour après sa levée. 20 jours plus tard V₁₁ et V₁₂ marquent la fin de ce stade (144 jours). La moyenne pour ce caractère est égale à 132,11 jours, 41,17 % des populations vont au-delà de cette valeur. Le CV est égal à 4,29 %, il traduit une faible variabilité.

* *Fin floraison (FF)* :

La population V₈ est la plus précoce, elle achève sa floraison 132 jours après sa levée, ce n'est que 43 jours après que V₁₃ achève sa floraison, soit 175 jours après sa levée. La moyenne (147,11 jours) est dépassée par 35,29 % des populations. Le CV est faible (9,38 %).

* *Étalement de la floraison (ETF)* :

La durée de floraison la plus courte (41 jours) caractérise la population V₈, au contraire V₁₃ présente une floraison beaucoup plus étalée, elle est de 85 jours, soit 44 jours de plus (Fig.18.9). La moyenne pour ce caractère est de 57,47 jours, elle est dépassée par 41,17 % des populations. Le CV est égal à 22 %, il traduit une variabilité moyenne.

* *Formation de la première gousse (1G)* :

89 jours après sa levée, V₅ fait apparaître sa 1^{ère} gousse. La population V₁₂ est la dernière à le faire avec 108 jours. 19 jours séparent la première population de la dernière. Les 47,05 % de l'effectif dépassent la moyenne qui est de 96,70 jours. Le CV est faible (4,67 %).

* *Début de formation des gousses (DG)* :

Ce stade débute au 95^{ème} jour après la levée et ce pour la population V₅ jusqu'au 120^{ème} jour pour la V₁₂, soit 25 jours d'écart. La moyenne de l'effectif est de 105,35 jours que 52,94 % des populations dépassent. Le CV est faible (6,21 %).

* *Pleine gousse (PG)* :

La population V₁ est la plus précoce pour ce caractère avec 101 jours, face à elle, V₁₂ n'atteint ce stade qu'au 124^{ème} jour après sa levée, soit 23 jours de plus que la première population. La moyenne (112,35 jours) est dépassée par 58,82 % de l'effectif. Le CV est faible (6,22 %).

* *Première gousse mûre (IGM)* :

La première gousse au sol est observée chez la population V₉ au 138^{ème} jour après sa levée, la population la plus tardive est V₁₀ avec 170 jours. L'écart est de 32 jours. La moyenne qui est de 153,47 jours est dépassée par 29,41 % des populations. Le CV est de 5,63 %, il reflète une faible variabilité.

* *Maturité des gousses (MG)* :

V₉ est la population la plus précoce pour ce caractère, et V₁₂ la plus tardive avec respectivement, 145 et 186 jours. L'écart s'élève à 41 jours. Les 41,17 % de l'effectif dépassent la moyenne qui est de 163,29 jours. Le CV est faible (7,29 %).

* *Début de dessèchement (DD)* :

Le DD le plus précoce caractérise la population V₈ avec 132 jours après la levée, au contraire V₁₂ est plus tardive avec 44 jours de plus que V₈. La moyenne égale à 151,52 jours est dépassée par 47,05 % des populations. Le CV est de 9,75 %.

* *Fin de dessèchement (FD)* :

V₂ est la plus précoce, elle achève son dessèchement au 145^{ème} jour après sa levée, contrairement à elle, V₁₀ et V₁₁ sont les plus tardives avec 189 jours. 44 jours séparent les deux populations. La moyenne est de 167,11 jours que 35,29 % des populations dépassent. Le CV est de 7,86 %.

* *Matière verte des feuilles (MVF)* :

La MVF la plus faible (35 g) caractérise la population V₇, au contraire V₁₄ présente la plus faible valeur (115,5 g). L'amplitude s'élève donc à 80,5 g. La moyenne est de 58,64 g, elle est dépassée par 41,17 % de l'ensemble des populations. Le CV est égal à 40,03 %.

* *Matière verte des tiges (MVT)* :

Comme pour la MVF, la MVT la plus faible caractérise la population V₇, alors que la plus élevée caractérise la V₁₄, avec respectivement 12 et 75,5g, soit 63,5g de différence. La moyenne est égale à 27,44 g et 41,17 % de l'effectif vont au-delà de cette valeur. Le CV est égal à 57,72 %

* *Matière verte totale (MVTO)* :

47 g est la valeur la plus faible pour ce caractère, elle caractérise la population V₇, alors que V₁₄ présente la valeur la plus élevée (191 g). L'écart est de 144 g. La moyenne (86,08 g) est dépassée par 41,17 % des populations. Le CV est fort (45,03 %).

* *Matière sèche des feuilles (MSF)* :

Le poids sec par pied le plus faible caractérise les populations V₉ et V₇ avec 4 g/pied, à leur opposé V₁₄ et V₁₆ ont une valeur de 13 g, soit 9 g de plus que les premières (Fig. 18.13). La moyenne est de 7,67 g. Cette valeur est dépassée par 41,17 % de l'ensemble de l'effectif. Le CV est fort (38,98 %).

* *Matière sèche des tiges (MST)* :

La MST par pied la plus faible est présente chez une grande partie des populations (V_1 , V_5 , V_6 , V_7 , V_9 , V_{10} , V_{17}), elle est de 2 g/pied, au contraire V_{11} et V_{14} ont 5,5 g/pied. La différence est égale à 3,5 g. La moyenne (3,08 g/pied) est dépassée par 35,29 % des populations. Le CV est fort (42,20 %).

* *Matière sèche totale (MSTO)* :

6 g/pied est la valeur la plus faible pour ce caractère, elle caractérise les populations V_7 et V_9 , contrairement à V_{14} et V_{16} qui présentent la valeur la plus élevée (18 g/pied). Les 41,17 % des populations vont au-delà de la moyenne (10,75 g/pied). Le CV est fort (39,03 %).

* *Matière sèche des feuilles sur matière sèche des tiges (MSF/MST)* :

Ce rapport varie de 1,82 pour V_{11} et 3,5 pour V_{10} , l'écart est donc de 1,68. La moyenne (2,53) est dépassée par 47,05 % des populations. Le CV est moyen (18,18 %).

* *Matière verte des feuilles sur matière verte des tiges (MVF/MVT)* :

Entre la valeur minimale (1,53) pour V_{14} et la valeur maximale (2,96) pour V_3 , l'écart s'élève à 1,43. Les 41,47 % des populations sont au-delà de la moyenne. Le CV est moyen (17,46).

* *Nombre de rameaux par pied (NR/P)* :

La population V_{11} est caractérisée par le nombre de rameaux par pied le plus faible (4), alors que V_1 et V_6 présentent le maximum de rameaux par pied (7). La moyenne est de 5,59 et 58,82 % de l'effectif dépassent cette valeur. Le CV est moyen (15,56 %).

* *Longueur moyenne d'un rameau (LMR)* :

Les rameaux les plus courts caractérisent la population V_7 , avec 13 cm, contrairement à V_{14} qui présentent 36,08 cm par rameau. L'amplitude s'élève à 23,08 cm. Les 35,29 % des populations vont au-delà de la moyenne (20,66 cm). Le CV est de 33,35 %.

* *Somme des longueurs de rameaux (SLR)* :

La valeur la plus faible ce caractère est égal à 65 cm pour la population V_7 , contrairement à V_{14} qui présente la plus grande valeur (216,5 cm). L'écart s'élève à 151,5 cm. La moyenne est de 113,32 cm, 29,41 % des populations vont au-delà de cette valeur. Le CV est fort (32,20 %).

* *Nombre moyen des ramifications par rameau (NMr/R)* :

Le nombre le plus faible caractérise les populations V_1 et V_3 , par contre, V_{14} présente le nombre le plus important (10,25) soit 4,25 de plus que V_1 et V_3 . Les 35,29 % de l'effectif dépassent la moyenne (7,35). Le CV est moyen (17,88 %).

* *Nombre total de ramification par pied (NTr/P)* :

La population V_5 est caractérisée par le nombre le plus faible (31) contrairement à V_{14} qui présente le nombre de ramifications par plant le plus important (61,5), soit 30,5 de différence. La moyenne (41,44) est dépassée par 41,17 % des populations. Le CV est moyen (19,98 %).

* *Nombre de gousse par plant (NG/P) :*

Le nombre de gousses par plant varié entre un minimum de 38 pour la population V_{11} et 153 pour la population V_{17} , la différence est donc de 115 gousses. Les 52,94 % des populations vont au-delà de la moyenne qui est de 90,82. Le CV est fort (34,86 %).

* *Poids moyen d'une gousse (PMG) :*

La population V_8 est caractérisée par les gousses les plus légères (394 mg), alors que la population V_{10} présente les gousses les plus lourdes (589 mg). L'amplitude d'élève donc à 195 mg. La moyenne est égale à 485,41 mg, 58,82 % de l'effectif dépassent cette valeur. Le CV moyen (13,97 %).

* *Poids de mille graines (P1000 g) :*

Les graines les plus légères sont celles de la population V_8 avec un P1000g égal à 22,76 g, tandis que V_{10} présente le poids le plus élevé (36,6 g). L'écart est de 13,84 g (Fig. 18.15). Les 52,94 % des populations vont au-delà de la moyenne (29,65 g). Le CV est moyen (13,25 %).

* *Rapport poids des graines sur poids des gousses (Pg/PG) :*

Le rapport le plus faible caractérise les populations V_{10} et V_{16} , il est de 0,43 alors que V_1 présente la valeur la plus élevée (0,50). La moyenne (0,46) est dépassée par 58,82 % des populations. Le CV est égal à 4,35 %.

* *Le nombre de graines par gousses (Ng/G) :*

V_4 est la population qui présente le nombre le plus faible (7,58) alors que V_8 présente le nombre le plus élevé (8,42). Les 52,94 % des populations vont au-delà de la moyenne (8,07). Le CV est faible (2,97 %).

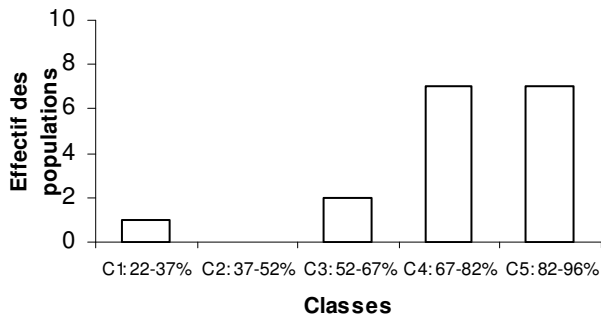


Fig.18.1 : Distribution du pourcentage de levée

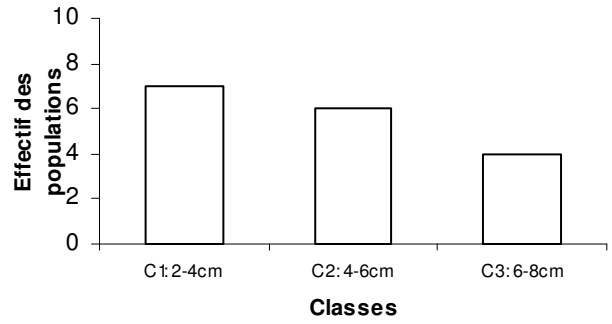


Fig.18.2 : Distribution de la hauteur H2

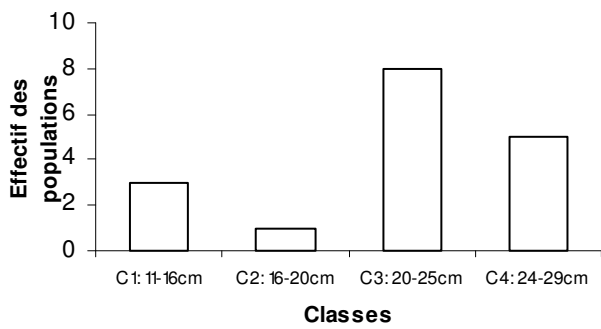


Fig.18.3 : Distribution de la hauteur H6

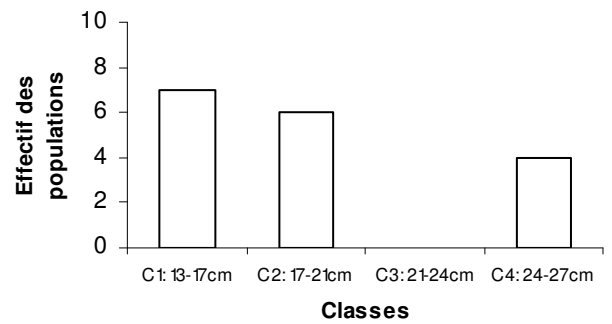


Fig.18.4 : Distribution de la largeur L2

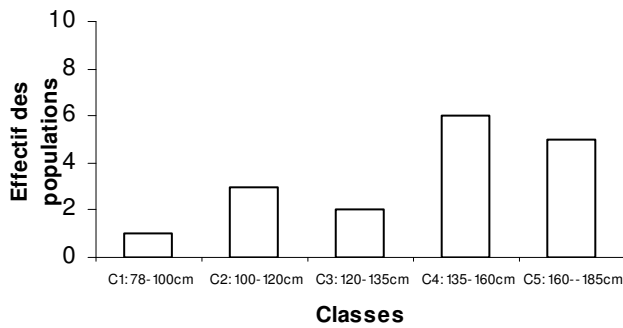


Fig.18.5 : Distribution de la largeur L6

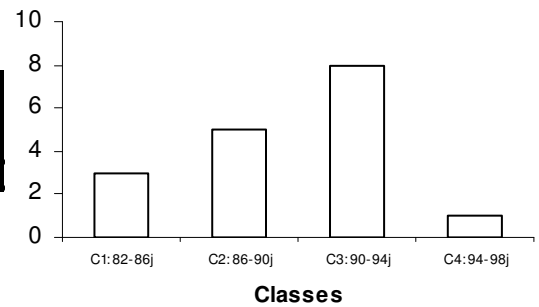


Fig.18.6 : Distribution de l'apparition de la première inflorescence 1F

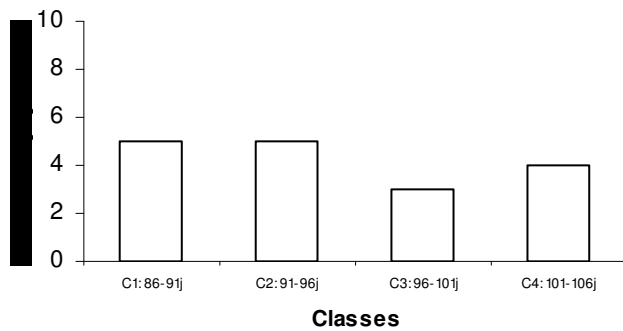


Fig.18.7 : Distribution du début de floraison DF

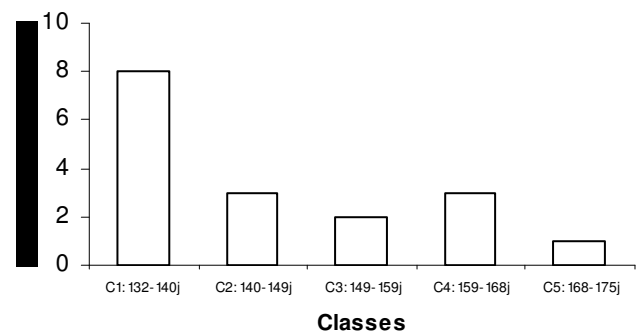


Fig.18.8 : Distribution de la fin floraison FF

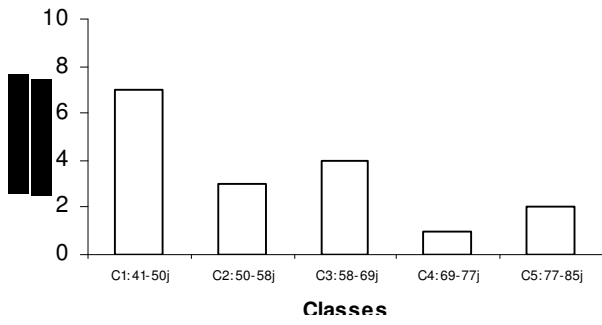


Fig.18.9 : Distribution de la durée de floraison ETF

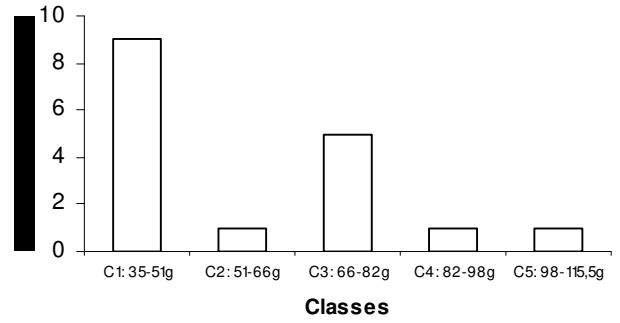


Fig.18.10 : Distribution de la MVF

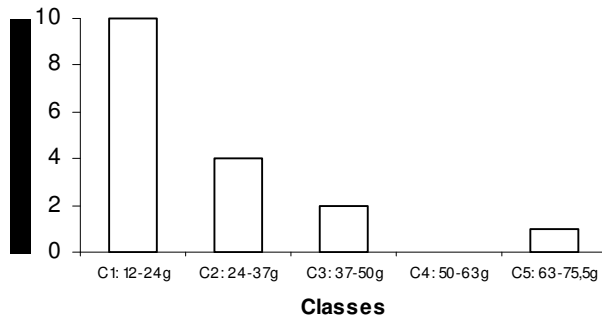


Fig.18.11 : Distribution de la MVT

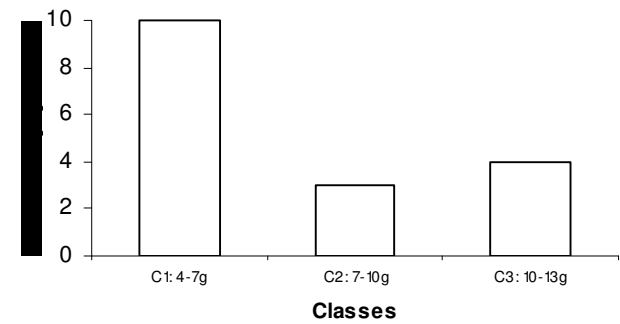


Fig.18.12 : Distribution de la MSF

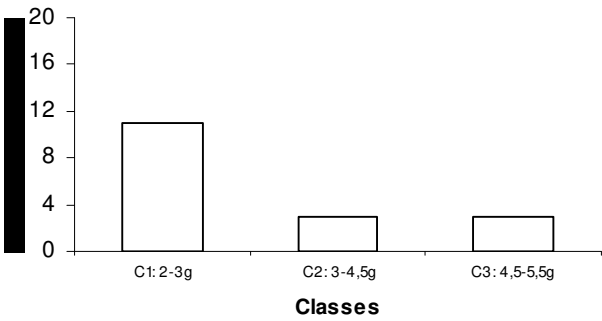


Fig.18.13 : Distribution de la MST

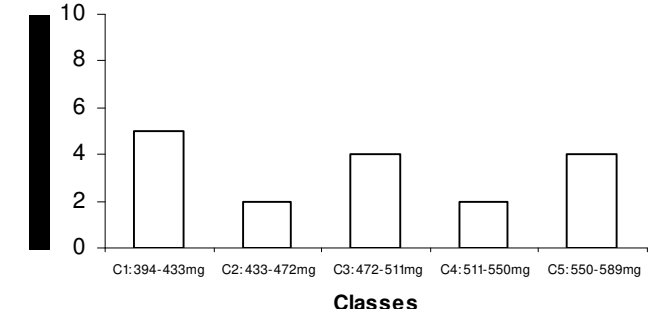


Fig.18.14 : Distribution de la PMG

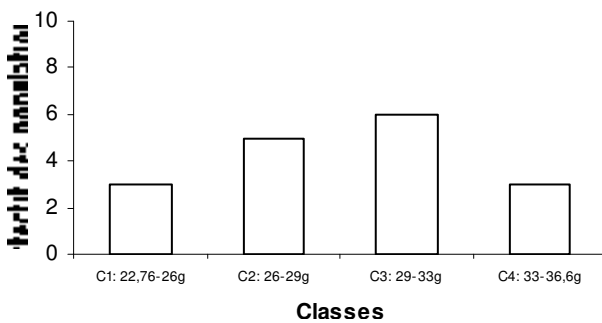


Fig.18.15 : Distribution du P1000g

3.3.1.3.2. Discussion

Les résultats des paramètres statistiques indiquent de fortes variabilités en ce qui concerne la levée, les hauteurs et les largeurs, les rythmes de croissance, l'étalement de la floraison, les poids en frais et en sec, les dimensions des rameaux et le nombre de gousses par plant. Cette variabilité est moyenne pour le nombre de ramifications et le poids des graines et des gousses, et enfin elle est faible pour le reste des caractères.

La levée de l'année 1994 est considérée comme forte avec une moyenne de 78,25 %, mise à part V_{11} avec seulement 22 % de graines levées probablement à cause d'une attaque parasitaire. Sa moyenne est relativement faible par rapport à celle de l'année 1993 qui est de 83,4 %, mais elle est considérée comme forte par rapport à la moyenne trouvée par Younsi (1991) et qui est de 53 %.

Les hauteurs moyennes varient de 4,97 cm à 21,70 cm sur la période du début du mois de mars à la fin du mois d'avril. Elles sont plus faibles par rapport aux valeurs trouvées par Younsi (1991) et qui varient de 8,2 cm à 43,9 cm en fin de notation. Durant la même période, les largeurs moyennes sont de 19,41 cm en hiver, 74,05 cm en début de printemps pour arriver jusqu'à 145,11 cm au printemps, ses moyennes dépassent celles trouvées par Younsi (1991); mais nos populations les moins larges descendent jusqu'à 13 cm en hiver, 78 cm en printemps alors que celles mises en essai par Younsi (1991) à Guelma vont au-delà de 13 cm en hiver et 64 cm au printemps. Ainsi la population la plus développée dans notre cas atteint 130 cm en fin de notation tandis que celle de l'essai de Younsi (1991) ne dépasse pas 104 cm, elle atteint 130 cm pour Bensalem (1982).

Au terme de nos observations, nous remarquons que nos populations se développent très vite par rapport à celles mises en essai à Guelma, cette vitesse est plus importante en largeur qu'en hauteur et au printemps qu'en hiver.

La floraison est comprise entre 82 jours et 175 jours après la levée pour toutes les populations de la deuxième année. La moyenne pour le stade 1F est de 89,64 jours; ces populations sont considérées comme tardives par rapport à celles mises en essai en 1993 dont la moyenne est de 82 jours, mais elles sont plus précoces en comparaison avec celles mises en essai à Guelma (1991) et dont la moyenne est de 125 jours. En général, ces populations mettent moins de temps pour achever leurs stades 1F, DF et PF.

La durée moyenne de floraison est plus courte en 1994 (57,47 j), elle est suivie par celle trouvée par chez les populations de Younsi (1991) qui est de 75 jours et enfin celle de 1993 qui est de 93,9 jours.

Les populations 1994 ont mis en moyenne 96,70 jours pour faire apparaître leurs premières gousses et 112,35 jours pour arriver en fin floraison. Elles sont pour cela plus précoces pour ces caractères que celles de 1993 qui ont mis 100,5 jour pour le stade 1G, et 198,2 jours la PF; et que celles de Younsi (1991) qui ont mis 158 jours pour le stade 1G et 177 jours pour la PG.

Pour arriver à la maturité, les populations 1994 ont mis plus de temps que celles de 1993. Ceci est valable pour les caractères de sénescence (DD, FD). Elles gardent leur précocité par rapport aux populations mises en essai à Guelma par Younsi (1991), qui ont mis beaucoup plus de temps, et qui est en moyenne de 213 jours pour voir la première gousse mûrir (MG), 198 jours pour le DD et enfin 238 jours pour le FD.

Le poids de la MVF est compris entre 35 g et 115,5 g et la MVT est comprise entre 12g et 75 g. Ces résultats s'avèrent très faibles par rapport aux résultats trouvés par Bensalem (1982). Surtout pour le poids des tiges, nos populations sont caractérisées par la part très importante des feuilles par rapport aux tiges et qui atteint plus que le double alors que Bensalem (1982) signale que pour les populations de *S. vermiculatus* le poids des feuilles est légèrement inférieur au poids des tiges en vert et en sec.

Nos populations présentent des rameaux plus courts que ceux des populations mises en essai à El-Harrach (1982), la LMR est comprise entre 13 cm et 36,08 cm contre 62 cm et 94 cm comme valeurs extrêmes pour Bensalem (1982), mais elles présentent plus de ramifications par pied que les autres, elles peuvent avoir jusqu'à 61,5 ramifications par pied contre un maximum de 13 pour les populations de Bensalem (1982).

Les populations 1994 ont donné plus de gousses que celles de 1993 dont les valeurs extrêmes étaient de 9,5 et 121,5 gousses par plant, la moyenne pour le PMG est de 485,41 mg. Elle est légèrement inférieure à celle trouvée en 1993 qui est de 495,3 mg, mais la valeur maximale pour ce caractère dépasse la valeur maximale trouvée en 1993 et qui est de 612 mg. Les graines 1994 s'avèrent plus lourdes ainsi que le rapport des graines / poids des graines est plus élevé dans notre cas ce qui signifie que la part des cosSES de nos gousses est faible. Enfin les gousses 1994 produisent plus de graines que celles mises en essai en 1993.

3.3.1.3.3. Corrélations

Elle apparaît que les populations les plus hautes au printemps sont celles qui ont eu le plus fort pourcentage de levée. Toutes les hauteurs et les largeurs sont corrélées positivement entre elles, ces corrélations sont parfois très hautement significatives comme pour H2 et H4 et L2, L4 et H4 et L4, et pour L6 et L4.

Les vitesses de croissance en hauteur et en largeur hivernale sont positivement corrélées aux largeurs et aux hauteurs, parfois très hautement corrélées surtout avec H4. Les populations les plus hautes et les plus larges au début de printemps et les plus larges au printemps sont les premières à faire apparaître leurs premières inflorescences (1F), et les populations les plus larges en hiver achèvent précocement leur floraison. La largeur printanière est corrélée positivement avec la MST et la somme des longueurs des rameaux. Les populations dont les hauteurs et les largeurs (H4, H6, L4 et L6) sont fortes ont un nombre de gousses par plant élevé, un poids moyen d'une gousse élevé et un poids de mille graines élevé, et les populations à fortes hauteur hivernale H2 sont celles qui ont beaucoup de gousses par plant, et un poids de graines élevé.

Les vitesses de CLH et de CHH sont corrélées positivement. Les populations qui croissent vite en hauteur et en largeur pendant l'hiver sont les plus précoces pour l'apparition de la première inflorescence, et la FF est positivement corrélée à la croissance en hauteur printanière. Cette dernière est forte chez les populations tardives pour le DG. Les populations à forte vitesse de CLH possèdent les rameaux les plus longs. Les populations qui croissent rapidement en hauteur et en largeur pendant l'hiver possèdent un nombre de gousses par plant, un poids moyen d'une gousse et un poids de mille graines élevé.

Les populations originaire des régions pluvieuses ont un rythme de croissance en hauteur printanière rapide, et celles à grande vitesse de croissance en largeur printanière ont un nombre élevé de gousses par plant et un faible rapport poids des graines / poids des gousses.

La pleine floraison est corrélée à l'apparition de la 1^{ère} fleur et le début de floraison, alors que la durée de floraison est très hautement corrélée à la fin floraison. Les stades 1G et DG sont corrélés positivement aux stades 1F et DF, ce dernier est à son tour corrélé à la pleine gousse (PG). Le début formation de gousses (DG) et la pleine floraison PF sont très hautement corrélés. Les populations tardives pour la PF et la FF sont aussi tardives pour la PG et la 1GM. Le DD et la FD sont positivement corrélés à la FF. La première gousse mûre, la maturité des gousses et le début dessèchement tardifs caractérisent les populations dont la floraison est étalée dans le temps.

Un poids frais des feuilles (MVF) élevé caractérise les populations tardives pour la pleine floraison (PF). Les populations tardives pour la FF et qui ont une durée de floraison longue sont caractérisées par un nombre total de ramifications élevé. Les populations précoces pour (1F) ont un poids de mille graines faible. Les populations tardives pour l'apparition de la première gousse ont une MVF, une MVT ainsi qu'une MSTO très importantes, et présentent des rameaux longs. Alors que celles qui sont tardives pour le début formation gosses (DG) le sont aussi pour la pleine formation de gousse (PG) et la première gousse mûre (1GM), et présentent une matière sèche des tiges élevée.

Les populations tardives pour le stade pleine gousse le sont aussi pour la première gousse (1GM) et le début de dessèchement, ces populations sont originaires des régions pluvieuses. Les stades (1GM) et (MG) sont corrélés entre eux, ainsi que les stades début et fin dessèchement. Les populations tardives pour le (DD) et la (FD) le sont aussi pour la (1GM) et la (MG). Les premières à voir leur première gousse mûrir sont celles qui ont un poids frais des feuilles, des tiges et total et ainsi qu'un poids en sec des feuilles, des tiges et total élevées avec une longueur moyenne par rameaux important.

Les populations dont la matière verte et sèche des feuilles est importante sont tardives pour le début de dessèchement et la fin dessèchement, et celles qui sont tardives pour la maturité des gosses produisent les graines les plus lourdes. La matière verte des tiges (MVT) et la matière sèche totale (MSTO) sont très fortement corrélées entre elles et avec la longueur moyenne d'un rameau, la somme des longueurs des rameaux et le nombre total de ramifications par rameau. Le nombre de rameaux par pied (NR/P) est positivement corrélé avec le nombre total de ramification (MTr), et la LMR est très hautement corrélée avec la SLR et le NMr/R. La SLR est hautement corrélée avec le NMr/R.

Les populations dont le nombre de gosses par plant (NG/P) est important sont celles qui possèdent les gosses et les graines les plus lourdes. Enfin, la corrélation entre le poids moyen d'une gosses (PMG) et le poids de 1000 g est très hautement significative.

3.3.1.3.4. Analyse factorielle des correspondances (AFC):

L'AFC a porté sur 45 variables transformées en 95 classes, l'altitude et la pluviométrie ont été traitées comme variables supplémentaires.

L'interprétation selon le plan 1-2 nous donne 42 % d'information.
L'axe 1 oppose deux groupes (Fig. 19.1).

* Le premier est représenté par les populations V_4 , V_{11} , V_{12} , V_{13} , V_{14} et V_{16} provenant des régions à forte pluviométrie est caractérisé par :

- Un début de formation des gosses tardif.
- Une première gousse au sol tardive.
- Un début de dessèchement tardif.
- Des faibles taux en MVF, MVT, MVTO, MSF, MST et MSTO.
- Des longueurs moyennes des rameaux fortes.
- Des sommes de longueurs des rameaux fortes.
- Un nombre moyen de ramifications par rameau élevé.

* Le deuxième groupe, représenté par les populations V_3 , V_5 , V_7 , V_9 et V_{17} qui proviennent des régions à faible pluviométrie et sont caractérisées par:

- Une précocité pour la première gousse mûre.
- Un début de formation des gosses précoce.
- Un début de dessèchement précoce.
- Un taux faible en MVF.

- Un taux faible en MVT.
- Un taux faible en MVTO
- Un taux faible en MSF.
- Une longueur moyenne des rameaux (LMR) faible.
- Un taux faible en MST.
- Un faible nombre de ramifications par rameau.
- Une somme des longueurs des rameaux faible.

L'axe 2 oppose deux autres groupes

* Le troisième groupe est représenté par les populations V₁, V₂, V₁₃, V₁₄, V₁₅ et V₁₇ qui proviennent des régions à faible altitude et sont caractérisées par :

- Des largeurs L2 moyenne, L4 et L6 fortes .
- Des hauteurs H2, H4 et H6 moyennes.
- Des vitesses de croissance en hauteur et en largeur grandes.
- Un poids moyen d'une gousse élevé.
- Un poids de mille graines élevé.
- Une précocité pour l'apparition de la première inflorescence.
- Un nombre élevé de gousses par plant.

* Le quatrième groupe est représenté par les populations V₆, V₇, V₉, V₁₁ et V₁₂. Elles proviennent toutes des régions à forte altitude, elles sont caractérisées par :

- Une apparition tardive de la première inflorescence.
- Des hauteurs H2, H6 faibles et H4 moyenne.
- Des largeurs L2, L4 et L6 faibles.
- Des vitesses de CLH et CHH faibles.
- Un nombre de gousses par plant faible.
- Un poids de mille graines faible.
- Un poids moyen d'une gousse faible.

L'interprétation selon le plan 1-3 apporte 33 % d'information. (Fig. 19.2).

* Le premier groupe est représenté par les populations V₃, V₄, V₅ et V₇ originaires des régions à basse altitude qui sont caractérisées par :

- Un fort pourcentage de levée.
- Un début et fin de floraison tardifs.
- Un début de dessèchement précoce.
- Des largeurs L4 et L6 moyennes.
- Une vitesse de CHP moyenne.
- Un nombre de gousses par plant moyen.
- Un nombre total de ramifications faible.

* Le deuxième groupe contient les populations V₁, V₆ et V₁₀. Elles sont originaires des régions à forte altitude et sont caractérisées par :

- Un pourcentage de levée relativement faible.
- Un début de dessèchement et une fin floraison tardifs.
- Un début de floraison précoce.
- Un rythme de CHP faible.
- Un nombre total de ramifications fort.
- Un taux élevé en MSTO.

3.3.1.3.5. Développement en hauteur et en largeur de quelques populations de *S. vermiculatus*

Le développement en hauteur évolue peu entre les deux premières notations, il est important entre la deuxième et la troisième notation et ce pour les populations V_2 , V_{14} et V_4 dont les valeurs à la troisième notation sont respectivement 15, 13 et 15 cm. Il est moins important pour V_7 et reste constant pour V_{11} qui est la moins haute (2 cm) à la troisième notation, et qui continue à se développer lentement jusqu'à la fin de notation dont la hauteur est de 10 cm, elle reste au dessous de la moyenne. Pour V_7 le développement printanier est très important, il est de 8 cm en début de printemps pour passer à plus du double sur une durée de 15 jours puis atteint son maximum (17 cm) à la dernière notation. La population V_{14} a un développement régulier jusqu'au début de printemps où il devient constant puis reprend son développement fort jusqu'à la fin, il en a été de même pour la population V_2 (Fig. 20).

Pour le développement en largeur, la population V_1 est la moins performante en début de notation, son rythme de croissance est ralenti pendant l'hiver, il s'accélère d'une façon régulière pour atteindre 138 cm à la mi avril puis 163 cm, 15 jours plus tard. La population V_{15} est la plus développée en largeur à partir de la deuxième notation, ou elle était dépassée par la population V_{14} qui atteint 170 cm en fin de notation, laissant la première place à la V_{15} avec 185 cm. Au contraire V_8 est la moins développée au printemps, elle atteint 106 cm en fin de notation et reste en dessous de la moyenne de l'espèce à cette date. Enfin pour toutes les populations le développement en largeur est plus printanier qu'hivernal (Fig. 21).

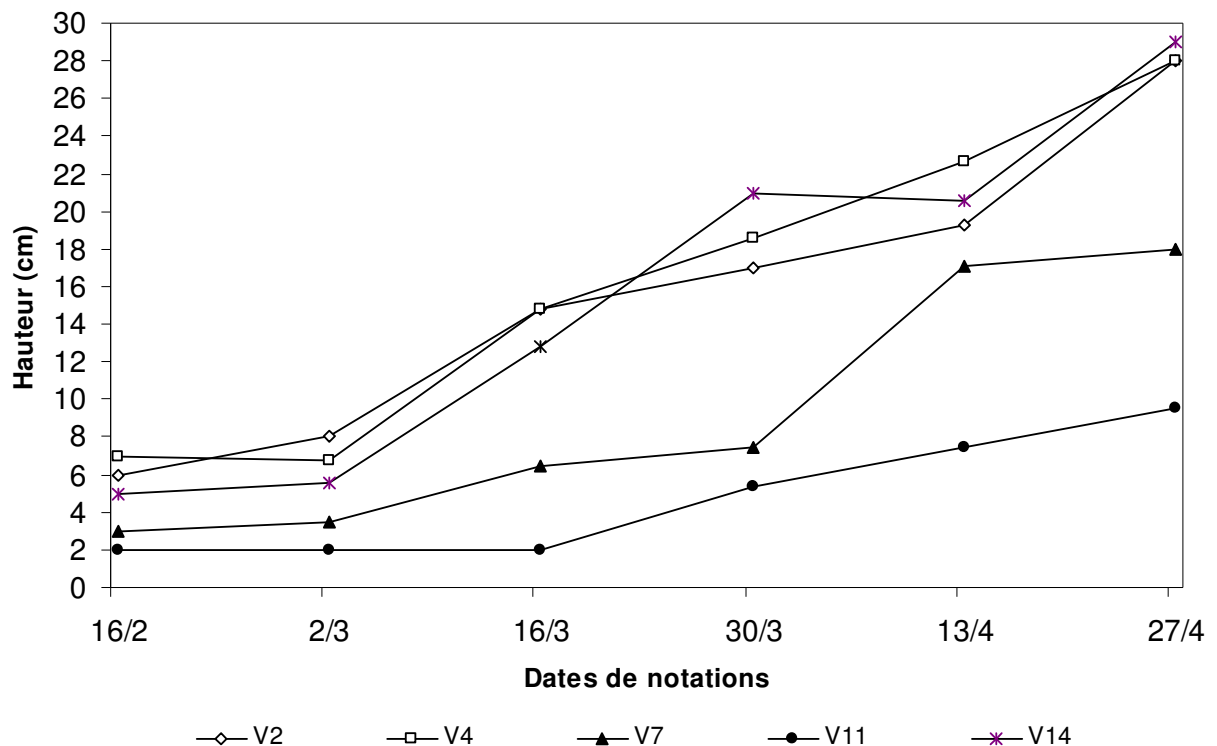


Fig. 20 : Développement en hauteur de quelques population de *S. vermiculatus*

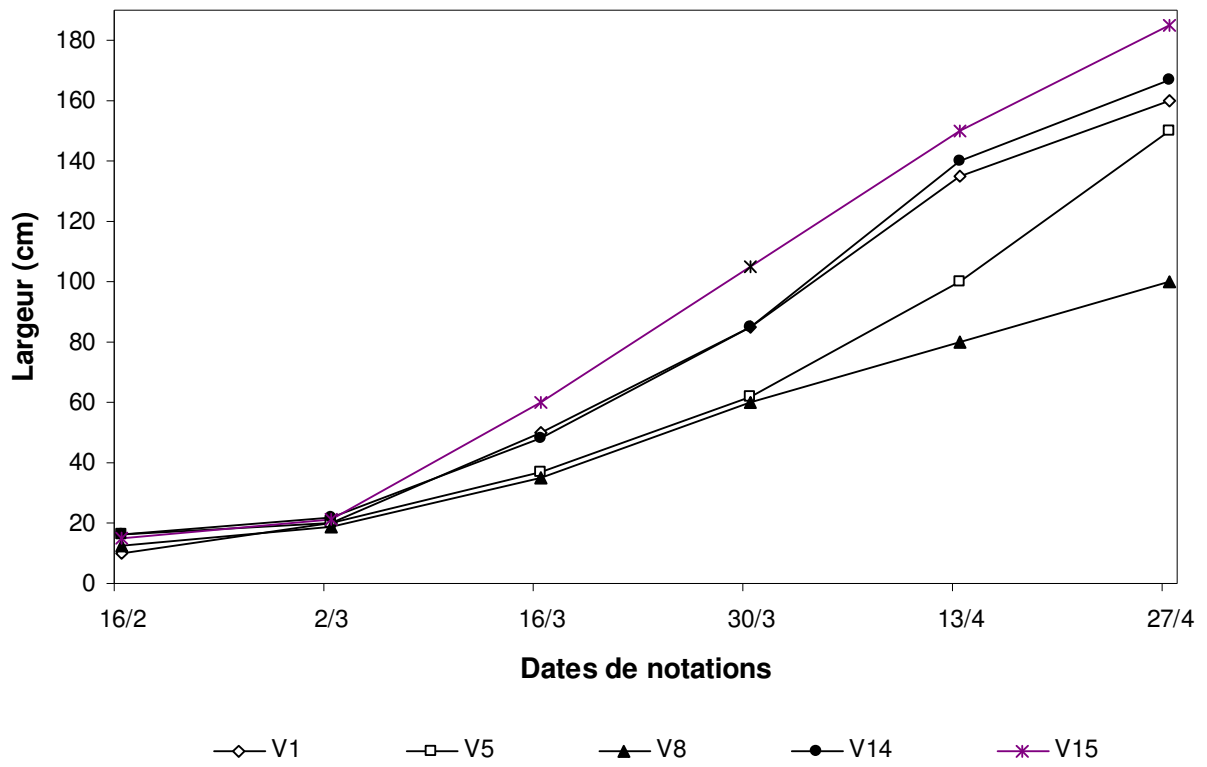


Fig. 21 : Développement en largeur de quelques population de *S. vermiculatus*

3.3.1.4. Discussion sur les trois taxons

Le tableau 16 résume l'ensemble des caractères étudiés et leur moyenne chez les trois taxons.

Tableau 16 : Variation des moyennes des différents caractères étudiés chez les trois taxons

Caractères	Caractères	SL	SB	SV
Pourcentage de levée (% L)	% L	66,29	79,75	74,88
Hauteur de végétation (hiver,H2)(cm)	H2	3,16	3,5	4,97
Largeur de végétation (hiver, L2) (cm)	L2	12,55	11,81	19,41
Hauteur de végétation (printemps,H6)(cm)	H6	18,96	15,25	21,7
Largeur de végétation (printemps, L6) (cm)	L6	102	90	145,11
Croissance en hauteur (hiver, CHH) (cm/j)	CHH	0,23	0,11	0,21
Croissance en largeur (hiver, CLH) (cm/j)	CLH	1,1	0,77	1,44
Croissance en hauteur (printemps, CHP) (cm/j)	CHP	0,22	0,22	0,27
Croissance en largeur (printemps, CLP) (cm/j)	CLP	1,63	1,68	2,44
Première fleur (1F) (jours après semis)	1 F	92,88	100,87	89,64
Début floraison (DF) (jours après semis)	DF	98,62	109,12	95,88
Etalement de la floraison (ETF) (jours)	ETF	45,18	38,62	57,47
Première gousse (1G) (jours après semis)	1G	100,07	107,5	96,7
Première gousse mure (1GM) (jours après semis)	1GM	146,22	149,5	153,47
Début dessèchement (DD) (jours après semis)	DD	145,37	141,75	151,52
Fin dessèchement (FD) (jours après semis)	FD	159	159,5	167,11
Matière verte des feuilles (MVF) (gramme)	MVF	45,72	40,5	58,64
Matière verte des tiges (MVT) (gramme)	MVT	17,22	12,06	27,44
Matière sèche totale (MSTO) (gramme)	MSTO	7,68	7,31	10,76
Nombre de rameau par pied (NR/P)	NR/P	4,52	4,25	5,58
Nombre moyen de ramification par rameau (NMr/R)	NMr/R	6,81	6,86	7,38
Nombre de gousse par plant (NG/P)	NG/P	133,44	105,62	90,82
Nombre de graines par gousse (Ng/G)	Ng/G	9,16	7,97	8,07
Poids des graines sur poids des gousses (Pg/Pg)	Pg/Pg	0,49	0,54	0,46
Poids de 1000 graines (P1000g) (gramme)	P1000g	9,59	9,92	29,65

Les résultats obtenus nous ont permis de mettre en évidence plusieurs éléments. Les résultats de *S. subvillosus* ne peuvent pas faire l'objet d'une conclusion définitive à cause du nombre très réduit de populations mise en essai.

Le coefficient de variation indique une variabilité inter et intra-spécifique fortes à moyennes pour les caractères de développement et les masses végétatives. Les trois espèces ont de forts pourcentage de levée, *S. subvillosus* est classée la première avec une moyenne de 79,75 %, vient ensuite *S. vermiculatus* (74,88 %) et enfin *S. sulcatus* avec 66,29 %. Ce classement est le même que celui de Younsi (1991). Abdelguerfi (1978), mentionne que les espèces de *Medicago* à grosses graines ont un pourcentage de levée supérieur à celui des espèces à petites graines, ce qui est le cas de nos espèces.

Durant toutes les notations de hauteurs et de largeurs, *S. vermiculatus* était le plus développé suivi par *S. sulcatus*, en deuxième position, et enfin *S. subvillosus*. Abdelguerfi (1990) indique que la croissance d'une espèce dans les premiers stades est fonction de la taille des graines. *S. subvillosus* qui était classé premières par Bensalem (1982), se trouve en dernière position selon le classement établi par Younsi (1991) ainsi que pour les essais de Chlef.

En général, ce sont les mêmes populations qui gardent les hauteurs et les largeurs les plus importantes en hiver et en printemps. Les populations se développent en largeur, les hauteurs trouvées sont dues à la densité de semis, car on a remarqué au cours de l'essai que les populations à faible pourcentage de levée, avaient plus d'espace et présentent donc les hauteurs les plus faibles.

Pour les trois taxons, le rythme de croissance est plus rapide au printemps qu'en hiver et en largeur qu'en hauteur. Le rythme de croissance en hauteur hivernal est plus rapide pour *S. sulcatus* suivi par *S. vermiculatus* et enfin *S. subvillosus*. Ce rythme de croissance en hauteur ralentit en printemps pour *S. sulcatus* qui passe en deuxième position avec *S. subvillosus* et ce après *S. vermiculatus* qui garde sa position pour la croissance en largeur hivernale et printanière.

S. vermiculatus est le premier à faire apparaître sa première inflorescence en moyenne, il est suivi par *S. sulcatus* et enfin *S. subvillosus*, leurs moyennes sont respectivement 89,64, 92,88 et 100,87 jours. Bensalem (1982) et Younsi (1991) ont trouvé que *S. sulcatus* fait apparaître sa première inflorescence le même jour que *S. vermiculatus* et précocement par rapport à *S. subvillosus*.

Le même classement est gardé pour le début de floraison, car quand *S. subvillosus* entame ce stade, 91,66 % des populations de *S. vermiculatus* et 68,75 % de *S. sulcatus* l'ont déjà atteint, et ce n'est que lorsque *S. vermiculatus* achève ce stade que 37 % de *S. subvillosus* l'atteignent, mais ce dernier arrive à la fin de la floraison avant *S. sulcatus* qui a une courbe plus étalée ; pour cela nos résultats se rapprochent de ceux de Bensalem (1982).

S. sulcatus et *S. subvillosus* achèvent leurs floraison les premiers avec 1 jour d'écart en faveur du premier taxon, 11 jours plus tard *S. vermiculatus* finit sa floraison, ce dernier a une durée de floraison plus étalée par rapport à *S. sulcatus* qui se classe en 2^{ème} position. Ce classement est inversement proportionnel au classement trouvé pour les stades 1D et 1F, cela signifie que plus l'espèce est précoce pour ces stades et plus l'étalement de la floraison est important, chose qui a été vérifié par Younsi (1991) mais seulement pour *S. vermiculatus* et *S. subvillosus*.

Pour les stades de formation des gousses, les taxons ont gardé les mêmes positions que pour le début de floraison, *S. vermiculatus* est le plus précoce pour les stades 1G, DG et PG, et il a gardé sa précocité pour la maturité (1GM et MG), alors que *S. sulcatus* qui était deuxième pour les stades 1G, DG et PG a reculé en 3^{ème} position laissant sa place à *S. subvillosus*.

S. vermiculatus précoce pour tous les stades de floraison de formation et de maturité des gousses, est resté dernier pour les caractères de sénescence (DD, FD) et *S. subvillosus* qui était le plus tardif pour les caractères cités avant est devenu le plus précoce pour le début et la fin de dessèchement suivi de *S. sulcatus*.

La quantité la plus importante de matière verte des feuilles et des tiges caractérise *S. vermiculatus*, *S. sulcatus* vient en 2^{ème} position et enfin *S. subvillosus*. Ce classement est le même pour la matière sèche des tiges et des feuilles, l'écart est grand entre les moyennes de *S. vermiculatus* d'une part et celles de *S. subvillosus* d'autre part, mais entre ses deux espèces l'écart est moins important. Les populations ont gardé le même classement que celui établi par Bensalem (1982).

Le rapport matière verte des feuilles / matière verte des tiges est plus élevé pour *S. subvillosus*; cela veut dire que pour cette espèce la part des feuilles est plus importante que celle des tiges, elle est suivie par *S. sulcatus*, et la plus faible valeur caractérise *S. vermiculatus*.

Les rameaux les plus longs caractérisent *S. vermiculatus*, les deux autres espèces ont sensiblement les mêmes longueurs moyennes d'un rameau par pied. Ce même classement s'applique pour le nombre total de ramifications par pied mais avec un léger écart entre *S. sulcatus* et *S. subvillosus* en faveur de la première espèce.

Pour la production des gousses, on a constaté que *S. sulcatus* est le plus productif, suivie par *S. subvillosus* et enfin *S. vermiculatus*, alors que pour Younsi (1991), *S. sulcatus* vient en 1^{ère} position suivie de *S. vermiculatus* et enfin *S. subvillosus*.

S. vermiculatus présente un poids de 1000 grains triple par rapport à chacun des deux autres taxons qui ont des poids similaires avec une légère différence en faveur *S. subvillosus*.

La part des cosses est importante pour *S. subvillosus* dont le rapport du poids des graines sur le poids des gousses est le plus élevé, vient ensuite *S. sulcatus* et enfin *S. vermiculatus*. Tandis que *S. sulcatus* a donné plus de graines par gousses, ensuite vient *S. vermiculatus*.

Nos résultats des corrélations ont montré que pour les trois espèces les populations présentant un bon développement (en hauteur et en largeur) fleurissent tôt. Abdelguerfi (1978) sur *Medicago* et Younsi (1991) sur *S. vermiculatus* ont signalé la même chose. D'autre part, pour toutes les espèces, les populations précoces pour les stades de floraison ont gardé leur précocité pour les caractères de formation des gousses.

L'étalement de la floraison le plus important caractérise les populations tardives pour la maturité des gousses (1GM, MG) et le début de dessèchement, et ce pour *S. vermiculatus* et *S. sulcatus*; pour cette dernière, l'ETF caractérise aussi les populations à bon développement en largeur (L4 et L6), ayant une forte vitesse de croissance en largeur, et une pleine et fin floraison tardives.

Pour *S. sulcatus*, les populations à grande masse végétative, font apparaître leur première fleur (1F) et entament leur début de floraison (DF) tard. Celles qui sont précoces pour la formation des gousses (1G, DG, PG) ont une largeur hivernale importante. En général pour ce genre, les populations précoces ont une matière verte faible.

Les populations de *S. sulcatus* ayant un poids des feuilles et des tiges forts sont tardives pour l'apparition de la première gousse, elles sont caractérisées par un nombre de rameaux par pied élevé avec des longueurs importantes.

Enfin pour cette même espèce, les populations provenant des régions pluvieuses présentent des fortes largeurs (L2, L4 et L6) ainsi qu'une forte vitesse de croissance en largeur hivernale (CLH), elles sont tardives pour les caractères de floraison et de formation des gousses. Younsi (1991) a signalé que les populations précoces de *S. sulcatus* sont issues des régions faiblement arrosées.

Pour *S. subvillosus*, les populations les plus larges et les plus hautes en printemps, à forte vitesse de croissance en hauteur et en largeur printanière et en largeur hivernale ont un début et une pleine gousse ainsi qu'une fin de dessèchement précoces, et celles qui sont précoces pour la floraison (DF, PF, FF) ont gardé leurs précocité pour les caractères de formation des gousses (DG, PG) contrairement à cela et pour la même espèce, Younsi (1991) a indiqué que plus le début de floraison est tardif et plus la formation des gousses se fait rapidement. Les populations de *S. subvillosus* provenant des régions pluvieuses ont une masse végétative importante et un nombre moyen de ramifications par rameau élevé.

Chez *S. vermiculatus*, les populations qui achèvent précocement leur floraison ont un poids de matière verte des feuilles et un nombre total de ramification par pied faible. La durée de floraison est étalée pour les populations à grand nombre de ramifications. Il existe des corrélations hautement significatives entre les caractères de floraison et de formation des gousses, ceci confirme les résultats de Younsi (1991). Les populations de *S. vermiculatus* les plus hautes et les plus larges au début de printemps et au printemps dont le rythme de croissance en hauteur et en largeur hivernal est rapide et dont l'apparition de la première fleur (1F) est précoce, présentent un nombre de gousses par plant (NG/P), un poids moyen d'une gousse (PMG) et un poids de 1000 graines élevés.

Les populations précoces pour la maturité de la première gousse (1GM) ont une masse végétative forte. Enfin, les populations provenant des régions les plus arrosées croissent très rapidement en hauteur pendant le printemps et parviennent tardivement au stade pleine gousse.

Les résultats de l'AFC montrent une influence de la pluviométrie des régions d'origine sur certains caractères pour l'espèce *S. sulcatus*. Les populations de *S. vermiculatus* semblent aussi influencées par la pluviométrie des régions d'origine, ainsi que par l'altitude.

Pour les deux espèces citées précédemment, les populations originaires des régions à faible pluviométrie sont caractérisées par une masse végétative et un recouvrement faible ainsi qu'une précocité du début de formation des gousses. En plus d'une précocité pour la formation de la première fleur et du début de floraison, pour *S. vermiculatus*, l'altitude a un effet sur les largeurs, les hauteurs, le rythme de croissance, les poids des gousses et des graines, ces caractères sont importants pour les populations dont l'altitude du milieu d'origine est faible ; elles sont précoces pour l'apparition de la première fleur et sont productives en gousses. D'autre part, les populations des régions à forte altitude ont un pourcentage de levée relativement faible, une sénescence et une fin de floraison tardive, ainsi qu'un début de floraison précoce.

Enfin, il est à noter que pour *S. vermiculatus*, le nombre de fleurs par inflorescence a évolué par rapport aux observations antérieures. Battandier et Trabut (1880), Julien (1894), Fournier (1946) et Quezel et Santa (1962) n'ont signalé que des fleurs uniques, groupées parfois par deux. Bensalem (1982) et Younsi (1991) ont signalé 1 fleur et rarement deux par inflorescence. Zielinski (1991), pour des populations spontanées découvertes en Grèce a aussi signalé 1 à 2 fleurs seulement. A Chlef, en 1993 quelques triplés dans 4 populations sur 17 ont été observés. En 1994, sur les 17 populations mises en essai, 5 populations présentent 3 fleurs par inflorescence. Pour *S. sulcatus*, le nombre de fleurs par inflorescence varie de 1 à 6 fleurs en 1994, des inflorescences à sept fleurs ont été obtenues en 1993 et par Younsi (1991). Nous avons le même nombre de fleurs pour *S. subvillosus* alors que Julien (1894), Quezel et Santa (1962); Zielinski (1991) indiquent 5 fleurs par inflorescence au maximum.

Pour *S. subvillosus* en 1994, une seule population sur les 8 mises en essai a donné des inflorescences à sept fleurs, le même résultat a été trouvé par Younsi (1991), alors qu'en 1993, 6 fleurs par inflorescence chez 4 populations ont été obtenues.

3.3.1.5. Conclusion

L'étude que nous avons entreprise à Chlef nous a permis de caractériser des populations spontanées des trois taxons du genre *Scorpiurus*, à travers leur potentiel d'adaptation (pourcentage de levée, développement végétatif, floraison et production en gousses et en graines).

L'analyse biométrique a montré les valeurs les plus importantes pour chaque caractère considéré se rapportent le plus souvent aux populations de *Scorpiurus vermiculatus*, cette dernière mal acclimatée en 1993, a été la plus performante en 1994.

Les résultats de la floraison ont révélés l'existence d'un gradient de précocité et de durée de floraison au sein des populations. Ces différences sont nettes entre les taxons. *S. vermiculatus* est la plus précoce, vient ensuite *S. sulcatus* et enfin *S. subvillosus*, cette dernière a une durée de floraison courte par rapport aux deux autres.

Nous avons également remarqué que les caractères de floraison, de développement végétatif, et de production en gousses et en graines semblent liés à la pluviométrie et l'altitude du milieu d'origine des populations de *S. sulcatus* et *S. vermiculatus*.

Il nous semble aussi que pour une même origine, il existe des différences nettes entre *S. sulcatus* et *S. subvillosus* surtout pour les caractères de floraison, le rythme de croissance, la masse végétative et la production en gousses et en graines. *S. sulcatus* présente de meilleures performances pour certains caractères, notamment la croissance végétative et la production des gousses et des graines, pour d'autres caractères tel que la masse végétative *S. subvillosus* semble la meilleure.

Ces différences notables pour tous les stades de développement entre *S. sulcatus* et *S. subvillosus* permettent de maintenir les deux taxons distincts. Les figures 22a et 22b représentent une synthèse des valeurs moyennes pour la majorité des caractères mesurés.

Pour une utilisation fourragère ou pastorale, il est conseillé d'utiliser les populations qui se sont montrés les plus performantes du point de vue développement végétatif et production, parmi lesquelles on cite : L₁₄, L₂₄, L₂₆ pour *S. sulcatus*, B₄, B₅, B₆ pour *S. subvillosus* et V₉, V₁₀, V₁₄ pour *S. vermiculatus*.

Après la mise en évidence de cette variabilité au sein des populations des trois espèces étudiées, le terrain semble préparé pour l'améliorateur.

Pour *S. sulcatus* et *S. subvillosus*, il est souhaitable de faire des croisements dans les études ultérieures pour permettre la mise en évidence les différences taxonomiques définitives.

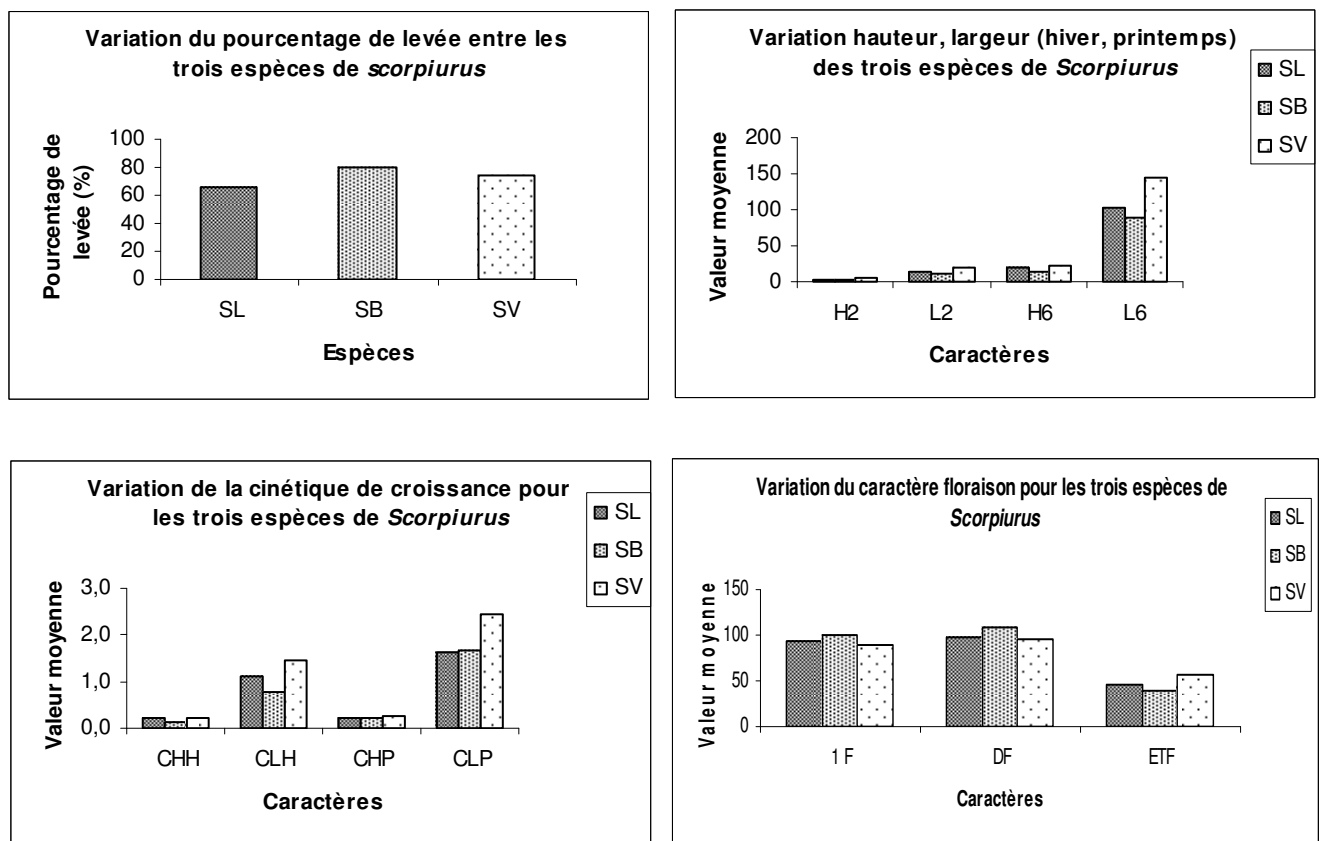


Fig. 22a : Variation des paramètres phénologiques des trois taxons

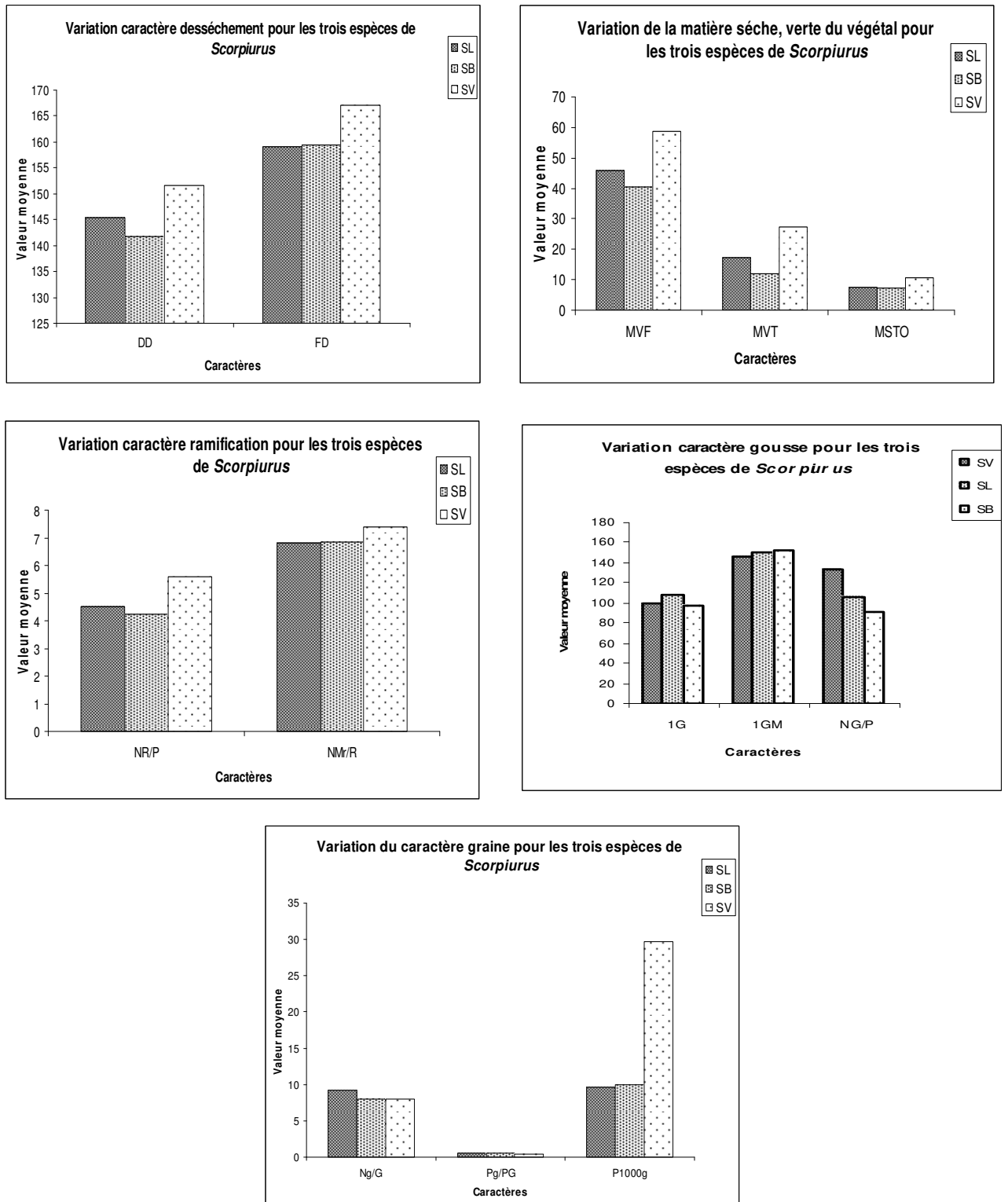


Fig. 22b : Variation des paramètres phénologiques des trois taxons

3.3.2. Variabilité des gousses et des graines

3.3.2.1. *Scorpiurus sulcatus*

3.3.2.1.1. Poids moyen d'une gousse (PMG)

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est de 11,2 %. La différence entre les générations est hautement significative (tableau 17). En effet, le test de Newman-Keuls fait apparaître deux groupes homogènes A et B. La 1^{ème} génération dont le PMG (moyenne de l'espèce) est de 136,13 mg correspond au groupe A. Les 2^{ème} et 3^{ème} générations appartiennent au groupe B, avec des PMG respectivement de 124,17 mg et 121,88 mg.

Tableau 17 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère PMG.

GI	GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
136,13 mg (A)	124,17 mg (B)	121,88 mg (B)	6,93**	127,93 mg	14,24	11,20 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Le poids moyen le plus élevé d'une gousse est de 201 mg. Il a été obtenu pendant 02 années successives dans la 2^{ème} et 3^{ème} génération par la population L27. Cette dernière donne également le meilleur PMG pour la première génération, soit 188 mg.

Les populations L13 (101 mg), L21 (188 mg) et L11 (91 mg) présentent des poids moyens d'une gousse les plus bas, obtenus respectivement par les 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} générations.

La variabilité intra génération ou inter population est moyenne pour la 1^{ère} génération (C.V.= 13,51 %) et la 3^{ème} génération (C.V.= 16,98 %). Elle est forte pour la 2^{ème} génération (C.V. = 20,88 %) (Annexe 3.1).

Pour la 1^{ère} génération, 42 % des populations prises en compte présentent des moyennes plus élevées que celle de l'espèce. La moyenne de cette dernière est de 124,17 mg. Un nombre élevé de populations soit 79 % montre des moyennes variant entre 106 mg et 140 mg.

Dans la 2^{ème} génération de cette espèce, 75 % des populations de l'effectif testé présentent des PMG qui s'étalent sur un intervalle limité par 96 mg et 148 mg. La moyenne de l'espèce est de 121,88 mg. Elle est supérieure aux moyennes de 15 populations, soit 63 % de l'effectif testé.

En ce qui concerne la 3^{ème} génération, 10 populations sur 24 donnent des moyennes supérieures à la moyenne de l'espèce. Cette dernière est de 136,13 mg. Les PMG de 75 % des populations sont compris entre 113 mg et 160 mg. Seule la population L1 présente un PMG de 169 mg.

La variabilité intra population est forte pour l'ensemble des populations, les coefficients de variation sont supérieurs à 13 %. Nous avons remarqué que la moyenne de l'espèce diminue en allant de la 1^{ère} génération vers la 2^{ème} puis elle s'élève dans la 3^{ème} génération.

3.3.2.1.2. Poids de mille graines (P1000g)

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est de 12,4 %. Les moyennes diffèrent peu d'une génération à une autre, sans qu'il y ait de différence significative. En effet, la moyenne de l'espèce de la 2^{ème} génération montre une légère hausse par rapport à celle de la 1^{ère} génération, suivie d'une baisse dans la 3^{ème} génération (tableau 18).

Tableau 18 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère poids de mille graines.

GI	GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
8,40 g	8,58 g	7,76 g	2,83 NS	8,15 g	1,01	12,40 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La variabilité intra génération est moyenne dans la 1^{ère} génération. Le coefficient de variation est de 16,99 %. La 2^{ème} et la 3^{ème} génération présentent de fortes variabilités. Leurs coefficients de variation sont respectivement de 23,02 % et 20,02 % (Annexe 3.1).

La moyenne de l'espèce enregistrée dans la 1^{ère} génération est de 8,40 g. Les moyennes de 54 % des populations testées sont inférieures à cette valeur. La plus faible et la plus forte valeur sont de 6,23g et 12,61 g enregistrées respectivement chez les populations L13 et L20. Le P1000 g des populations testées varie entre 6,94 g et 9,86 g, soit 79 % de l'effectif pris en compte. Des poids de mille graines de 11,80 g et 12,61 g sont obtenus respectivement par les populations L27 et L20.

Dans la 2^{ème} génération, 13 populations sur 24 montrent des moyennes inférieures à celle de la moyenne de l'espèce. Cette dernière est de 8,58 g. Les valeurs minimale et maximale sont de 4,67 g et 14,1 g. Elles sont rencontrées respectivement chez les populations L8 et L27. La majorité des populations présente des P1000 g variant entre 7,00 g et 9,87 g.

Les moyennes de 75 % des populations de la 3^{ème} génération s'étalent entre 6,17 g et 9,35 g. Les moyennes de 12 populations sont supérieures à celle de l'espèce. La moyenne de cette dernière est de 7,76 g. Les populations L8 et L27 donnent respectivement le minimum (5,07 g) et le maximum (12,53 g).

La variabilité intra population dans les 2^{ème} et 3^{ème} générations est moyenne pour l'ensemble des populations.

3.3.2.1.3. Le rapport du poids des graines sur le poids des gousses (R: Pg/PG)

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est de 11,2 %. Le test de Newman-Keuls fait apparaître trois groupes distincts A, B, C, correspondant respectivement à la 1^{ère} (0,54), 3^{ème} (0,47) et 2^{ème} génération (0,40) (tableau 19).

Tableau 19 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère Pg/PG.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
0,54 (A)	0,47 (B)	0,4 (C)	38,84***	0,47	0,05	11,20 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La population L20 présente les rapports maximaux par rapport aux autres populations testées. Ces rapports sont enregistrés dans la 1^{ère} et la 3^{ème} génération. Ils sont évalués respectivement à 0,73 et 0,55. Les rapports les plus bas sont estimés à 0,40 obtenu par la population L23 et 0,41 noté chez la population L27. Ils sont enregistrés respectivement par les 1^{ère} et 3^{ème} générations. Dans la 2^{ème} génération, le rapport maximal est obtenu par la population L4 et le minimal est donné par la population L6 (0,27).

La 1^{ère} et la 2^{ème} génération ont une variabilité inter-population moyenne. Les coefficients de variation sont respectivement de 11,25 % et 15,78 %. La 3^{ème} génération présente une faible variabilité. Le coefficient de variation enregistré est de 6,89 % (Annexe 3.1).

Les moyennes enregistrées par les populations de la 1^{ère} génération évoluent autour de 0,54. Cette dernière représente la moyenne de l'espèce. Sur un ensemble de 24 populations, 10 présentent des moyennes supérieures à celle de l'espèce. Les moyennes de 83 % des populations étudiées sont comprises entre 0,48 et 0,60.

Dans la 2^{ème} génération, nous avons obtenu, par le test Newman-Keuls huit groupes homogènes se chevauchant. Sur 24 populations testées, 13 donnent des moyennes supérieures à celle de l'espèce. La moyenne de cette dernière est de 0,40. La majorité, soit 83 % des populations présentent des moyennes qui fluctuent entre 0,33 et 0,47.

Pour la 3^{ème} génération, nous avons noté, d'après le test Newman-Keuls, 09 groupes homogènes qui se chevauchent. Ce résultat reflète une différence très peu significative. Les valeurs moyennes prises par les populations de cette génération évoluent autour de 0,47. Cette valeur représente la moyenne de l'espèce. Sur l'ensemble de l'effectif étudié, 42 % présente des moyennes supérieures à cette dernière. La majorité des populations montre des Pg/PG compris entre 0,44 et 0,50. La 1^{ère} génération présente des meilleurs rapports que les deux suivantes (Annexe 3.1).

La variabilité inter population de l'ensemble des populations est forte. Le coefficient de variation est supérieur à 20,20 %.

3.3.2.1.4. Le nombre moyen de graines par gousse (Ng/G)

La variabilité inter génération est faible. Le coefficient de variation est égal à 6,66 %. La différence est très hautement significative. Le Ng/G (moyenne de l'espèce) dénombré pour la 1^{ère} génération est de 8,45 g/G. Celui compté pour la 3^{ème} génération est de 8,43 g/G. Ces 02 générations sont incluses dans le groupe A. Elles sont supérieures à la 2^{ème} génération. Cette dernière constitue le groupe B avec 7,8 g/G (tableau 20).

Tableau 20 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère Ng/G.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
8,45 (A)	8,43 (A)	7,80 (B)	10,95***	8,28	0,55	6,66 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La population L23 représente le Ng/G le plus élevé de la première génération. Ce nombre est de 11,54g/G. Le Ng/G le plus fort de la 2^{ème} génération est enregistré chez la population L8. Il est de 10,48g/G. Le nombre de graines par gousse maximal noté chez la 3^{ème} génération est de 11,24g/G. Il s'agit du Ng/G de la population L9.

La population L11 présente les nombres de graines par gousse les plus bas dans la 2^{ème} et la 3^{ème} génération. Ces Ng/G sont respectivement de 6,16 g/G et 6,64 g/G. Chez la 1^{ère} génération, le nombre de graines par gousse minimal, a été constaté chez la population L20 (5,94 g/G).

La variabilité inter population est moyenne dans les trois générations. Les coefficients de variation sont de 14,67 %, 14,49 % et 12,03 % respectivement pour la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération (Annexe 3.1).

Sur les 24 populations testées de la 1^{ère} génération, 07 montrent des moyennes plus élevées que celle de l'espèce. Cette dernière est de 8,45 g/G. Les moyennes de 79 % des populations oscillent entre 7,18 g/G et 9,72 g/G.

Dans la 2^{ème} génération, le nombre de graines par gousse montre une différence très hautement significative. Le test de Newman-Keuls met en évidence cinq groupes homogènes.

Les moyennes de 09 populations sur les 24 prises en compte sont supérieures à celle de l'espèce (7,8 g/G).

Dans la 3^{ème} génération, le nombre de graines par gousse présente une différence très hautement significative. La moyenne de l'espèce est de 8,43 g/G. Les moyennes de 10 populations sur 24 sont supérieures à la moyenne de l'espèce. La majorité des populations montre des nombres de graines par gousse compris entre 7,4 g/G et 9,46 g/G.

La 1^{ère} et la 3^{ème} génération sont meilleures en nombre de graines par gousse par rapport à la 2^{ème} génération (Annexe 3.1).

La variabilité intra population est moyenne dans l'ensemble des populations de la 2^{ème} et la 3^{ème} générations.

3.3.2.1.5. Le nombre moyen de graines saines par gousse (N gs/G)

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est égal à 14,3 %. La différence est très hautement significative. La 3^{ème} génération correspond au groupe A avec (7,25 gs/G). La 2^{ème} génération constitue le groupe B avec 5,67 gs/G (tableau 21).

Tableau 21 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère Ngs/G.

GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
7,25 (A)	5,67 (B)	35,26***	6,46	0,93	14,30 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Dans les populations L9 et L25, nous avons enregistré un nombre maximal de graines saines par gousse, respectivement pour la 2^{ème} génération (8,98 gs/G) et la 3^{ème} génération (9,74 gs/G).

La population L6 se distingue par rapport aux autres populations par le nombre de graines saines par gousse le plus faible au niveau de la 2^{ème} génération (2,60 gs/G). Dans la 3^{ème} génération, chez la même population, le Ngs/G atteint 7,50 gs/G).

La variabilité inter population est moyenne dans la 3^{ème} génération. Elle est forte dans la 2^{ème} génération. Les coefficients de variation sont respectivement de 13,61 % et 28,48 % (Annexe 3.1).

Les populations de la 2^{ème} génération se répartissent sur huit groupes se chevauchant. La moyenne de l'espèce est de 5,67 gs/G. Elle est inférieure à la moyenne de 45,83 % des populations testées, soit 11 sur 24 populations.

Dans la 3^{ème} génération, le test de Newman-Keuls fait ressortir trois groupes A, B, C se chevauchant. Les N gs/G de 09 populations sur 24 sont supérieures à 7,25 gs/G. Cette valeur représente la moyenne de l'espèce. Les valeurs la plus basse et la plus élevée sont de 5,56 gs/G et 9,74 gs/G. Elles sont obtenues par les populations L11 et L25. Cependant, le plus grand nombre des populations présentent des Ngs/G compris entre 7,84 gs/G et 8,26 gs/G.

3.3.2.1.6. Le nombre de graines échaudées par gousse (Nge/G)

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation étant de 98,6 %. La différence est très hautement significative. Les deux générations appartiennent chacune à un groupe. La 2^{ème} génération correspond au groupe A. Elle se caractérise par un Nge/G fort (0,51ge/G). La 3^{ème} génération forme le groupe B. Il se distingue du 1^{er} groupe par un Nge/G faible (0,11ge/G) (tableau 22).

Tableau 22 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère Nge/G.

GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
0,51 (A)	0,11 (B)	19,88***	0,31	0,30	98,60 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Nous avons remarqué que toutes les populations de la 2^{ème} génération sont touchées par l'échaudage et en particulier la L21 avec 2,02 ge/G. Les populations L6, L9, L21, L24, L27 de la 3^{ème} génération ne sont pas touchées par l'échaudage.

La population la moins échaudée de la 2^{ème} génération est L10 (0,04ge/G) qui garde un nombre semblable à la 3^{ème} génération.

Pour cette espèce, les coefficients de variation de la 2^{ème} et 3^{ème} génération sont très forts. Les coefficients de variation sont respectivement de 85,96 % et 94,54 %. Dans chacune des générations précitées, la différence inter population est significative.

La population L21 de la 2^{ème} génération montre une sensibilité accrue à l'échaudage. Les populations les moins sensibles à l'échaudage sont la L8 et la L10. Sur un effectif de 24 populations testées, 11 populations présentent des moyennes supérieures à celle de l'espèce. Cette dernière est de 0,51ge/G. Pour le plus grand nombre des populations de la 2^{ème} génération testées de cette espèce, le Nge /G se situe entre 0,07ge/G et 0,95ge/G.

Dans la 3^{ème} génération, les populations L6, L9, L21, L24, L27, ne sont pas touchées par l'échaudage des graines. Cependant, nous avons dénombré dans la population L19, 0,32 ge/G ; cette dernière est la plus sensible à l'échaudage. Sur 24 populations testées, 75 % présente des moyennes en Nge/G variant entre 00,00ge/G et 0,22ge/G. La moyenne de l'espèce est de 0,11ge/G. Elle est inférieure aux moyennes de 11 populations sur tout l'effectif étudié.

Nous avons constaté pour cette espèce que la 2^{ème} génération est plus touchée par l'échaudage que la 3^{ème} génération. (Annexe 3.1).

3.3.2.1.7. Le nombre de graines bruchées par gousse (Ngb/G)

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est égal à 52,4 %. La différence est significative au seuil 5 %.

Le groupe A représente la 2^{ème} génération avec (1,62 gb/G). La 3^{ème} génération correspond au groupe B avec (1,06 gb/G) (tableau 23).

Tableau 23 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère Ngb/G.

GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
1,62 (A)	1,06 (B)	7,63*	1,34	0,7	52,40 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Nous avons remarqué pour l'ensemble des populations étudiées que l'attaque des bruches est plus sévère dans la 2^{ème} génération par rapport à la 3^{ème} génération.

Les nombres de graines bruchées par gousse les plus élevés sont dénombrés dans les populations L6 (4,48 gb/G) et L9 (2,92 gb/G) respectivement pour les 2^{ème} et 3^{ème} générations. Les populations les moins sensibles aux bruches sont la L23 (0,58 gb/G) de la 2^{ème} génération et la L24 (0,48 gb/G) de la 3^{ème} génération.

Pour la 2^{ème} et la 3^{ème} génération, les coefficients de variation sont respectivement de 56,73 % et 51,45 %. Une différence est très hautement significative est enregistrée dans la 2^{ème} génération. Elle est hautement significative dans la 3^{ème} génération.

Dans la 2^{ème} génération, nous avons constaté que huit groupes émergent grâce au test de Newman-Keuls. Les populations L6 et L10 occupent à elles seules respectivement les groupes A et B. Ceci reflète leurs sensibilités intenses aux bruches. Les autres populations sont réparties sur six groupes qui se chevauchent. La moyenne de l'espèce dans cette génération est de 1,62 gb/G. Elle est inférieure aux moyennes de 08 populations sur les 24 testées. La majorité des populations présente un Ngb/G en moyenne qui varie entre 0,68 gb/G et 2,56 gb/G.

Dans la 3^{ème} génération, cinq groupes sont mis en évidence par le test de Newman-Keuls. La population L9 est la plus sensible aux attaques des bruches. Nous l'avons trouvé isolée dans le groupe A. Les autres populations appartiennent aux quatre groupes restants qui se chevauchent. La majorité des populations ont des moyennes qui sont comprises entre 0,54 gb/G et 1,66 gb/G. Sur l'ensemble de l'effectif testé 08 populations montrent des moyennes supérieures à celle de l'espèce (1,10 gb/G).

3.3.2.2. *Scorpiurus subvillosus*

3.3.2.2.1. Poids moyen d'une gousse

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est égal à 13 %. La différence est hautement significative. La 1^{ère} génération appartient au groupe A avec 139,13 mg. Il n'y a pas de différence significative entre la 2^{ème} et la 3^{ème} génération. Ces dernières présentent des PMG, respectivement de 120,75 mg et 107,38 mg et appartiennent au groupe B. (tableau 24).

Tableau 24 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère PMG.

GI	GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
139,13 mg (A)	120,17 mg (B)	107,38 mg (B)	8,00**	122,41 mg	15,94	13,00 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La population B4 se distingue par les meilleurs poids moyens d'une gousse. Ils sont enregistrés dans les 03 générations. Ces meilleurs poids sont de 204 mg, 192 mg et 149 mg respectivement pour la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération.

Le PMG minimal pesé dans les 03 générations est de 107 mg, 83 mg, 80 mg. Ces PMG sont obtenus chez les populations B5, B6, B7, respectivement dans la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération.

La variabilité inter population est forte dans les 03 générations. Les coefficients de variation sont de 27,15 % pour la 1^{ère} génération, de 34,25 % pour la 2^{ème} génération et de 23,21 % pour la 3^{ème} génération (Annexe 3.2).

La moyenne du PMG de l'espèce de la 1^{ère} génération est de 139,13 mg. Les moyennes du PMG de 06 populations sur 08 sont inférieures à cette dernière. Le PMG de la plupart des populations varie entre 107,5 mg et 180 mg.

Dans la 2^{ème} génération, 05 populations sur 08 ont un PMG inférieur à la moyenne de l'espèce. Cette dernière est de 120,75 mg. Le plus grand nombre des populations ont des PMG qui oscillent entre 83 mg et 147 mg.

A la 3^{ème} génération, 06 populations sur 08 enregistrent des PMG qui s'étendent entre 80 mg et 134 mg. La moyenne de l'espèce est de 107,38 mg. Elle est supérieure à celles de cinq populations.

La variabilité intra population est forte dans les populations de la 2^{ème} génération, leurs coefficients de variation sont supérieurs à 22,93 %. Celles des populations de la 3^{ème} génération sont moyennes, le coefficient de variation dépasse de peu 18,48 %.

Chez cette espèce, nous avons constaté également une diminution du PMG en allant de la 1^{ère} vers la 3^{ème} génération.

3.3.2.2.2. Poids de mille graines (P1000g)

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est de 10,5 %. La différence est hautement significative. Nous n'avons remarqué aucune différence significative entre les moyennes de l'espèce au niveau de la 1^{ère} génération (9,92 g) et de la 2^{ème} génération (9,34 g). Elles sont incluses toutes les deux dans le groupe A. Celui-ci est significativement supérieur au groupe B dans lequel est insérée la 3^{ème} génération (7,96 g) (tableau 25).

Tableau 25 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère P1000g.

GI	GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
9,92 g (A)	9,34 g (A)	7,96 g (B)	9,03***	9,07 g	0,95	10,50 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La population B4 se distingue non seulement par des PMG les plus élevés mais également par des poids de 1000 graines les plus forts. Elle enregistre 14,58 g, 14,6 g, 10,6 g respectivement pour la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération.

Les poids de 1000 graines les plus bas sont obtenus par les populations B2 (8,34 g), B8 (7,6 g) et B3 (6,20 g). Ces P1000g sont enregistrés respectivement dans la 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} générations.

La variabilité inter population est moyenne dans la 1^{ère} et 3^{ème} génération. Les coefficients de variation sont respectivement de 18,78 % et 16,33 %. La 2^{ème} génération présente une forte variabilité avec un le coefficient de variation de 23,06 % (Annexe 3.2).

Un quart de l'effectif testé de cette espèce présente des moyennes supérieures à celle de l'espèce obtenue par la 1^{ère} génération. La moyenne de l'espèce étant de 9,92 g. La majorité des populations étudiées, soit 87,5 % présentent des moyennes comprises entre 8,34 g et 11,91 g. Les valeurs extrêmes sont 8,34 g pour B2 et 14,58 g pour B4.

Dans la 2^{ème} génération, 87,5 % des populations prises en compte enregistrent des P1000g qui varient entre 7,6 et 11,64 g. Les valeurs extrêmes sont de 7,6 g (B8) et de 14,6 g (B4). Les moyennes de 37 % des populations testées présentent, des valeurs supérieures à celle de l'espèce. Cette dernière est de 9,34 g.

Pour la 3^{ème} génération, 87,5 % des populations testées donnent des moyennes qui oscillent entre 6,57 g et 9,35 g. Les P1000g de 37 % des populations étudiées présentent des moyennes supérieures à 7,96 g. Cette dernière valeur représente la moyenne de l'espèce.

La variabilité intra population est moyenne pour les populations de la 2^{ème} génération dont le C. V. est compris entre 15,22 % et 16,03 %. Celle de la 3^{ème} génération est moyenne pour quelques-unes et forte pour d'autres, le C. V. varie entre 18,22 % et 22,07 %.

3.3.2.2.3. Le rapport du poids des graines sur le poids des gousses (R: Pg/PG)

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est égal à 10,3 %. La différence entre les générations est très hautement significative. La 1^{ère} génération dont le rapport poids des graines sur le poids des gousses est de (0,60) représente le groupe A. Ce dernier est significativement supérieur à la 3^{ème} génération (0,49) qui forme le groupe B. La 2^{ème} génération (0,42) constitue le groupe C (tableau 26).

Tableau 26 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère Pg/PG.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
0,57 (A)	0,49 (B)	0,42 (C)	14,03***	0,5	0,05	10,30 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La population B7 se classe en tête des populations de la 2^{ème} et 3^{ème} génération. Ce classement concerne le rapport poids des graines sur le poids des gousses. Les valeurs maximales prises par ce dernier sont de 0,48 pour la 2^{ème} génération et 0,55 pour la 3^{ème} génération. Pour la 1^{ère} génération nous avons constaté que la valeur la plus élevée est obtenue par la population B6. Elle est estimée à 0,63.

Pour ce même caractère, les valeurs minimales sont enregistrées chez les trois générations par trois populations différentes. Il s'agit de la population B3 (0,51) chez la 1^{ère} génération, B1 (0,31) chez la 2^{ème} génération et enfin la population B5 (0,34) chez la 3^{ème} génération.

La variabilité inter populations est faible dans la 1^{ère} génération. Le coefficient de variation est de 6,03 % (Annexe 3.2). Pour cette génération 06 populations sur 08 montrent des valeurs inférieures à la moyenne de l'espèce. Cette dernière est de 0,60. La majorité des populations présente des Pg/PG qui varient en moyenne entre 0,53 et 0,61.

La 2^{ème} et 3^{ème} génération présentent des variabilités inter populations moyennes. Les coefficients de variation sont respectivement de 12,43 % et 12,59 % (Annexe 3.2).

La différence entre les populations de cette espèce est très hautement significative dans la 2^{ème} génération. Le test de Newman-Keuls fait ressortir trois groupes distincts A, B, C. Les moyennes de 75 % des populations étudiées sont supérieures à 0,42. Cette dernière représente la moyenne de l'espèce. La majorité de l'effectif testé de cette espèce, soit 87,5 %, enregistre des moyennes comprises entre 0,36 et 0,48.

Les populations de la 3^{ème} génération sont réparties sur quatre groupes distincts A, B, C, D pour le rapport poids des graines sur le poids des gousses. La majorité des populations, soit 87 %, ont des moyennes qui varient entre 0,42 et 0,56. Sur 08 populations, 03 présentent des Pg/PG inférieurs à la moyenne de l'espèce (0,49).

La variabilité intra population est moyenne. Les C.V. sont inférieures à 10,59 % et 11 % respectivement pour la 2^{ème} et 3^{ème} génération.

3.3.2.2.4. Le nombre moyen de graines par gousse (Ng/G)

La variabilité inter génération est faible (C.V. = 4,2 %). La différence est très hautement significative. La 1^{ère} génération correspond au groupe A avec un Ng/G égal à 8,01g/G et supérieur aux deux autres qui constituent le groupe B (tableau 27).

Tableau 27 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère Ng/G.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
8,01 (A)	7,24 (B)	7,14 (B)	18,83***	7,46	0,31	4,20 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Les nombres de graines par gousse les plus élevés dénombrés chez la 1^{ère} et 2^{ème} génération sont comptés dans la même population. Il s'agit de la population B3. Les valeurs prises par cette population sont respectivement de 9,30 g/G et 8,18 g/G. Le nombre maximal de graines par gousse de la 3^{ème} génération est constaté dans la population B1 (8,42 g/G).

Le nombre minimal de graines par gousse obtenu par les trois générations est enregistré chez 03 populations différentes. Il s'agit de la population B5 de la 1^{ère} génération, B2 de la 2^{ème} génération et enfin B7 de la 3^{ème} génération avec respectivement de 6,72 g/G, 6,58 g/G et 6,66 g/G.

La variabilité intra génération est faible dans les trois générations.

Pour la 1^{ère} génération, le coefficient de variation est égal à 9,91 %. La moitié des populations étudiées présentent des moyennes supérieures à la moyenne de l'espèce. Cette dernière est de 8,01g/G. Les moyennes de 63 % des populations testées sont comprises entre 7,16 g/G et 8,86 g/G.

Le coefficient de variation de la 2^{ème} génération est de 7,47 %. Dans celle-ci les populations B3 (8,18 g/g) et B2 (6,58 g/G) représentent respectivement la valeur maximale et minimale trouvées.

Le coefficient de variation de la 3^{ème} génération est de 8,63 %. Nous distinguons trois groupes bien distincts A, B, C qui apparaissent pour ce caractère. Sur 08 populations testées, 05 présentent des Ng/G inférieurs à la moyenne de l'espèce. Cette dernière est de 7,24 g/G).

La variabilité intra population de la 2^{ème} génération est faible pour l'ensemble des populations testées. Celle de la 3^{ème} génération est moyenne pour 05 populations sur les 08 testées. Leurs coefficients de variation varient entre 17,58 % et 18,70 %. Les 03 populations restantes présentent une forte variabilité. Leurs coefficients de variation sont supérieurs à 22,08 %.

3.3.2.2.5. Le nombre moyen de graines saines par gousse (N gs/G)

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est de 10,3 %. La différence est hautement significative. Nous avons calculé pour la 3^{ème} génération une moyenne de 6,21 gs/G. Elle constitue le groupe A. Le groupe B contient la 2^{ème} génération avec 5,18 gs/G.

Tableau 28 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère Ngs/G.

GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
6,21 (A)	5,18 (B)	12,30**	5,69	0,59	10,30 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Dans la population B3, nous avons dénombré les nombres de graines saines par gousse les plus élevés, soit 6,66 gs/G et 7,38gs /G pour respectivement la 2^{ème} et la 3^{ème} génération. Les nombres les plus faibles sont 4,18gs/G et 5,54gs/G pour les populations B1 et B8 respectivement dans la 2^{ème} et 3^{ème} génération.

La variabilité inter population est moyenne dans la 2^{ème} et la 3^{ème} génération. Les coefficients de variation sont respectivement de 15,99 % et 10,40 % (Annexe 3.2).

La différence entre les populations est très hautement significative dans la 2^{ème} génération pour ce taxon. La moyenne de l'espèce est de 5,18 gs/G. La moitié de l'effectif étudié présente des moyennes supérieures à cette dernière. Les moyennes de 50 % des populations étudiées varient entre 4,29 gs/G et 6,07 gs/G.

Les 08 populations testées de la 3^{ème} génération, de cette espèce appartiennent à trois groupes A, B, C. Ces derniers se chevauchent. Les moyennes de 03 populations sur les 08 testées sont supérieures à celle de l'espèce. Les moyennes de 75 % des populations étudiées se situent entre 5,54 gs/G et 6,9 gs/G.

3.3.2.2.6. Le nombre de graines échaudées par gousse (Nge/G)

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est de 53,7 %. La différence entre les générations est non significative (tableau 29).

Tableau 29 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère Nge/G.

GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
0,47	0,37	0,71 ^{NS}	0,42	0,23	53,70 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Pour ce caractère, nous avons noté chez la 2^{ème} génération un maximum de 1,24 ge/G pour la population B6. Le nombre maximal obtenu chez la 3^{ème} génération est compté dans la population B8 (0,58 ge/G).

Les nombres de graines échaudées par gousse les plus bas enregistrés chez les 2^{ème} et 3^{ème} générations sont dénombrés respectivement dans les populations B5 et B1 avec respectivement 0,18 ge/G et 0,12 ge/G.

Pour ce caractère, la variabilité inter-population est forte dans les deux générations (GII et GIII). Les C.V. sont de 68,25 % dans la 2^{ème} génération et 40,88 % dans la 3^{ème} génération.

La différence entre les populations de la 2^{ème} génération est hautement significative. Les Nge/G le plus bas et le plus élevé sont obtenus par les populations B5 et B6 avec respectivement de 0,18 ge/G et 1,24 ge/G. Cependant, la majorité des populations donne des moyennes comprises entre 0,18 ge/G et 0,79 ge/G. La moyenne de l'espèce enregistrée par la 2^{ème} génération est de 0,47 ge/G. Les moyennes de 02 populations sur 08 sont supérieures à cette dernière. Le test de Newman-Keuls met en évidence la forte sensibilité de la population B6. Elle forme à elle seule le groupe A. Les autres populations appartiennent au groupe B.

La différence entre les populations de la 3^{ème} génération est non significative. La moyenne de l'espèce est de 0,37 ge/G. Elle est inférieure aux moyennes de 05 populations sur un effectif de 08 populations testées. Pour le plus grand nombre des populations, les moyennes oscillent entre 0,21 ge/G et 0,53 ge/G. Les Nge/G extrêmes mesurés 0,12 et 0,58 ge/G sont obtenus respectivement par les populations B1 et B8.

Chez cette espèce, la 2^{ème} et la 3^{ème} génération sont touchées au même degré par l'échaudage.

3.3.2.2.7. Le nombre de graines bruchées par gousse (Ngb/G)

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation étant de 30,9 %, la différence est très hautement significative. La 2^{ème} génération représente le groupe A avec (1,49 gb/G). La 3^{ème} génération correspond au groupe B avec (0,66 gb/G) (tableau 30).

Tableau 30 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère Ngb/G.

GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
1,49 (A)	0,66 (B)	25,44***	1,07	0,33	30,90 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

B1 présente la moyenne la plus élevée de graines bruchées chez la 2^{ème} et la 3^{ème} génération. Les valeurs prises par ce caractère sont respectivement de 2,98 et 1,28 gb/G. Les populations les moins touchées montrent 0,65 gb/G chez la 2^{ème} et 0,3 gb/G chez la 3^{ème} génération obtenues par les populations B4 et B5.

Dans les 2^{ème} et 3^{ème} générations, la variabilité inter population est élevée. Les coefficients de variation sont respectivement de 42,80 % et 46,35 %. La différence est très hautement significative dans les deux générations.

Dans la 2^{ème} génération, la population B1 se distingue des autres populations par sa forte sensibilité aux bruches. Elle constitue à elle seule le groupe A. Les deux autres groupes B et C encadrent les 07 populations restantes. Sur 08 populations, 05 montrent des moyennes inférieures à celle de l'espèce. Cette dernière est égale à 1,49 gb/G. Sur l'ensemble des populations testées, 75 % donnent des moyennes variant entre 0,81 gb/G et 2,17 gb/G.

Dans la 3^{ème} génération, deux groupes A et B se chevauchent. La population B1 est la plus exposée aux attaques des bruches. La population B5 est la moins touchée par les bruches. La moyenne de l'espèce est de 0,65 gb/G. Elle est supérieure aux moyennes de 62 % de l'effectif pris en compte.

3.3.2.3. *Scorpiurus vermiculatus*

3.3.2.3.1. Poids moyen d'une gousse

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est égal à 17,14 %. La différence entre les générations est non significative (tableau 31).

Tableau 31 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère PMG.

GI	GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
416 mg	400 mg	380,81 mg	1,03 NS	399,04 mg	69,56	17,40 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Dans la 1^{ère} et la 3^{ème} génération, la variabilité intra génération ou inter populations est moyenne. Les coefficients de variation sont respectivement de 15,31 % et 18,90 %. A l'opposé, la 2^{ème} génération présente une forte variabilité avec un coefficient de variation égal à 20,22 % (Annexe 3.3).

La 1^{ère} génération présente une moyenne de l'espèce égale à 416 mg. Cette dernière est supérieure aux moyennes de 08 populations sur 16 testées. Les valeurs extrêmes 309 mg et 505 mg caractérisent respectivement les populations V12 et V10. Le PMG de 44 % des populations étudiées est compris entre 350 mg et 481 mg. Seule population la V30 a donné un PMG de 505 mg.

Pour la 2^{ème} génération, 50 % des populations de cette espèce présentent des PMG supérieurs à la moyenne de l'espèce. Le minimum et le maximum sont respectivement de 276 mg chez la V16 et 517 mg chez la V3. La majorité des populations présentent un PMG qui varie entre 317 mg et 484 mg.

Pour la 3^{ème} génération, la moyenne de l'espèce est de 387,06 mg. Elle est supérieure à celle enregistrée par 50 % des populations testées. Les valeurs maximale et minimale sont respectivement de 268 mg chez la V8 et 507 mg chez la V16. Les moyennes de la plupart des populations oscillent entre 315 mg et 462 mg.

L'évolution du PMG en moyenne de l'espèce dans les trois générations suit un sens décroissant, de la 1^{ème} vers la 3^{ème} génération (Annexe 3.3).

La variabilité intra population est forte pour l'ensemble des populations des 2^{ème} et 3^{ème} générations. Leurs coefficients de variation sont respectivement supérieurs à 25 % et 21 %. Toutefois, la population V12 de la 2^{ème} génération dont le coefficient de variation est de 31,01 % a enregistré dans la génération suivante un C.V.= 10,09 %.

3.3.2.3.2. Poids de mille graines (P1000g)

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est égal à 18,1%. La 2^{ème} génération enregistre une légère baisse dans la moyenne du P1000g par rapport à celle obtenue dans la 1^{ère} génération. La 3^{ème} génération montre une légère hausse en comparaison avec cette dernière. Toutefois, la différence entre les générations est non significative au seuil 0,05 (tableau 32).

Tableau 32 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère P1000g.

GI	GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
25,44 g	24,21 g	25,70 g	0,48 NS	25,12 g	4,55	18,10 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Les coefficients de variation des 1^{ère} et 2^{ème} générations sont respectivement de 16,43 % et 18,64 %. Ces résultats reflètent une variabilité inter-populations moyenne. La 3^{ème} génération donne une forte variabilité intra génération, le coefficient de variation est égal à 21,92 % (Annexe 3.3).

Les valeurs minimale et maximale de la 1^{ère} génération sont respectivement de 18,28 g (V2) et 32,08 g (V17). La grande partie des populations présente des P1000g qui varient entre 21 g et 29,77 g. La moitié des populations présentent des moyennes supérieures à celle de l'espèce. La moyenne du P1000g de cette dernière est de 25,56 g.

La moyenne de 09 populations sur les 16 testées de la 2^{ème} génération est supérieure à 24,22 g. Cette valeur est la moyenne de l'espèce. Les valeurs minimale et maximale enregistrées par les populations de cette génération sont de 17,60 g pour V11 et 31,87 g pour V4. Cependant, la majorité des populations présente des moyennes comprises entre 18,56 g et 28,87 g.

La majorité des populations de la 3^{ème} génération montre des moyennes comprises entre 19,8 g et 31,38 g. La valeur minimale enregistrée de 17,4 g appartient à V9. Le P1000g maximal est trouvé chez la population V1 atteignant 34,6 g. La moyenne de l'espèce est de 25,59 g. Elle est supérieure à celles de 08 populations.

La variabilité intra population est moyenne pour l'ensemble des populations dans les générations 2 et 3.

3.3.2.3.3. Le rapport du poids des graines sur le poids des gousses (R: Pg/PG)

La variabilité inter génération est faible. Le coefficient de variation est de 8,6 %. La différence entre les générations est très hautement significative. Les 1^{ère} et 3^{ème} générations forment le groupe A avec des rapports (moyenne de l'espèce) respectivement de 0,47 et 0,46. La 2^{ème} génération correspond au groupe B. Ce dernier est caractérisé par un rapport faible (0,39) (tableau 33).

Tableau 33 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère Pg/PG.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
0,47 (A)	0,46 (A)	0,39 (B)	23,87***	0,44	0,04	8,60 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Le rapport poids des graines sur le poids des gousses le plus faible calculé dans la 1^{ère} génération est obtenu par la population V2 (0,36). Cette dernière donne également des rapports les plus forts respectivement pour la 2^{ème} (0,46) et 3^{ème} (0,5) génération. Les populations V1 et V8 de la 3^{ème} génération donnent également des valeurs égales à celles de la population V2 (0,5). Les rapports les plus faibles de la 2^{ème} et 3^{ème} générations sont constatés respectivement chez les populations V15 (0,32) et V12 (0,41).

La variabilité inter population est faible dans les 1^{ère} et 3^{ème} générations. Elle est moyenne dans la 2^{ème} génération. Les coefficients de variation sont respectivement de 8,96 %, 6,10 % et 10,17 % (Annexe 3.3).

Sur les 16 populations testées dans la 1^{ère} génération, 09 présentent des moyennes supérieures à 0,47 moyenne de l'espèce. Dans cette même génération, 81 % de l'effectif testé engendre des R: Pg/PG variant entre 0,43 et 0,51.

Dans la 2^{ème} génération, le rapport oscille entre 0,45, calculé chez la population V2 et 0,37, obtenu par la population V15. Les R: Pg/PG de 69 % des populations sont compris entre 0,35 et 0,43. La moyenne de l'espèce est de 0,39. Des rapports supérieurs à la moyenne sont enregistrés chez 06 populations sur les 16 testées.

Dans la 3^{ème} génération, le test de Newman-Keuls fait ressortir pour ce caractère huit groupes se chevauchant. Sur les 16 populations étudiées, 06 présentent des rapports supérieurs à la moyenne qui est de 0,46.

La 2^{ème} génération présente une moyenne nettement basse que celles des 1^{ère} et 3^{ème} générations (tableau 33).

La variabilité intra population est faible. Le coefficient de variation ne dépasse pas 10 % pour toutes les populations testées que se soient dans la 2^{ème} ou 3^{ème} générations.

3.3.2.3.4. Le nombre moyen de graines par gousse (Ng/G)

Le coefficient de variation est de 5,6 %. Il montre une faible variabilité inter-génération. Cependant, la différence est très hautement significative entre les moyennes des populations. Le test de Newman-Keuls au seuil 5 % fait apparaître trois groupes homogènes A, B, C. Ils correspondent respectivement aux 1^{ère}, 3^{ème}, et 2^{ème} générations. En effet, nous avons dénombré le plus fort nombre de graines, en moyenne de l'espèce, chez la 1^{ère} génération (7,89 g/G), le plus faible dans la 2^{ème} génération (6,96 g/G) ; la 3^{ème} génération occupe une position intermédiaire avec (7,46 g/G) (tableau 34).

Tableau 34 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère Ng/G.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
7,98 (A)	7,46 (B)	6,96 (C)	19,76***	7,44	0,41	5,60 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Chez les populations V5, V3 et V11, nous avons dénombré les plus forts nombres de graines par gousse. Ils sont de 8,68 g/G pour la 1^{ère} génération, 8,16 g/G pour la 2^{ème} génération et enfin 8,12 g/G pour la 3^{ème} génération. Nous avons également compté les nombres de graines par gousse les plus faibles. Ils sont observés dans les populations suivantes : V6 (7,14 g/G) pour la 1^{ère} génération, V16 (5,94 g/G) pour la 2^{ème} génération et V4 (6,76 g/G) pour la 3^{ème} génération.

La variabilité intra génération est faible dans les trois générations. Les coefficients de variation sont de 4,86 %, 7,90 % et 4,90 %. Ils sont obtenus respectivement par les 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} générations (Annexe 3.3).

Les moyennes de 07 populations sur 16 sont supérieures à celle de l'espèce dans la 1^{ère} génération. La majorité des populations présente des moyennes variant entre 7,49 g/G et 8,29 g/G. Les valeurs extrêmes sont observées pour les populations V6 (7,14 g/G) et V5 (8,68 g/G).

Dans la 2^{ème} génération, le Ng/G le plus élevé est de 8,16 g/G. Il est obtenu chez la population V3. La population V16 présente le Ng/G le plus faible soit 5,94 g/G. La moyenne de l'espèce est de 6,96 g/G. La moitié des populations montre un nombre de graines par gousse supérieur à cette dernière.

Au niveau de la 3^{ème} génération, deux groupes distincts A et B apparaissent pour le nombre de graines par gousse. Les moyennes de 09 populations sur 16 sont supérieures à celle de l'espèce. Cette dernière est de 7,46 g/G.

La variabilité intra population des 2^{ème} et 3^{ème} générations est faible pour l'ensemble des populations.

3.3.2.3.5. Le nombre moyen de graines saines par gousse (N gs/G)

La variabilité inter génération est faible. Le coefficient de variation est de 7,5 %. La différence est très hautement significative. Chez la 3^{ème} génération, nous avons compté le nombre de graines saines par gousse le plus fort (6,96 gs/G). Cette génération correspond au groupe A. Le groupe B renferme la 2^{ème} génération avec (6,27 gs/G) (tableau 35).

Tableau 35 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère Ngs/G.

GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
6,96 (A)	9,27 (B)	15,36***	6,61	0,5	7,50 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Le Ngs/G le plus élevé de la 2^{ème} génération est de 7,82. Il est obtenu par la population V3. Celui de la population V17 est de 7,46 gs/G. Il représente le Ngs/G le plus élevé de la 3^{ème} génération.

La population V4 donne le nombre minimal de graines saines par gousse successivement pour la 2^{ème} et 3^{ème} générations. Ces nombres sont respectivement de 4,80gs/G et 6,02gs/G.

La variabilité inter population est moyenne dans la 2^{ème} génération. Le coefficient de variation est de 12,93 %. Celle de la 3^{ème} génération est faible. Le coefficient de variation est de 6,49 % (Annexe 3.3). Le test de Newman-Keuls montre quatre groupes se chevauchant. Ils sont constatés dans la 2^{ème} génération.

Les valeurs minimale et maximale de Ngs/G dénombrées dans cette dernière sont de 4,80 gs/G et 7,82 gs/G. Elles sont enregistrées respectivement par les populations V4 et V3. Neuf populations enregistrent des Ngs/G supérieurs à la moyenne de l'espèce 6,27 gs/G. Les moyennes du Ngs/G de 75 % de l'effectif étudié de cette espèce sont comprises entre 5,43 gs/G et 7,11 gs/G.

Dans la 3^{ème} génération la différence inter population est significative au seuil 5 %. Ainsi, ce caractère est très peu variable d'une population à une autre. Le Ngs/G évolue au niveau de la moyenne de l'espèce égale à 6,96 gs/G. La moyenne de 10 populations parmi les 16 testées est supérieure à celle de l'espèce. Les moyennes des Ngs/G de 75 % des populations se situent entre 6,49 et 7,43 gs/G.

La variabilité intra-population est faible dans la 3^{ème} génération, alors qu'elle est moyenne dans la 2^{ème} génération.

3.3.2.3.6. Le nombre de graines échaudées par gousse (Nge/G)

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est de 83,7 %. La différence est non significative au niveau 5 %. La 2^{ème} génération appartient au groupe A. Le nombre de graines échaudées par gousse de cette dernière est de 0,33 ge/G. Chez la 3^{ème} génération, nous avons dénombré 0,13 ge/G. Ceci lui accorde une place dans le groupe B (tableau 36).

Tableau 36 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère Nge/G.

GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
0,33 (A)	0,13 (B)	8,20*	0,23	0,2	83,70 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Dans les 2^{ème} et 3^{ème} générations, la différence entre les populations est hautement significative. Les coefficients de variations obtenus sont respectivement de 78,64 % et 72,29 %.

Nous avons remarqué que chez les mêmes populations, le nombre de graines échaudées par gousse est élevé pour la 2^{ème} génération, et faible pour la 3^{ème} génération.

Chez la 2^{ème} génération le nombre de graines échaudées minimal est de 0,04 ge/G. Il est obtenu par la population V4. Le plus élevé est obtenu par la population V13 ; il est de 1,02 ge/G (Annexe 3.3). Cependant, la majorité des populations ont des Nge/G qui se situent entre 0,06 ge/G et 0,6 ge/G. La moyenne de l'espèce est de 0,33ge/G. Elle est supérieure à celles de 06 populations parmi les 16 prises en compte. Pour ce caractère (Nge/G), les populations de la 2^{ème} génération se répartissent en deux groupes se chevauchant.

Le nombre de graines échaudées maximal constaté dans la 3^{ème} génération est obtenu par les 02 populations V4 et V8 ; il est de 0,30 ge/G. Pour certaines populations, le Nge/G est fort dans la 2^{ème} génération, puis il a diminué chez ces mêmes populations dans la 3^{ème} génération. Pour cette dernière, la population V2 est la plus touchée par l'échaudage. La moyenne de l'espèce est de 0,13ge/G. Elle est plus élevée que celles de 11 populations sur un effectif de 16 populations. Pour la majorité des populations, le Nge /G se situe entre 0,04 et 0,24 ge/G. Toutes les populations de la 3^{ème} génération appartiennent au groupe A.

La 2^{ème} génération est plus touchée par l'échaudage que la 3^{ème} génération.

3.3.2.3.7. Le nombre de graines brûchées par gousse (Ngb/G)

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est égal à 67,4 %. La différence est non significative (tableau 37).

Tableau 37 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère Ngb/G.

GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
0,37	0,24	3,37 NS	0,3	0,2	67,40 %

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Certaines populations, pour lesquelles le nombre de graines bruchées par gousse est faible chez la 2^{ème} génération, sont devenues les plus touchées par l'attaque des bruches dans la 3^{ème} génération et vice versa. La population V7 enregistre 0,04 gb/G et 0,62 gb/G respectivement pour les 2^{ème} et 3^{ème} générations. Pour la population V13, nous avons compté 0,74 gb/G pour la 2^{ème} génération et 0,48 gb/G pour la troisième génération.

Pour ce caractère, des coefficients de variation de 87,06 % et 49,50 % sont obtenus respectivement par les 2^{ème} et 3^{ème} générations. La différence inter-population est hautement significative dans la 2^{ème} génération et très hautement significative dans la 3^{ème} génération.

Pour le nombre de graines bruchées par gousse, dans la 2^{ème} génération, deux groupes se chevauchant apparaissent. Le Ngb/G oscille entre 0,04gb/G et 0,74gb/G. Ces valeurs sont notées respectivement chez les populations V7 et V13. La moyenne de l'espèce est de 0,24gb/G. Sur 16 populations testées, 11 donnent un nombre de graines bruchées inférieur à la moyenne. Sur l'ensemble de l'effectif testé, 75 % présente des moyennes qui varient entre 0,04 gb/G et 0,45 gb/G.

Dans la 3^{ème} génération, trois groupes se chevauchant apparaissent. Nous avons remarqué que 11 populations sur 16 montrent un nombre de graines bruchées par gousse nul. La population V16 exprime une forte sensibilité dans cette génération avec 0,62 gb/G. La moyenne de l'espèce est de 0,37 %. Sur 16 populations testées, 09 donnent des moyennes supérieures à celle constaté pour l'espèce dans la 3^{ème} génération.

3.3.3. Germination

3.3.3.1. Les graines intactes (non scarifiées)

Estimation du taux de graines dures, Tgd.

3.3.3.1.1. *Scorpiurus vermiculatus* :

La variabilité inter génération est moyenne. Le coefficient de variation est égal à 14,20 %. Pour cette espèce, la dureté des graines présente une différence inter génération très hautement significative. (tableau 38).

Tableau 38 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère Tgd.

GI	GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
97,47%	82,75%	81%	8.60**	87,07	12,34	14,20%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La variabilité intra génération est très faible dans la 1^{ère} génération (CV= 1,20 %), moyenne dans la 2^{ème} génération (CV= 10,90 %), et forte dans la 3^{ème} génération (CV= 23,19 %) (Annexe 3.4).

A la 1^{ère} génération, le taux de graines dures le plus élevé a été constaté chez la population V12 (99 %). La population V5 présente le taux le plus bas avec 95 % de graines dures. Un taux de population de 56,25 % présente des duretés variant entre 96,23 % et 98,65 %. La moyenne de l'espèce de 97,44 %, est supérieure à celle des 56,25 % des populations étudiées.

Dans la 2^{ème} génération, le taux de graines dures obtenu pour cette espèce oscille entre 58 % et 100 %. Cette dernière valeur est le maximal enregistré seulement par la population V17. Toutefois, 81,25 % des populations présentent des taux compris entre 73,43 % et 92,07 %.. La moyenne de l'espèce pour ce caractère est de 82,75 %. Elle est inférieure aux moyennes de 50 % des populations testées.

Chez la 3^{ème} génération, la moyenne de l'espèce observée pour ce caractère est égale à 81 %. Sur les 16 populations testées, 09 montrent des taux de graines dures supérieurs à ces dernières. Nous avons enregistré un taux maximal de 98 % chez 02 populations V15 et V16, et un taux minimal chez la population V8 (20 %). Cette valeur est exceptionnelle, étant donné les résultats obtenus antérieurement pour cette population.

3.3.3.1.2. *Scorpiurus sulcatus*

La variabilité inter génération est faible. Le coefficient de variation est de 5,3 %. Dans cette espèce, la 3^{ème} génération est supérieure à la première. Le taux de graines dures est respectivement de 94,50 % et 92,44 %. Ces deux générations constituent le groupe A. La 2^{ème} génération avec 85 % de graines dures se trouve isolée dans le groupe B (tableau 39).

Tableau 39 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère Tgd.

GIII	GI	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
94.50% (A)	92.44 % (A)	85.00% (B)	26.08***	90,66	4,8	5,30%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La population L1 donne pour la 2^{ème} et la 3^{ème} génération les plus bas taux de graines dures, soit respectivement 70 % et 82 %. La population L26 présente un taux de graines dures de 100 % dans la 1^{ère} génération. Il est devenu 84 % dans la 2^{ème} génération. Il s'est élevé à 90 % dans la 3^{ème} génération.

La variabilité intra génération est faible chez les trois générations. Les coefficients de variation sont de 4,37 % dans la 1^{ère} génération, 7,56 % dans la 2^{ème} génération et 4,70 % dans la 3^{ème} génération (Annexe 3.5).

Pour la 1^{ère} génération, mise à part la population L26 qui présente un taux de 100 % de graines dures, la majorité des populations enregistre des taux variant entre 88,32 % et 96-56 %. La population L22 montre le taux le plus faible 85,5 %. Les moyennes de 13 populations testées sur 24 sont supérieures à celles de l'espèce, soit 54,17 % de l'effectif testé. La moyenne de l'espèce est égale à 92,44 %.

Dans la 2^{ème} génération, 16 populations sur 24 montrent un taux de graines dures qui varie entre 78,4 % et 91,57 %. Les taux extrêmes notés chez les populations L25 et L1 sont respectivement de 98 % et 70 %. La moitié des populations prises en compte, soit 50 %, présente des taux de graines dures supérieurs à la moyenne qui est de 85 %.

Dans la 3^{ème} génération, les taux minimal et maximal de graines dures sont de 82 % pour (L1) et de 100 % pour (L4, L6, L10, L21, L23, L25). La moyenne est de 94,5 %. Elle est inférieure à celles des 11 populations parmi les 24 testées. La majorité des populations a des moyennes qui varient entre 89,96 % et 99,04 %.

3.3.3.1.3. *Scorpiurus subvillosus*

La variabilité inter génération est faible. Le coefficient de variation est égal à 7 %. Pour la dureté des graines, les moyennes de l'espèce, enregistrées chez chaque génération, ne sont pas significativement différentes d'une génération à une autre (tableau 40).

Tableau 40 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère Tgd.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
95,63%	94%	89,75%	1.30 ^{NS}	93,13%	6,5	7,00%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La variabilité intra génération est moyenne pour la 1^{ère} génération. Elle est faible pour la 2^{ème} et la 3^{ème} génération. Les coefficients de variation sont respectivement de 10,29 %, 9,81 % et 6,38 % (Annexe 3.6).

La moyenne de l'espèce de la 1^{ère} génération est de 95,63 % de graines dures. Elle est inférieure à 75 % des populations prises en compte. Les populations B6 et B1 présentent respectivement le maximal avec 99,5 % et le minimal avec 86 % de graines dures.

Dans la 2^{ème} génération, 06 populations sur 08 enregistrent un taux de graines dures supérieur à la moyenne de l'espèce. Cette dernière est égale à 89,75 %. Le plus bas et le plus élevé des taux de graines dures sont constatés chez les populations B3 avec 74 % et B8 avec 98 % de graines dures. Toutefois, le plus grand nombre des populations de cette espèce donne des taux qui varient entre 80,34 % et 98 %.

Dans la 3^{ème} génération, nous avons constaté un taux de graines dures de 100 % uniquement chez la population B6. Le taux minimal est de 80 % pour la population B3. La moyenne de l'espèce est de 94 %. Elle est inférieure à celles de 62,5 % des populations prises en compte. Le taux varie entre 87,5 % et 100 %, pour la majorité des populations. Cette dernière est estimée à 87,5 % de l'effectif considéré.

3.3.3.2. Les graines scarifiées

3.3.3.2.1. Taux de germination au 5^{ème} jour : Tg5^{ème} j

Présentation du taux de germination au 5^{ème} jour (Tg5^{ème} j) pour les différentes générations et pour chaque espèce.

* *Scorpiurus vermiculatus* :

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est de 51,1 %. La différence entre les générations est très hautement significative. Les trois générations se classent en deux groupes distincts A et B. La 1^{ère} génération se distingue par un taux très fort de germination des graines (38,31 %) par rapport aux autres. Elle occupe le groupe A. Les 2^{ème} et 3^{ème} générations accusent des taux de germination des graines nettement moins importants que ceux précités. Ils sont respectivement de 0,50 % et 1,06 %. Les 2^{ème} et 3^{ème} générations forment le groupe B (tableau 41).

Tableau 41 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère Tg 5^{ème}j .

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
38.3% (A)	1.06% (B)	0.50% (B)	162.74***	13,29%	6,79	51,10%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Sur 16 populations testées, nous avons noté 0 % de graines germées dans 13 et 08 populations appartenant respectivement aux 2^{ème} et 3^{ème} générations. Dans la 1^{ère} génération, le minimal est de 15 sur cent graines qui germent. En moyenne pour l'espèce, le taux de germination des graines au 5^{ème} jour a sensiblement diminué dans les deux dernières générations GII et GIII par rapport à la 1^{ère}. Dans les 2^{ème} et 3^{ème} générations, les populations montrent une très faible germination des graines, elle ne dépasse pas les 4 % dans la 2^{ème} génération et 6 % dans la 3^{ème}. Ces valeurs sont enregistrées respectivement chez les populations V11 et V8.

La variabilité intra génération est forte dans les trois générations. Le coefficient de variation de la 1^{ère} génération est de 29,68 %. Cependant, les 2^{ème} et 3^{ème} générations présentent toutes les deux des coefficients de variation supérieurs à 100 % (Annexe 3.4).

Nous avons noté dans la 1^{ère} génération, une moyenne de l'espèce égale à 38,31 %. Elle est inférieure à la moyenne des 50 % des populations testées. Un grand nombre de ces dernières présentent au 5^{ème} jour, des taux de germination compris entre 35 % et 48 %. Les taux minimal et maximal sont respectivement de 15 % et 64 %. Ils sont enregistrés respectivement chez les populations V15 et V12.

Pour la 2^{ème} génération, aucune différence significative n'a été décelée entre les populations, à l'exception de celles des V4, V5, V11, pour lesquelles nous avons enregistré 2 % à 4 % de graines germées, aucune autre ne germe pour les autres populations.

Dans la 3^{ème} génération, la différence inter populations n'est pas significative. Le taux de graines germées dans les populations de cette espèce ne dépasse pas 6 % enregistré par la population V8. La moitié des populations prises en compte, soit 50 %, donne zéro graine germée sur 100.

* *Scorpiurus sulcatus* :

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est égal à 24,6 %. La différence inter génération est très hautement significative. Les groupes A et B sont mis en évidence par le test de Newman-Keuls (tableau 42).

Tableau 42 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère Tg 5^{ème}j .

GI	GII	GIII	F	Moy.	E.T.	C.V.
83.83 % (A)	3.42 % (B)	3.33% (B)	941.19***	30,19	7,42	24,60%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Pour la germination au 5^{ème} jour, sur les 24 populations testées de cette espèce, nous avons obtenu 06 et 08 populations dont le taux de germination est zéro. Ces résultats sont enregistrés dans les 2^{ème} et 3^{ème} générations. Les moyennes de ces dernières sont respectivement de 3,42 %, et 3,33 % de graines germées. Elles sont incluses toutes les deux dans le groupe B. Le groupe A contient la 1^{ère} génération avec 83,83 % de graines germées. Nous avons noté une nette diminution du taux de germination des graines au 5^{ème} jour successivement dans les 2^{ème} et 3^{ème} générations par rapport à la 1^{ère}. Citons, à titre d'exemple, la population L4 dont le taux de graines germées à cette date est de 100 % pour la 1^{ère} génération. Ce taux diminue à 1 % pour la 2^{ème} et devient 0 % dans la 3^{ème} génération.

Dans la 1^{ère} génération, la variabilité intra génération est moyenne. Le coefficient de variation est égal à 13,11 %. Ce dernier est supérieur à 100 % dans les 2^{ème} et 3^{ème} générations (Annexe 3.5).

Pour la 1^{ère} génération, nous avons enregistré un taux maximal de 100 % de graines germées au 5^{ème} jour uniquement chez la population L4. Cependant, 62,5 % des populations de cette espèce présentent des taux supérieurs à la moyenne de l'espèce. Cette dernière est évaluée à 83,83 %. Le taux le plus bas est de 57 %, nous l'avons remarqué dans la population L25.

La différence inter population est significative au seuil 5 %. Le groupe A regroupe toutes les populations de la 2^{ème} génération. Ceci montre qu'en dépit de la différence significative qui règne au sein de cette espèce, elle n'est pas importante. Les populations L8, L9, L10, L14, L17, L19 donnent 0 graines germées sur 100 graines.

La différence inter population de la 3^{ème} génération est significative au seuil 1 %. Pour ce caractère, les populations sont classées en trois groupes qui se chevauchent. Des taux de germination nuls ne sont enregistrés que chez 08 populations sur les 24 étudiées. La moyenne de l'espèce est de 3,33 % de graines germées. Sur les 24 populations testées, 17 donnent des taux de germination au 5^{ème} jour inférieurs à cette dernière. Exceptionnellement, les populations L27 et L22 donnent des taux de germination au 5^{ème} jour respectivement de 15 et 18 %.

*** *Scorpiurus subvillosus* :**

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est de 28,7 %. La différence est très hautement significative. Les trois générations appartiennent à deux groupes distincts A et B. Dans le groupe A sont incluses les 2^{ème} et 3^{ème} générations, étant donné les conditions expérimentales identiques. Leurs taux de germination au 5^{ème} jour enregistrés par ces générations sont respectivement de 9,38 % et 12,88 % de graines germées, Pour la première génération, le taux de germination des graines est fort. Elle appartient au groupe A avec 73,50 %. (Tableau 43).

Tableau 43 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère Tg 5^{ème}j .

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
73.50% (A)	12.88 % (B)	9.38% (B)	124.13***	31,92%	9,15	28,70%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Contrairement à ce qui est observé chez l'espèce *S. sulcatus* et l'espèce *S. vermiculatus*, chez l'espèce *S. subvillosus*, certaines populations présentent des taux de germination au 5^{ème} jour intéressants. Ceci est enregistré pour les 2^{ème} et 3^{ème} générations. Citons entre autres les populations B1, B3, et B8 ; comme la montre l'annexe 3.6.

La variabilité intra génération est moyenne dans la 1^{ère} génération. Le coefficient de variation est égal à 10,60 %. Celui des 2^{ème} et 3^{ème} générations est très fort. Il vaut respectivement 92,67 % et 98,43 %.

Au niveau de la 1^{ère} génération, 37,5 % des populations ont un taux supérieur à la moyenne de l'espèce. Cette dernière est de 73,5 %. Le plus faible et le plus élevé des taux enregistrés par cette espèce sont respectivement de 64 % et 91 %. Ces valeurs sont obtenues par les populations B3 et B1.

La différence inter population de la 2^{ème} génération n'est pas significative. Toutefois, une exception est enregistrée chez cette espèce pour le taux de germination des graines au 5^{ème} jour. Il s'agit de 05 populations sur 08 qui présentent des taux de germination des graines supérieurs à 5 %. Nous avons constaté pour les populations B2 et B5 des taux nuls de germinations au 5^{ème} jour.

Dans la 3^{ème} génération et pour cette espèce, la population B5 donne 0 % de graines germées dans la 3^{ème} génération. Le plus grand nombre de populations possède des taux de germination qui varient entre 0 % et 26,42 %. Les populations B3 et B8 donnent des taux respectivement de 32 % et 36 %. La moyenne des espèces est de 12,88 %. Elle est supérieure à celle de 75 % de l'effectif testé. Au seuil 5 %, la différence inter populations n'est pas significative.

3.3.3.2.2. Taux de germination au 10^{ème} jour

Présentation du taux de germination au 10^{ème} jour (Tg10^{ème} j) pour les différentes générations et pour chaque espèce.

* *Scorpiurus vermiculatus* :

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est de 23 %. La différence est très hautement significative. Les trois générations se répartissent sur trois groupes distincts A, B et C. Un taux élevé de germination des graines au 10^{ème} jour est remarqué dans l'ensemble des populations de la 1^{ère} génération.

Ceci lui permet de se classer en tête avec une moyenne de l'espèce de 85,19 % de graines germées. Les 2^{ème} et 3^{ème} générations forment respectivement les groupes C avec 7,94 % et B avec 18,19 % de graines germées (tableau 44).

Tableau 44 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère Tg 10^{ème} j.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
85.19% (A)	18.19% (B)	7.94 (C)	388.17***	37,10%	9%	23,00%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Certaines populations, comme la V2 et la V17 réagissent de la même façon, que se soit pour la 2^{ème} ou la 3^{ème} génération. Ces populations donnent des taux de graines germées très faibles ne dépassant pas 2 %.

La variabilité inter population de la 1^{ère} génération est faible. Le coefficient de variation est égal à 9,27 %. Les coefficients de variation de la 2^{ème} et la 3^{ème} génération sont respectivement de 85,38 % et 78,24 % (Annexe 3.4).

Pour ce qui est de la 1^{ère} génération, le plus fort et le plus faible des taux sont constatés respectivement chez les populations V12 (98 %) et V2 (67 %). La moitié, soit 50 %, des populations testées montre des moyennes supérieures à celles de l'espèce dont la moyenne est de 85,19 %.

Dans la 2^{ème} génération, pour la germination des graines au 10^{ème} jour, la différence inter population n'est pas significative. Les taux de germination des graines de 06 populations sur 16 sont supérieurs à 10 %. Sur 24 populations testées, 12 donnent des moyennes qui varient entre 0,93 % et 14,93 %.

La différence inter population dans la 3^{ème} génération est significative au seuil 5 %. Le maximum de graines germées au 10^{ème} jour est enregistré chez la population V8 avec un taux de 47 %. Le minimum est constaté chez la population V13 (1 %). Cependant, le taux de graines germées, à cette date de l'essai, obtenu chez le plus grand nombre de populations testées, oscille entre 3,48 % et 32,88 %. La moyenne de l'espèce est de 18,19 %. Elle est inférieure aux moyennes de 05 populations sur 16 étudiées.

*** *Scorpiurus sulcatus* :**

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est de 32,5 %. La différence inter génération est très hautement significative. Les trois générations appartiennent à trois groupes distincts A, B, et C. Ces groupes sont respectivement représentés par la 1^{ère}, la 3^{ème} et la 2^{ème} génération. Les moyennes prises par chacune de ces dernières sont respectivement de 94,96 %, 31,29 % et 21,83 %. Cependant, une nette différence est perceptible au niveau des moyennes de l'espèce entre la 1^{ère} génération et celles des 3^{ème} et 2^{ème}. Le taux de germination des graines au 10^{ème} jour de la 1^{ère} génération est trois fois supérieur à celui obtenu par la 3^{ème} génération, et plus de quatre fois à celui noté chez la 2^{ème} génération (tableau 45).

Tableau 45 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère Tg 10^{ème} j.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
94.96% (A)	31.29% (B)	21.83 % (C)	147.15***	49,15%	16,06	32,50%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Dans la 1^{ère} génération, les populations L1, L4, L5, L6, L7, L9, L19 présentent un taux de germination des graines de 100 %. Ce dernier diminue dans les générations qui la suivent, c'est à dire la GII et la GIII. Cette diminution est évaluée à moins de 50 % de graines germées au 10^{ème} jour.

La variabilité intra génération est faible dans la 1^{ère} génération. Le coefficient de variation est égal à 6,97 %. Elle est forte dans les 2^{ème} et 3^{ème} générations. Les coefficients de variation sont respectivement de 74,38 % et 71,11 %.

Nous avons remarqué dans la 1^{ère} génération un taux de germination au 10^{ème} jour de 100 % chez les 07 populations suivantes L1, L4, L5, L6, L7, L9, L19. Le taux le plus bas est de 72 % de graines germées. Il est obtenu par la population L23. La moyenne de l'espèce est de 94,96 %. Elle est supérieure à celle de 07 populations des les 24 testées.

Pour ce caractère, les moyennes des populations testées de la 2^{ème} génération ne diffèrent pas significativement entre elles. Pour les populations L9 et L14, les taux de germination passent, au 5^{ème} jour de 0 %, à respectivement 17 et 16 % au 10^{ème} jour.

Pour la 3^{ème} génération, les taux de germination des graines au 10^{ème} jour sont compris entre 0 % (L25) et 89 % (L22). Néanmoins, le plus grand nombre des populations possède des taux qui varient entre 8,56 % et 54,02 %. Les moyennes prises par 11 populations sur les 24 testées sont supérieures à celles de l'espèce qui est de 31,29 % de graines germées. Les 24 populations sont réparties sur deux groupes se chevauchant.

*** *Scorpiurus subvillosus* :**

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation étant de 25,50 %. La différence inter génération est très hautement significative. Les trois générations appartiennent à trois groupes distincts A, B, et C. Pour la germination au 10^{ème} jour, les trois générations donnent en moyenne de l'espèce, des taux de germination des graines nettement différents l'un de l'autre. Chaque génération est incluse dans un des trois groupes cités. Ce qui reflète une forte variabilité entre les générations. Les taux de germination enregistrés sont par ordre décroissant de 96,5 % pour la 1^{ère} génération, 51,63 % pour la 3^{ème} génération et 37,75 % pour la 2^{ème} génération. Les valeurs des trois générations citées ci-dessus représentent respectivement les groupes A, B, et C (tableau 46).

Tableau 46 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère Tg 10^{ème} j.

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
96.5% (A)	51.63% (B)	33.75% (C)	34.92***	60,63%	15,47	25,50%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Dans la 1^{ère} génération, les populations B4, B5, B6, B8, présentent des taux de germination des graines de 100 %. Cette dernière a diminué dans les autres générations. Le taux de diminution varie entre 25 % et 50 % suivant les populations.

La variabilité intra génération de la 1^{ère} génération est faible. Le coefficient de variation est égal à 4,77 %. Celles des 2^{ème} et 3^{ème} générations sont fortes. Leurs coefficients de variation sont respectivement de 38,51 % et 41,10 %.

Les populations B4, B5, B6, B8 de la 1^{ère} génération germent à 100 % au 10^{ème} jour. La moyenne de l'espèce est de 96,5 %. Elle est supérieure à celle d'une seule population la B2. La valeur de celle dernière est de 87 %.

Dans la 2^{ème} génération, le taux de germination des graines au 10^{ème} jour varie entre 17 % et 61 %. Ces taux sont enregistrés respectivement par les populations B6 et B1. La population B6 paraît différente des populations B2 et B5. Ces dernières présentent des taux de germination qui passent de 0 % obtenu au 5^{ème} jour à respectivement 22 % et 37 % au 10^{ème} jour. Au seuil 5 %, la différence intra génération n'est pas significative.

Dans la 3^{ème} génération, la différence inter population est significative au seuil 01 %. Pour cette espèce, nous avons constaté pour l'ensemble des populations des taux de germination qui dépassent la moyenne des 25 %. Cette dernière représente la valeur minimale. Elle est obtenue par la population B4. Le taux maximal de graines germées est de 78 %. Il est enregistré chez les populations B3 et B8. La moyenne de l'espèce est de 51,63 %. Elle est inférieure à celle de 50 % des populations testées.

3.3.3.2.3. La vitesse de germination : V.G.

Vitesse de germination chez les trois espèces.

**Scorpiurus vermiculatus* :

La variabilité inter génération est très forte. Le coefficient de variation est de 50 %. La différence est très hautement significative. Le classement des générations, grâce au test de Newman-Keuls au seuil 5 % permet d'identifier trois groupes distincts A, B et C.

Pour ce caractère, dans la 1^{ère} génération, la vitesse de germination en moyenne de l'espèce est évaluée à 4,18 graines par jour. Cette génération occupe à elle seule le groupe A. Les groupes B et C représentent respectivement la 3^{ème} et 2^{ème} générations. Les vitesses de germination enregistrées dans ces dernières sont respectivement de 2,77 g/j et 1,23 g/j. La vitesse de germination de la 1^{ère} génération représente le double de la 3^{ème}, et plus du triple de la 2^{ème} (tableau 47).

Tableau 47 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. vermiculatus* pour la variabilité inter génération du caractère V.G. .

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
4.18 g/j (A)	2.77 g/j (B)	1.23 g/j (C)	18.79***	2.73 g/j	1,36	50,00%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La variabilité inter population est forte à très forte. Les coefficients de variation sont de 25,4 % dans la 1^{ère} génération et de 88,14 %, 84,27 % respectivement dans les 2^{ème} et 3^{ème} (Annexe 3.4).

La plus grande vitesse de germination constatée chez la 1^{ère} génération est remarquée chez la population V2 (6,10g/j), la population V15 donne la vitesse de germination la plus faible (3,40 g/j). Les moyennes des vitesses de germination prises par 05 populations sur 15 sont plus élevées que celles de l'espèce. La moyenne de cette dernière est de 4,48 g/j.

Dans la 2^{ème} génération, l'espèce *S. vermiculatus*, en comparaison avec les deux autres espèces testées, enregistre des vitesses de germination très basses, voire même nulles ; comme le cas de la population VI. La meilleure vitesse de germination est enregistrée chez la population V12 (3,78 g/j). Cette population montre un taux nul en graines germées au 5^{ème} jour de l'essai. Au 10^{ème} jour, grâce à cette vitesse de germination, cette même population enregistre un taux maximal de graines germées (23 %). La moyenne de l'espèce est de 1,23 g/j. Les moyennes des vitesses de germination enregistrées par 09 populations sur 16 sont inférieures à cette valeur.

Dans la 3^{ème} génération, les vitesses de germination minimale et maximale sont enregistrées respectivement chez tes populations V13 et V3. Ces vitesses sont respectivement de 0,16 g/j et 6,56 g/j. La moyenne de l'espèce est de 2,77 g/j. Parmi les 16 populations étudiées, 10 présentent des vitesses de germination inférieures à cette dernière. Toutefois, chez les 03 populations suivantes V3, V8 et V12, des vitesses de germination supérieures à 6 g/j sont notées.

* *Scorpiurus sulcatus* :

La variabilité inter génération est forte. Le coefficient de variation est de 53,5 %. La différence est hautement significative. Les trois générations se classent en deux groupes A et B.

La 1^{ère} génération vient en tête et représente le groupe A qui est caractérisé par une vitesse de germination de 5,49 graines germées par jour (g/j). La 3^{ème} génération se trouve en position intermédiaire avec 4,51g/j. Elle appartient à la fois aux groupes A et B.

La 2^{ème} génération appartient au groupe B. Elle montre une vitesse de germination de 3,15g/j (tableau 48).

Tableau 48 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. sulcatus* pour la variabilité inter génération du caractère V.G. .

GI	GIII	GII	F	Moy.	E.T.	C.V.
5.49 g/j (A)	4.51 g/j (A, B)	3.15 g/j (B)	6.01**	4.38 g/j	2,34	53,50%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

Dans la 1^{ère} génération la variabilité inter populations est moyenne, le coefficient de variation est égal à 18,27 %. Elle est très forte dans les 2^{ème} et 3^{ème} générations. Leurs coefficients de variation sont respectivement de 73,78 % et 68,36 % (Annexe 3.5).

Dans la 1^{ère} génération, les vitesses de germination minimale et maximale sont respectivement de 3,5 g/j et 8,80 g/j. Elles sont obtenues, respectivement, par les populations L23 et L5. Plus de la moitié des populations étudiées, soit 54 %, montrent des vitesses de germination supérieures à 5,49 g/j. Cette valeur représente la moyenne de l'espèce. La population L23 dont les taux de germination aux 5^{ème} et 10^{ème} jour sont les plus bas, donne aussi la vitesse de germination la plus petite.

Pour ce qui est de la 2^{ème} génération, la plus basse et la plus élevée des vitesses de germination sont enregistrées chez les populations L20 et L23, elles sont respectivement de 0,58 g/j et 10,95 g/j. Cependant, pour le plus grand nombre des populations, la vitesse de germination est comprise entre 4,96 g/j et 2,22 g/j. La moyenne enregistrée est de 3,15g/j. Elle est supérieure à celle des 15 populations sur les 24 testées.

En ce qui concerne la 3^{ème} génération, les vitesses de germination minimale et maximale sont évaluées respectivement à 0 g/j et 12,16g/j. Ces valeurs sont enregistrées respectivement chez les populations L25 et L21. Un grand nombre des populations étudiées de cette espèce présente des vitesses comprises entre 3,44 et 6,78 g/j. La moyenne de l'espèce est de 4,50g/j. Les moyennes de 13 populations sur 24 sont inférieures à cette dernière.

*** *Scorpiurus subvillosus* :**

Pour cette espèce, le coefficient de variation est supérieur à 100 %, La différence entre les générations n'est pas significative au niveau 5 % (tableau 49).

Tableau 49 : Résultats de l'analyse de la variance de l'espèce *S. subvillosus* pour la variabilité inter génération du caractère V.G. .

GII	GIII	GI	F	Moy.	E.T.	C.V.
12.95 g/j	6.67 g/j	4.45 g/j	0,85	8.02 g/j	13,49	168,20%

NS : Non significative ; * : Significative à 5 % ; ** : Hautement significative ; *** : Très hautement significative

La variabilité inter population est moyenne pour la 1^{ère} génération. Elle est forte pour les 2^{ème} et 3^{ème} générations. Les coefficients de variation sont respectivement de 17,8 %, 28,72 % et 39,92 % (Annexe 3.6).

La moitié des populations de la 1^{ère} génération, soit 50 % de l'effectif, présente une vitesse de germination supérieure à la moyenne de l'espèce. Celle-ci est égale à 4,45g/j. Les vitesses extrêmes sont de 3,60g/j et 5,50g/j. Elles sont enregistrées respectivement chez les populations B7 et B2.

Pour la 2^{ème} génération, la vitesse de germination moyenne de l'espèce est de 5,07g/j. Nous avons remarqué pour la population B1 une vitesse de 7,7g/j. Ce résultat lui permet d'avoir le maximum de graines germées au 10^{ème} jour, soit 61 %.

Dans la 3^{ème} génération, la vitesse moyenne de l'espèce est de 6,67g/j. Elle est inférieure aux moyennes de 50 % des populations étudiées. Chez les populations B6 et B4, nous avons noté des vitesses de germination qui valent respectivement, pour la plus basse 10,36 g/j et pour la plus élevée 2,93g/j.

3.3.4. Les corrélations

L'examen des matrices de corrélations (Annexe 4) met en lumière des relations importantes. Ces dernières sont obtenues d'une part, entre les caractères pris en compte, et d'autre part, entre ces derniers et les facteurs du milieu d'origine des populations testées. Ceci est remarqué pour chaque génération, et chez chacune des espèces étudiées.

3.3.4.1. Les relations entre les caractères testés

Nous avons constaté que les populations qui présentent un poids moyen d'une gousse faible, donnent un poids faible de 1000 graines, et vice versa. Ce résultat est noté chez les trois générations de l'espèce *S. vermiculatus* et l'espèce *S. sulcatus*, ainsi que la 3^{ème} génération de *S. subvillosus*.

Les populations de la 1^{ère} génération de *S. vermiculatus* dont le poids fort de 1000 graines présentent un rapport poids des graines sur le poids fort des gousses. Celles de la 1^{ère} génération de *S. sulcatus* qui ont un poids fort de 1000 graines présentent un rapport poids des graines sur le poids faible des gousses. Les populations de la 3^{ème} génération de *S. vermiculatus*, des 2^{ème} et 3^{ème} générations de *S. sulcatus*, caractérisées par un poids faible de 1000 graines, sont aussi caractérisées par un nombre de graines par gousse et un nombre élevé de graines saines par gousse.

Les populations de la 3^{ème} génération de *S. vermiculatus* qui donnent un nombre élevé de graines saines par gousse présentent un nombre fort de graines par gousse et un nombre réduit de graines bruchées par gousse. Celles de la 2^{ème} génération de *S. vermiculatus* et des 2^{ème} et 3^{ème} générations de *S. sulcatus* caractérisées par un nombre élevé de graines par gousse, engendrent un nombre fort de graines saines par gousse.

Chez la 3^{ème} génération de *S. subvillosus*, les populations ayant un nombre élevé de graines saines par gousse, engendrent également un nombre de graines par gousse et un poids moyen d'une gousse tous les deux élevés.

Les populations de la 2^{ème} génération de *S. sulcatus* ayant un nombre de graines par gousse et un nombre élevé de graines saines par gousse, présentent un rapport poids des graines sur le poids faible des gousses.

Les populations de la 2^{ème} génération de *S. sulcatus* et de *S. vermiculatus*, qui présentent un rapport poids des graines sur le poids des gousses fort, présentent aussi un nombre élevé de graines saines par gousse. Celles de la 2^{ème} génération de *S. vermiculatus*, ont le rapport poids des graines sur le poids des gousses et le nombre de graines saines, qui évoluent dans le même sens.

Chez la 2^{ème} génération de *S. vermiculatus*, nous avons remarqué que les populations sensibles à l'échaudage sont également sensibles aux attaques des bruches.

Les populations de la 2^{ème} génération de *S. sulcatus* dont le nombre de graines par gousse est élevé présentent un nombre faible de graines échaudées par gousse.

Les populations appartenant aux générations GII de *S. vermiculatus* et *S. subvillosus* et celles des 2^{ème} et 3^{ème} générations de *S. sulcatus* ont le rapport poids des graines sur le poids des gousses et le nombre de graines bruchées par gousse qui évoluent dans des sens opposés.

Pour les 2^{ème} générations de *S. vermiculatus* et *S. sulcatus*, les populations pour lesquelles nous avons constaté un nombre fort de graines saines, présentent un nombre réduit de graines bruchées par gousse.

Pour la 2^{ème} génération de *S. vermiculatus*, les populations caractérisées par un nombre réduit de graines échaudées par gousse, sont caractérisées par un nombre élevé de graines saines par gousse.

Pour le reste des caractères des gousses et des graines, les corrélations ne sont pas significatives et montrent que ces caractères sont indépendants les uns des autres.

Chez la 3^{ème} génération de *S. vermiculatus*, la dureté des graines est corrélée au niveau 5 %, dans le même sens avec le poids de 1000 graines et la germination des graines au 5^{ème} jour. Chez la même génération et la même espèce, la dureté des graines est corrélée au niveau 5 %, dans des sens opposés avec le nombre de graines par gousse, la germination des graines au 10^{ème} jour et la vitesse de germination.

Au seuil 1 %, nous avons constaté des corrélations positives entre le nombre de graines par gousse, le nombre de graines saines par gousse et la dureté des graines. Une corrélation négative au niveau 5 % est enregistrée entre cette dernière et le poids de 1000 graines pour la 2^{ème} génération de *S. sulcatus*. Au même seuil de signification que précédemment, la dureté des graines chez la 1^{ère} génération de *S. subvillosus* est corrélée négativement avec la germination des graines au 5^{ème} jour.

La germination au 5^{ème} jour dans *S. vermiculatus* est corrélée négativement aux seuils, respectivement, 1 % avec le poids moyen d'une gousse et le poids de 1000 graines de la 1^{ère} génération, et 5 % avec le poids moyen d'une gousse de la 3^{ème} génération.

Pour la 3^{ème} génération de *S. vermiculatus*, la vitesse de germination est corrélée positivement au seuil 0,1 % avec la germination au 10^{ème} jour. Au niveau 5 %. Cette dernière est liée positivement avec la germination au 5^{ème} jour et le nombre de graines par gousse. Chez la même génération de la même espèce, nous avons constaté des corrélations négatives respectivement au seuil 1 % avec le poids de 1000 graines et au seuil 5 % avec le poids moyen d'une gousse.

La germination au 10^{ème} jour chez les trois générations de *S. sulcatus* et chez les 2^{ème} et 3^{ème} générations de *S. subvillosus*, évolue dans le même sens avec la germination au 5^{ème} jour.

La germination au 10^{ème} jour est corrélée positivement au seuil 0,1 % avec la vitesse de germination. Elle est aussi liée au seuil 1 % avec le nombre de graines bruchées par gousse respectivement pour les deux générations GII et GIII de *S. sulcatus* et pour la 2^{ème} génération de *S. subvillosus*.

Chez la 1^{ère} génération de *S. sulcatus*, au seuil 5 % la germination au 10^{ème} jour évolue dans le même sens que le rapport poids des graines sur le poids des gousses.

La vitesse de germination des graines est corrélée positivement au seuil 1 % avec la germination au 5^{ème} jour, pour les 1^{ères} générations de *S. vermiculatus* et *S. sulcatus*.

Au seuil 0,1 %, la vitesse de germination évolue dans le même sens que la germination au 10^{ème} jour pour les 2^{ème} et 3^{ème} générations de *S. subvillosus*. Le même résultat est également noté chez la 2^{ème} génération de *S. vermiculatus*.

La vitesse de germination des graines est associée positivement au niveau 5 % avec le nombre de graines bruchées par gousse dans la 2^{ème} génération de *S. subvillosus*. Elle est également corrélée positivement et au même seuil de signification avec le nombre de graines par gousse chez la 3^{ème} génération de *S. vermiculatus*. Pour cette dernière et au même niveau de signification, une relation à sens opposé est constatée entre le poids moyen d'une gousse et la vitesse de germination des graines. Entre cette dernière et le poids de 1000 graines, une relation à sens opposé est remarquée, au seuil 5 %, chez la 3^{ème} génération de *S. vermiculatus*.

3.3.4.2. Les relations entre les caractères testés et les facteurs du milieu d'origine des populations étudiées (Altitude et Pluviométrie)

3.3.4.2.1. Chez *S. sulcatus*

* L'altitude :

Pour la 2^{ème} génération de cette espèce, au seuil 5 %, nous avons constaté une corrélation positive entre l'altitude et le nombre de graines par gousse ($r = 0,432$).

*** La pluviométrie :**

Pour cette même espèce et au même niveau de signification, nous avons constaté dans la 2^{ème} génération (GII) une corrélation négative entre la pluviométrie et le nombre de graines par gousse ($r = -0,499$).

3.3.4.2.2. Chez *S. subvillosus*

*** L'altitude :**

L'altitude est corrélée négativement au niveau 5 % avec le nombre de graines par gousse ($r = -0,676$) dans la 3^{ème} génération.

*** La Pluviométrie :**

Au seuil 1 %, dans la 2^{ème} génération, des corrélations significatives positives sont enregistrées entre le rapport poids des graines sur le poids des gousses et la pluviométrie. Dans la même génération et au même seuil, une corrélation positive est notée entre cette dernière et la vitesse de germination. Les coefficients de corrélation sont respectivement égaux à $r = 0,874$ et $r = 0,792$.

Des corrélations négatives sont obtenues entre la pluviométrie et le nombre de graines par gousse au seuil 1 % et au seuil 5 % respectivement pour la 2^{ème} génération ($r = -0,883$) et la 3^{ème} ($r = -0,778$).

Pour la 3^{ème} génération de cette espèce, nous avons constaté que la pluviométrie est corrélée négativement avec le nombre de graines par gousse au seuil 5 % ($r = -0,717$).

Nous avons également constaté chez la 1^{ère} génération de *S. subvillosus* des liens significatifs, positifs au seuil 1 %, entre le taux de graines dures et la pluviométrie ($r = 0,899$). Des liens négatifs sont également enregistrés entre cette dernière et la germination au 5^{ème} jour ($r = -0,849$).

3.3.4.2.3. Chez *S. vermiculatus*

*** L'Altitude :**

Chez cette espèce, aucune corrélation significative n'est enregistrée entre l'altitude et les caractères testés.

*** La Pluviométrie :**

Au seuil 5 %, nous avons constaté dans la 2^{ème} génération une association négative entre le poids moyen d'une gousse et la pluviométrie ($r = -0,532$). Une corrélation positive entre cette dernière et le nombre de graines par gousse ($r = 0,498$) est également enregistrée.

3.3.4.3. L'analyse factorielle des correspondances

3.3.4.3.1. Chez le genre *Scorpiurus*

*** Dans la première génération (Figure 23)**

Les axes 01 et 02 représentent 98,9 % d'informations, quatre groupes peuvent être reconnus :
+ Le premier axe oppose deux groupes; le groupe I et le groupe II :

Le 1^{er} groupe est représenté par les populations : V1, V2, V3, V6, V7, V11, V12, V13, V15, V16, V17. Il est caractérisé par :

- Un poids d'une gousse moyen
- Un nombre de graines par gousse faible
- Un poids de 1000 graines fort
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses faible
- Un taux de graines dures fort
- Un taux de germination au 5^{ème} jour faible

Le 2^{ème} groupe est représenté par les populations : B6, L1, L2, L4, L6, L7, L13, L14, L15, L17, L20, L25. Il est caractérisé par :

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines faible
- Un taux de germination au 5^{ème} jour fort

+ Selon le deuxième axe, les groupes III et IV s'opposent :

Le 3^{ème} groupe est représenté par les populations: L4, L20, L25. Il est caractérisé par:

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines faible
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses moyen
- Une vitesse de germination faible
- Ces populations semblent originaires des régions à pluviométrie moyenne

Le 4^{ème} groupe est représenté par les populations: L2, L23, B6. Il est caractérisé par:

- Un nombre de graines par gousse fort
- Un nombre de graines bruchées par gousse fort
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses faible
- Un taux de graines dures faible
- Un taux de germination au 5^{ème} jour fort
- Une vitesse de germination forte

*** Dans la deuxième génération (Figure 24)**

Les axes 01 et 02 représentent 89,30 % d'informations, quatre groupes peuvent apparaître :

+ Selon le premier axe, les deux groupes I et II s'opposent :

Le 1^{ier} groupe est représenté par les populations : V1, V2, V5, V6, V7, V8, V10, V11, V12, V13, V15, V16.

Ce groupe est caractérisé par :

- Un poids moyen d'une gousse fort
- Un poids de 1000 graines fort
- Un nombre de graines bruchées par gousse faible
- Un taux de germination au 10^{ème} jour faible

Le 2^{ème} groupe est représenté par les populations: B1, B6, L4, L6, L13, L14, L17, L20, L22, L24, L26, L27. Il est caractérisé par : un poids moyen d'une gousse faible

+ Selon le deuxième axe, nous avons pu reconnaître deux groupes III et IV :

Le 3^{ème} groupe est représenté par les populations : B3, B8, L18, et se caractérise par :

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines faible

Le 4^{ème} groupe est représenté par les populations: B2, B5, L1, L9, L10, L11, L25. Ce groupe est caractérisé par :

- Un poids moyen d'une gousse moyen
- Un poids de 1000 graines moyen
- Un nombre de graines échaudées par gousse faible
- Un nombre de graines bruchées par gousse fort

*** Dans la troisième génération (Figure 25)**

Les axes 01 et 02 représentent 90 % d'informations, quatre groupes peuvent être reconnus
+ Selon le premier axe, deux groupes s'opposent, le premier (I) et le second (II) :

Le 1^{er} groupe contient les populations suivantes: B6, L4, L11, L13, L22, L26, L27 est caractérisé par :

- Un nombre de graines par gousse faible
- Un poids de 1000 graines faible
- Un taux de graines dures fort

Le 2^{ème} groupe représente les populations V1, V2, V5, V6, V9, V13, V15, et se caractérise par :

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines fort
- Un nombre de graines par gousse moyen
- Un nombre de graines bruchées par gousse faible
- Un taux de germination au 5^{ème} jour faible
- Un taux de germination au 10^{ème} jour faible
- Une vitesse de germination faible

+ Selon le 2^{ème} axe, les groupes III et IV apparaissent :

Le 3^{ème} groupe est représenté par les populations: B2, B4, B5, B7, B8; et se caractérise par :

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines moyen
- Un nombre de graines par gousse faible
- Un nombre de graines échaudées par gousse fort
- Un nombre de graines saines par gousse faible
- Un taux de graines dures faible
- Ces populations semblent originaires des régions à pluviométrie moyenne

Le 4^{ème} groupe renferme les populations suivantes : L6, L7, L8, L9, L17; il est caractérisé par:

- Un poids moyen d'une gousse fort
- Un poids de 1000 graines fort
- Un nombre de graines par gousse fort
- Un nombre de graines saines par gousse fort
- Un taux de graines dures fort

3.3.4.3.2. Chez l'espèce *S. vermiculatus*

* *Dans la première génération* (Figure 26)

Les axes 01 et 02 représentent 85 % d'informations, quatre groupes peuvent être reconnus:

+ Selon l'axe 01, deux groupes s'opposent (I) et (II) :

Le 1^{er} groupe est représenté par les populations : V2, V6, V16, V12, et se caractérise par :

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines faible
- Un taux de germination au 5^{ème} jour fort
- Une vitesse de germination forte
- Ces populations semblent provenir des régions à pluviométrie moyenne

Le 2^{ème} groupe est représenté par les populations : V3, V8, V10 et se caractérise par :

- Un poids moyen d'une gousse fort
- Un poids de 1000 graines fort
- Un taux de graines dures moyen
- Un taux de germination au 5^{ème} jour faible
- Ces populations semblent provenir des régions à pluviométrie et altitudes faibles

+ Selon l'axe 02, les deux groupes (III) et (IV) s'opposent :

Le 3^{ème} groupe est représenté par les populations : V4, V14. Il se caractérise par :

- Un poids moyen d'une gousse fort
- Un nombre de graines par gousse fort
- Un taux de graines dures faible
- Un taux de germination au 10^{ème} jour fort

Le 4^{ème} groupe est représenté par les populations: V1, V6, V13, V15. Il est caractérisé par :

- Un taux de graines dures fort
- Un nombre de graines par gousse faible
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses faible
- Un taux de germination aux 10^{ème} jour moyen
- Un poids moyen des gousses

* *Dans la deuxième génération* (Figure 27)

Les axes 01 et 02 représentent 78 % d'informations, quatre groupes peuvent être reconnus :

+ Selon l'axe 01, le 1^{er} et le 2^{ème} groupes s'opposent

Le 1^{er} groupe est représenté par les populations: V4, V7, V11, V12, V16, et se caractérise par :

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un taux de germination au 10^{ème} jour fort
- Une vitesse de germination forte
- Ces populations semblent provenir des régions à faible pluviométrie et moyenne altitude.

Le 2^{ème} groupe est représenté par les populations: V1, V3, V6, et se caractérise par :

- Un poids moyen d'une gousse fort
- Un poids de 1000 graines fort
- Un nombre de graines par gousse fort
- Un nombre de graines échaudées par gousse faible
- Un nombre de graines bruchées par gousse faible

- Un nombre de graines saines par gousse fort
- Un taux de germination au 5^{ème} jour faible
- Ces populations semblent provenir des régions à faible altitude

+ Selon le 2^{ème} axe, le 3^{ème} et 4^{ème} groupes s'opposent :

Le 3^{ème} groupe représente les populations ; V10, V11. Il est caractérisé par :

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines faible
- Un nombre de graines échaudées par gousse faible
- Un taux de germination au 10^{ème} jour faible
- Un nombre de graines bruchées par gousse faible

Le 4^{ème} groupe regroupe les populations : V7, V12, V15, et se caractérise par :

- Un poids de 1000 graines faible
- Un taux de germination au 5^{ème} jour faible
- Un taux de germination au 10^{ème} jour fort
- Une vitesse de germination forte
- Ces populations semblent provenir des régions à faibles altitudes

*** Dans la troisième génération (Figure 28)**

Les axes 01 et 02 représentent 81 % d'informations, quatre groupes peuvent apparaître :

+ Selon l'axe 01, les groupes (I) et (II) s'opposent :

Le 1^{er} groupe est représenté par les populations V1, V2, V10, V15, V16. Il est caractérisé par :

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines fort
- Un nombre de graines bruchées par gousse moyen
- Un taux de graines dures fort
- Un taux de germination au 10^{ème} jour faible
- Une vitesse de germination faible

Le 2^{ème} groupe est représenté par les populations : V3, V8, V9, V11, V12. Il est caractérisé par:

- Un poids de 1000 graines faible
- Un nombre de graines par gousse fort
- Un taux de germination au 10^{ème} jour fort
- Une vitesse de germination forte
- Ces populations semblent originaires des régions d'une altitude faible

+ Selon l'axe 02, deux groupes s'opposent; le (III) et le (IV):

Le 3^{ème} groupe est représenté par les populations V2, V8 ; il est caractérisé par:

- Un nombre de graines par gousse fort
- Un nombre de graines échaudées par gousse fort
- Un nombre de graines saines par gousse fort
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses fort
- Ces populations semblent originaires des régions à pluviométrie moyenne

Le 4^{ème} groupe est représenté par les populations V6, V9. Il est caractérisé par:

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines faible

- Un nombre de graines par gousse faible
- Un nombre de graines bruchées par gousse faible
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses moyen
- Ces populations semblent provenir des régions à faibles altitudes et fortes pluviométries.

3.3.4.3.3. Chez les deux espèces *S. sulcatus* et *S. subvillosus*

* Dans la première génération (Figure 29)

Les axes 01 et 02 représentent 88,1 % d'informations, quatre groupes peuvent être reconnus ;

+ Selon le 1^{er} axe, deux groupes s'opposent; le 1^{er} et le 2^{ème}

Le 1^{er} groupe est représenté par les populations L6, L7, L10, L13, L21, L26 ; il est caractérisé par:

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un taux de germination au 5^{ème} jour fort
- Un taux de germination au 10^{ème} jour faible

Le 2^{ème} groupe est représenté par les populations L4, L5, L16, L17; il est caractérisé par :

- Un taux de graines dures moyen
- Un poids moyen d'une gousse moyen
- Un taux de germination au 5^{ème} jour fort
- Un taux de germination au 10^{ème} jour faible
- Une vitesse de germination forte
- Ces populations semblent provenir des régions à faibles pluviométries

+ Selon le 2^{ème} axe, deux groupes s'opposent; le 3^{ème} et le 4^{ème}

Le 3^{ème} groupe est représenté par les populations L2, L8, L16, L23 : il est caractérisé par :

- Un taux de graines dures moyen
- Un taux de germination au 5^{ème} jour faible
- Un taux de germination au 10^{ème} jour faible
- Un poids de mille graines faible
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses faible

Le 4^{ème} groupe est représenté par les populations L1, L3, L11, L19, L25, B8: il est caractérisé par :

- Un poids moyen d'une gousse fort
- Un taux de germination au 5^{ème} jour moyenne
- Un taux de germination au 10^{ème} jour moyenne
- Un poids de mille graines moyen
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses fort
- Ces populations semblent provenir des régions à pluviométrie faible

* Dans la deuxième génération (Figure 30)

Les axes 01 et 02 représentent 75,8 % d'informations, trois groupes peuvent être reconnus :

+ Selon l'axe 01, deux groupes s'opposent; le 1^{er} et le 2^{ème}

Le 1^{er} groupe est représenté par les populations B1, B7, B8, L1, L7, L23 ; il est caractérisé par:

- Un taux de germination au 5^{ème} jour fort
- Un taux de germination au 10^{ème} jour fort

- Une vitesse de germination forte

Le 2^{ème} groupe est représenté par les populations: B3, B4. Ce groupe se caractérise par :

- Un poids de mille graines fort
- Un nombre de graines échaudées par gousse faible
- Un nombre de graines bruchées par gousse faible
- Un nombre de graines saines par gousse fort
- Un taux de germination au 5^{ème} jour faible
- Un taux de germination au 10^{ème} jour faible
- Ces populations semblent provenir des régions à pluviométrie moyenne.

+ Selon l'axe 02, 1 seul groupe est reconnu, il s'agit du (III);

Le 3^{ème} groupe est représenté par les populations : B1, B5. Il est caractérisé par :

- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un poids de 1000 graines faible
- Un nombre de graines par gousse moyen
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses fort
- Ces populations semblent provenir des régions à pluviométrie moyenne

*** Dans la troisième génération (Figure 31)**

Les axes 01 et 02 représentent 82 % d'informations, deux groupes seulement, (I) et (II), peuvent être reconnus :

+ Selon le 1^{er} axe, deux groupes s'opposent; le 1^{er} et le 2^{ème}

Le 1^{er} groupe est représenté par les populations : L4, L5, L7, L9, L12, L16, L24. Ce groupe est caractérisé par :

- Un taux de germination au 5^{ème} jour fort
- Un taux de germination au 10^{ème} jour fort
- Une vitesse de germination forte

Le 2^{ème} groupe est représenté par les populations: L2, L15, L21, L23. Ce groupe se caractérise par :

- Un poids de mille graines faible
- Un poids moyen d'une gousse faible
- Un taux de germination au 5^{ème} jour faible
- Un taux de germination au 10^{ème} jour faible
- une vitesse de germination faible

+ Selon le 2^{ème} axe, deux groupes s'opposent; le 3^{ème} et le 4^{ème}

Le 3^{ème} groupe est représenté par les populations : L6, L16, L17, L18, L25. Il est caractérisé par :

- Un poids de mille graines moyen
- Un nombre de graines par gousse fort
- Un taux de graines dures moyen
- Un rapport poids des graines sur le poids des gousses moyen

Le 4^{ème} groupe est représenté par les populations L10, L11, L24, L27: il est caractérisé par :

- Un poids moyen d'une gousse fort
- Une vitesse de germination moyenne
- Un taux de germination au 10^{ème} jour moyenne
- Un nombre de graines par gousse faible
- Un poids de mille graines fort

3.4. Héritabilité

Nous Rappelons que H et h^2 sont les coefficients d'héritabilité. H est calculé par la méthode de la corrélation; h^2 est estimé par la méthode de régression.

3.4.1. Chez *Scorpiurus vermiculatus*

Cette espèce présente des taux d'héritabilité dont l'importance est variable. En effet, cette dernière change d'une génération à une autre et d'un caractère à un autre. Dans GII-GI- les h^2 du PMG et du P1000g sont moyens. Ils sont respectivement de 15.20 % et 21.61 %. Dans GIII-GII, le PMG présente un faible h^2 ; il est évalué à 5.33 %. Dans GIII-GII, le P1000g montre un h^2 moyen. Il est estimé à 15.74 %. Les h^2 estimés dans GIII-GII pour le R:Pg/PG et le Ng/G sont élevés ; ils valent respectivement 34.56 % et 32.91 %. Ces mêmes caractères (R:Pg/PG et le Ng/G) présentent dans GII-GI, des h^2 égales à zéro.

Les h^2 estimés pour le Nge/G et le Ngb/G sont très faibles dans GIII-GII. Dans cette dernière, le h^2 calculé pour le Ngs/G est de 22.74 %. Des h^2 supérieurs à 100 % sont enregistrés dans GII-GI pour le taux de graines dures et dans GIII-GII pour le taux de germination au 10^{ème} jour et la vitesse de germination. Ces taux sont évalués respectivement à 122.12 %, 147.72 % et 120.82 %.

Le h^2 très faible (00.02 %) estimé dans GII -GI pour le taux de germination au 5^{ème} jour est devenu très fort dans GUI - GII, soit 79.5 %.

A l'exception du rapport poids des graines sur le poids des gousses de la GII-GI, les H gardent la même signification que h^2 . Cette observation est valable dans GII-GI ou GIII-GII pour le PMG, le P1000g et le Ng/G. Il va de même pour le R:Pg/PG- le Ngs/G. le Ngb/G, dans la GIII-GII. Les H estimés dans GII-GI ou dans GIII-GII, pour le poids moyen d'une gousse PMG, le poids de mille graines P1000g, le nombre de graines par gousse Ng/G et, uniquement, dans GIII-GII pour le rapport poids des graines sur poids des gousses R:Pg/PG, le nombre de graines saines par gousse Ngs/G, le nombre de graines échaudées par gousse Nge/G, et le nombre de graines bruchées par gousse Ngb/G gardent la même signification que les h^2 .

Une grande différence est notée entre les h^2 et les H dans GII-GI et GIII-GII. Ces résultats concernent le taux de graines dures, le taux de germination au 5^{ème} jour, le taux de germination au 10^{ème} jour, et la vitesse de germination.

Les h^2 estimés dans GIII-GII sont inférieurs à ceux calculés dans GII-GI. Ces résultats sont constatés pour le poids moyen d'une gousse PMG, le poids de mille graines P1000g, le taux de graines dures. Cependant, pour le rapport poids des graines sur le poids des gousses R:Pg/PG, le nombre de graines par gousse Ng/G, le taux de germination au 5^{ème} jour, le taux de germination au 10^{ème} jour et la vitesse de germination ; c'est le contraire qui est observé.

Pour cette espèce et pour les caractères liés aux gousses et aux graines, les coefficients d'héritabilité estimés par les coefficients de régression (h^2) et ceux estimés par les coefficients de corrélation (H) diffèrent peu. Ceci est remarqué dans GII-GI ainsi que dans GIII-GII. Toutefois, des h^2 inférieurs aux H, pour le R:Pg/ PG, Ng/G, Ngs/ G, Nge/G sont constatés dans GII-GI et GIII-GII.

Des h^2 supérieurs aux H sont notés pour le taux de graines dures dans GII-GI, GIII-GII. Les mêmes résultats sont obtenus dans GIII-GII pour le taux de germination au 5^{ème} jour, le taux de germination au 10^{ème} jour, et la vitesse de germination. Alors que dans GII-GI, c'est le contraire qui est constaté, pour le taux de germination au 5^{ème} jour, le taux de germination au 10^{ème} jour et la vitesse de germination.

A l'exception du R:Pg/PG, le Ng/ G et le Ngs/G de la GIII-GII dont les coefficients de détermination R^2 sont respectivement de 0,167, 0,276 et 0,295, les autres caractères ont des R^2 très faibles. Ces derniers ne dépassent pas le 0,076, que se soit dans GII- GI ou dans GIII-GII.

Pour les caractères relatifs à la germination, les R^2 oscillent entre 0,0025 sont obtenus dans GIII-GII et 0,1729 notés dans GII-GI. Ces deux valeurs représentent les coefficients de détermination le plus bas et le plus élevé. Ils sont enregistrés respectivement pour le taux de graines dures et le taux de germination au 10^{ème} jour.

3.4.2. Chez *Scorpiurus sulcatus*

L'estimation des coefficients d'héritabilité par la méthode de coefficient de régression montre des résultats variables d'un caractère à un autre. En effet, des h^2 forts sont enregistrés à la fois dans GII-GI et GIII-GII pour, le PMG, le P1000g, le Ng/G. Dans GIII-GII, le taux de graines dures, les taux de germination au 5^{ème} et au 10^{ème} jours, ainsi que la vitesse de germination engendrent également des h^2 forts

Des h^2 moyens sont obtenus dans GIII-GII pour le Ngb/G, Tgd. Le Nge/G de GIII-GII présente des h^2 très faibles.

Des h^2 négatifs sont notés dans GIII-GII, pour le R:Pg/PG et dans GII-GI, pour le Tgd, les taux de germination aux 5^{ème} et 10^{ème} jours, ainsi que la vitesse de germination.

Des H forts sont observés à la fois dans GII-GI et GIII-GII, pour le PMG, P1000g, et le Ng/G. Des résultats similaires sont obtenus dans GIII-GII, pour le Ngs/G, le taux de germination au 5^{ème} jour. Pour l'ensemble des caractères précités, h^2 et H sont tous les deux forts.

Dans GIII-GII, les coefficients d'héritabilité h^2 et H obtenus pour le Nge/G sont respectivement faibles et moyens. Ceux du taux de graines dures, dans GIII-GII sont respectivement moyens et forts. Les H estimés pour ces trois derniers caractères, dans GIII-GII, sont moyens.

Dans GIII-GII, le PMG et le P1000g engendrent des h^2 respectivement égal et inférieur aux H, tandis que dans GII-GI, ces mêmes caractères montrent des h^2 supérieurs aux H.

Dans GIII-GII, les h^2 sont nettement inférieurs aux H pour le Ng/G, Ngs/G, Nge/G, Ngb/G et le taux de graines dures. Cependant, nous avons assisté des faits contraires pour les taux de germination au 5^{ème} et au 10^{ème} jours, et pour la vitesse de germination.

Nous avons constaté que le PMG et le P1000g présentent des h^2 calculés dans GIII-GII inférieurs à ceux estimés dans GII-GI, alors que pour les H, nous avons assisté à un résultat inverse.

Pour le Ng/G, les h^2 et les H estimés dans GII-GI sont inférieurs à ceux calculés dans GIII-GII.

Des R^2 très faibles sont obtenus pour le Nge/G et le Ngb/G dans GIII-GII. Des résultats identiques sont notés à la fois dans GII-GI et GIII-GII, pour le R:Pg/PG. Les autres caractères engendrent des R^2 fluctuant entre 0,321 et 0,702. Ces valeurs sont enregistrées respectivement dans GII-GI pour le P1000g et dans GIII-GII pour le Ng/G.

Les R^2 recherchés pour le taux de graines dures et le taux de germination au 5^{ème} jour, entre la GII-GI, sont faibles comparativement à ceux calculés entre GIII-GII. Le R^2 enregistré pour la vitesse de germination dans GII-GI est légèrement faible, en comparaison avec celui calculé dans GIII-GII. Pour le taux de germination au 10^{ème} jour, c'est le contraire qui s'est produit.

3.4.3. Chez *Scorpiurus subvillosus*

De forts h^2 sont constatés simultanément dans GII-GI et GIII-GII pour le PMG et le P1000g. Pour ce dernier, un h^2 supérieur à 100 % est noté. Le Rapport : Pg/PG a donné un h^2 moyen dans GII - GI, Alors que dans GIII-GII, le h^2 estimé est faible.

Dans GIII-GII, les h^2 estimés pour le Nge/G, le Ngb/G sont moyens. Celui calculé pour le Ngs/G, dans GIII-GII, est fort.

Le h^2 noté pour le taux de germination au 5^{ème} jour dans GII-GI est faible. Celui calculé pour le taux de germination au 10^{ème} jour, dans GII-GI, est moyen.

Dans GIII-GII, le h^2 est fort pour le taux de graines dures et le taux de germination au 5^{ème} jour. Il est faible pour le taux de germination au 10^{ème} jour.

Mis à part le Nge/G et le Ngb/G dont les H sont forts et les h^2 sont moyens ; les H gardent la même signification que les h^2 pour le PMG, le P1000g, R: Pg/PG, Ng/G et Ngs/G que se soient dans GII-GI ou GIII-GII.

Dans GIII-GII, pour le taux de germination au 10^{ème} jour, le h^2 est supérieur à H. Ce dernier est supérieur à h^2 dans GII-GI pour le taux de germination au 5^{ème} jour. A l'exception de ces observations précitées, des H et h^2 à signification similaire sont obtenus. Ces résultats concernent le taux de graines dures, à la fois dans GII-GI, GIII-GII et le taux de germination au 10^{ème} jour dans GII-GI.

Les h^2 et H, évoluent dans le même sens dans GII-GI pour le taux de graines dures, dans GIII-GII pour le R:Pg /PG. Le même résultat est obtenu à la fois dans GII-GI et GIII-GII pour la vitesse de germination.

Les h^2 estimés dans GII-GI sont supérieurs à ceux calculés dans GIII-GII pour le PMG, le P1000g, R:Pg/PG, le taux de germination au 10^{ème} Jour. Cependant, pour le Ng/G, le taux de graines dures, le taux de germination au 5^{ème} jour, c'est le contraire qui est observé.

Des H supérieurs aux h^2 sont notés dans GII-GI pour le PMG, Ng/G, le taux de germination au 5^{ème} jour. Des résultats similaires sont notés dans GIII- GII pour le PMG, le Ngs/G, le Nge/G, le Ngb/G. Par contre, dans GII-GI pour le P1000g et dans GIII-GII pour le Ng/G et les taux de germination au 5^{ème} et au 10^{ème} jours, c'est des h^2 supérieurs à H qui sont notés.

Dans cette sous-espèce, des coefficients de détermination R^2 supérieurs à 0,8 sont enregistrés dans GII-GI pour le P1000g, le Ng/G et successivement dans GII-GI et GIII-GII pour le PMG. Toutefois, des R^2 très faibles sont observés à la fois dans GII-GI et GIII-GII pour le R:Pg/PG, le taux de germination au 10^{ème} Jour. En outre, des R^2 compris entre 0,136 et 0,629 sont obtenus dans GIII-GII. Ces valeurs concernent le Nge/G et le Ngb/G.

3.5. Essai de traitement de la dureté

Parmi les populations étudiées, certaines ont été soumises à différents traitements physiques et chimiques.

3.5.1. Matériel végétal utilisé

Pour chaque espèce, nous avons choisi des populations présentant des duretés extrêmes.

3.5.2. Traitement effectué

Différents aspects ont été pris en considération dans le choix des traitements appliqués :

- disponibilité ;
- rentabilité ;
- facilité d'utilisation ;

- efficacité des produits utilisés.

La dose et la durée d'application ont été choisies de façon à préserver l'intégrité des plantules.

Dans ce sens, les graines ont été soumises à :

- chaleur sèche (passage à l'étuve, pendant 24 heures à 70 °C. Ce procédé a déjà été employé par Ahring et Todd (1977) et Haferkamp *et al.* (1977).
- La chaleur humide (trempage dans l'eau à 70-75 °C pendant 10 mn). Cette forme de traitement a été préconisée par Villax (1962) et utilisée par Haferkamp *et al.* (1977).
- Des traitements chimiques : à l'acide sulfurique concentré pendant 5 à 10mn. Ce produit a été choisi car il n'entraîne pas de déformations ultérieures des plantules. Ce procédé a déjà été employé par Smith et Gorz (1965) et Young *et al.* (1975).

3.5.3. Résultats

Les résultats sont regroupés au niveau du tableau 50 :

Tab. 50 : Effet des traitements sur la germination (%)

Espèce	Traitement	Trait 1	Trait 2	Trait 3	Trait 4	Trait 5	Trait 6
		Chaleur sèche	Chaleur humide	H ₂ SO ₄ 5mn	H ₂ SO ₄ 10mn	Azote	scarification
SS1	10j	1	17	4	31	43	100
	Fin	3	24	4	38	63	100
SS2	10j	1	0	1	2	4	100
	Fin	1	0	1	2	13	100
SB1	10j	4	13	9	19	34	99
	Fin	7	13	9	21	59	100
SB2	10j	1	0	1	1	7	100
	Fin	3	0	1	1	25	100
SV1	10j	4	3	4	14	10	100
	Fin	5	4	4	14	34	100
SV2	10j	0,5	0	0	2	12	100
	Fin	2	0	0	2	26	100

SS1: *S. sulcatus* (la moins dure); SS2: *S. suclatus* (la plus dure); SB1: *S. subvillosus* (la moins dure) ; SB2 : *S. subvillosus* (la plus dure) ; SV1 : *S. vermiculatus* (la moins dure) ; SV2 : *S. vermiculatus* (la plus dure).

Les graines des espèces testées ont un très haut potentiel germinatif car nous avons obtenu 100 % de germination pour toutes les espèces après scarification (traitement 6) ; pour toutes les espèces l'incision au niveau du tégument a entraîné une meilleure vitesse et un meilleur pourcentage de germination.

Chaleur sèche

Ce traitement n'a amélioré très légèrement la germination que les deux populations les moins dures de *S. subvillosus* et *S. vermiculatus*.

En augmentant la température ou le temps d'exposition, nous pourrions avoir de meilleurs résultats.

Chez *Stylosanthes hamata*, Gilbert et Shaw (1979) ont amélioré de 50 % la germination en passant de 70 à 95 °C ; elle est restée la même pour les autres espèces du même genre.

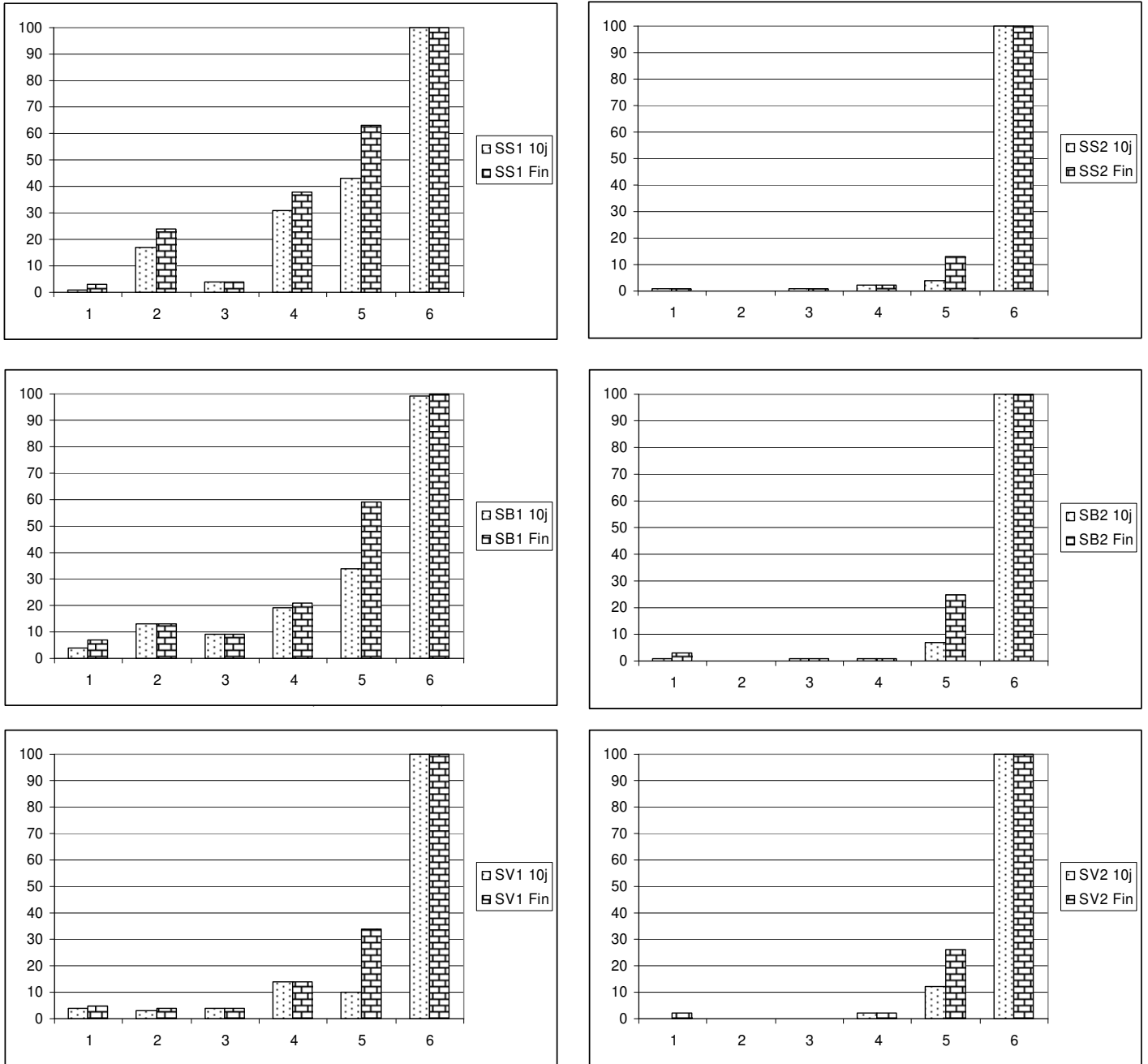


Fig. 32: traitement contre la dureté

(1) Chaleur sèche, (2) Chaleur humide, (3) H₂SO₄ 5mn, (4) H₂SO₄ 10mn, (5) Azote, (6) scarification. SS1: *S. sulcatus* (la moins dure); SS2 : *S. suclatus* (la plus dure); SB1: *S. subvillosus* (la moins dure) ; SB2 : *S. subvillosus* (la plus dure) ; SV1 : *S. vermiculatus* (la moins dure) ; SV2 : *S. vermiculatus* (la plus dure).

Chaleur humide

En général, ce traitement a amélioré la germination de *S. sulcatus*, à un degré moindre *S. subvillosus* et très faiblement *S. vermiculatus*. Il a aussi permis de remarquer que les espèces différentes ne répondaient pas de la même manière aux traitements.

Les populations dont la germination a été améliorée sont les moins dures.

Tibaoui (2006) améliore de 60 % la germination d'*Hedysarum carsosum* avec ce traitement.

Azote liquide

Pour le genre nous avons obtenu environ 60 % pour les populations moins dures de *S. sulcatus* et *S. subvillosus* et 34 % de *S. vermiculatus* ; les plus dures des trois espèces du genre ne dépassent pas environ 25 % de germination.

M'hammedi Bouzina (1992) signale que pour *Trifolium angustifolium* le traitement n'a pas donné le même effet : l'imbibition des graines a eu lieu mais la germination ne s'est produite que dans la proportion de 15 % probablement à cause de l'altération des embryons.

Pour ce traitement, le temps de trempage doit être modulé en fonction de la grosseur des graines des espèces.

Acide sulfurique

Appliqué pendant 5 minutes, ce traitement n'a pas amélioré la germination de façon significative. Lorsqu'il est employé pendant 10 minutes, l'acide sulfurique concentré a donné des résultats relativement satisfaisants. Les populations les moins dures du genre *Scorpiurus* ont une réponse nettement différente des populations les plus dures. Une augmentation du temps de traitement pourra donner de meilleurs résultats mais en continuant l'expérimentation pour vérifier l'état des plantules issues de graines traitées.

Analyse de variance

Nous notons des effets significatifs liés aux différents traitements appliqués aussi bien au bout de 10 jours qu'en fin d'expérience.

3.5.4. Discussion

Parmi les traitements testés, nous avons constaté que :

- l'un des moyens les plus efficaces pour lever la dureté des graines, autres que la scarification est l'azote liquide ;
- toutes les plantules issues des graines traitées étaient normales.

L'ensemble des autres procédés utilisés pourraient aboutir à des résultats meilleurs dans la mesure où les doses et la durée d'application seraient modifiées. Ceci pourrait être intéressant si nous envisageons une utilisation à grande échelle des espèces spontanées étudiées. Au cours de nos manipulations, l'utilisation d'une étuve nous a semblé la plus accessible et pratique.

Les espèces répondent différemment aux traitements, *S. sulcatus* voit sa germination s'améliorer mieux que *S. vermiculatus*. *S. subvillosus* reste intermédiaire. Pour *Medicago*, Yavada *et al.* (1979) obtiennent de meilleurs résultats pour les deux traitements : de chaleur sèche et chaleur humide.

Au sein du genre *Scorpiurus*, les populations les moins dures répondent mieux que les plus dures. Notons que l'industrie de production de semences en Australie¹ utilise des scarifieuses.

Abdelkefi (1987) immerge les gousses de *Medicago* dans l'azote liquide afin de réaliser la scarification des graines à l'intérieur des gousses.

Le centre de production de semences de plantes fourragères au Maroc utilise l'acide sulfurique pour les essais de semences ; cependant, les scarifieuses sont utilisées pour la production proprement dite (Tazi, 1991).

3.6. Conclusion

L'étude de la variabilité a mis en évidence les stratégies adaptatives des populations soumises aux pressions de sélection du milieu d'origine. Ceci apparaît nettement au niveau des caractères se rapportant à la floraison, au poids des graines et leur nombre par gousse.

La variabilité intra et inter spécifique pour la biométrie des caractères de floraison, de formation et maturation des graines et pour la sénescence des plants est plus importante par ordre croissant pour *S. subvillosus*, *S. vermiculatus* et enfin *S. sulcatus*. Les trois taxons ont un rythme de croissance plutôt printanier qu'hivernal et en largeur qu'en hauteur. La croissance en hauteur est due essentiellement à une densité importante des plants dans une parcelle. La floraison commande la précocité des populations des trois taxons et semble liée au milieu d'origine.

Les essais menés à Chlef, Alger et Guelma ont montré que les populations de *S. sulcatus* provenant de régions arrosées et de basses altitudes ont une sénescence précoce. *S. vermiculatus* présente le cycle de développement le plus long alors que *S. subvillosus* possède un cycle court ; en effet, il est le dernier à fleurir et le premier à sécher.

Nous avons observé des inflorescences à trois fleurs chez *S. vermiculatus* et des inflorescences à sept fleurs chez certaines populations des deux autres taxons. Le nombre de fleurs par inflorescence augmente au cours du développement de la plante.

La variabilité des graines et des gousses des trois taxons a été analysée en corrélation avec la pluviométrie et l'altitude du milieu d'origine des populations. *S. sulcatus* a le plus de graines par gousse et s'oppose à *S. vermiculatus*, alors *S. subvillosus* a une position intermédiaire. Les caractéristiques du milieu d'origine (pluviométrie et altitude) ont un effet négatif respectivement sur le nombre de graines par gousse et la largeur des graines chez *S. sulcatus*. Chez *S. vermiculatus*, ces deux facteurs possèdent un effet négatif sur la largeur des graines.

La dureté des graines dépasse les 75%. Une relation intéressante semble se dégager entre la dureté et la pluviométrie du milieu d'origine des populations, de même, chez les graines scarifiées, la vitesse de germination a pu être reliée à la taille des graines.

Les deux méthodes utilisées pour l'estimation de l'héritabilité nous donnent les mêmes résultats. Il nous a été permis de déduire que le caractère nombre de graines par gousse a une forte héritabilité et donc est génétiquement stable ce qui permet de le retenir en sélection dans un programme d'amélioration.

Chez les graines non scarifiées, la germination a pu être améliorée par l'application de certains traitements dont le plus efficace a été le traitement à l'azote liquide.

¹ L'Australie est le principal pays exportateur de légumineuses autoregénéatrices.

CHAPITRE IV : POLYMORPHISME

4.1. Structure des gousses et des téguments des graines

Lors du dégoussage, nous avons remarqué que les graines subissaient cette opération avec plus ou moins de difficultés.

En réalité, les gousses à graines dures sont plus faciles à dégousser que celles à graines moins dures. Ceci nous amène à réfléchir sur des méthodes d'investigations pouvant mettre en relief ces observations.

Nous avons utilisé le microscope électronique à balayage pour distinguer les différences morphologiques non visibles à l'œil nu et pour voir si le phénomène de dureté avait une relation avec la morphologie de la gousse et le tégument de la graine.

Pour nos observations, le MEB sert de moyen d'investigation de la morphologie des gousses et des graines des trois taxons de *Scorpiurus*. Pour chaque taxon, les populations présentant des taux de dureté extrêmes ont été choisies. Ce travail a été réalisé au laboratoire de physique des hautes températures au niveau du CNRS d'Orléans.

Pour cela des échantillons ont été préparés et introduits dans une étuve pendant 48 heures à 85°C puis, ont été métallisés au platine, ce qui nous a permis d'obtenir de meilleurs résultats (ce métal donne une induction meilleure que l'or habituellement utilisé)

Les observations ont été faites sur un échantillon de chaque population de dureté extrême pour un article de gousse à deux grossissements différents (20 et 50 fois) et pour un tégument de la graine (500 fois).

Les résultats d'observation sont représentés dans les figures 33, 34 et 35.

Les gousses de *S. sulcatus* qui renferment des graines dures sont représentées par plusieurs rangées de tubercules avec un nombre réduit de rangées d'épines très visibles au fort grossissement (50 fois).

Les tubercules inermes de la population à graines dures (26) sont munis d'épines pour la population à graines moins dures (3).

Au niveau de la graine, la surface du tégument le plus dur présente de grosses excroissances ramassées au niveau de toute la surface, alors que celui de la population de dureté moindre est formé par quelques grosses excroissances éparpillées dans différents endroits et entourées par de nombreuses petites excroissances.

Pour *S. subvillosus* la population à graines moins dures possède des gousses avec des tubercules portant des épines plus nombreuses que celle à graines plus dures.

Le tégument le plus dur est composé d'excroissances moyennes et petites. Pour la population à graines moins dures les grosses excroissances sont nombreuses et plus regroupées.

S. vermiculatus possède des gousses inermes avec des tubercules plus regroupés chez la population à graines moins dures (5) et écartés chez l'autre type de population.

Au niveau du tégument nous observons des excroissances moyennes sur les graines dures, par contre chez les moins dures, elles sont plus grandes et moins ordonnées.

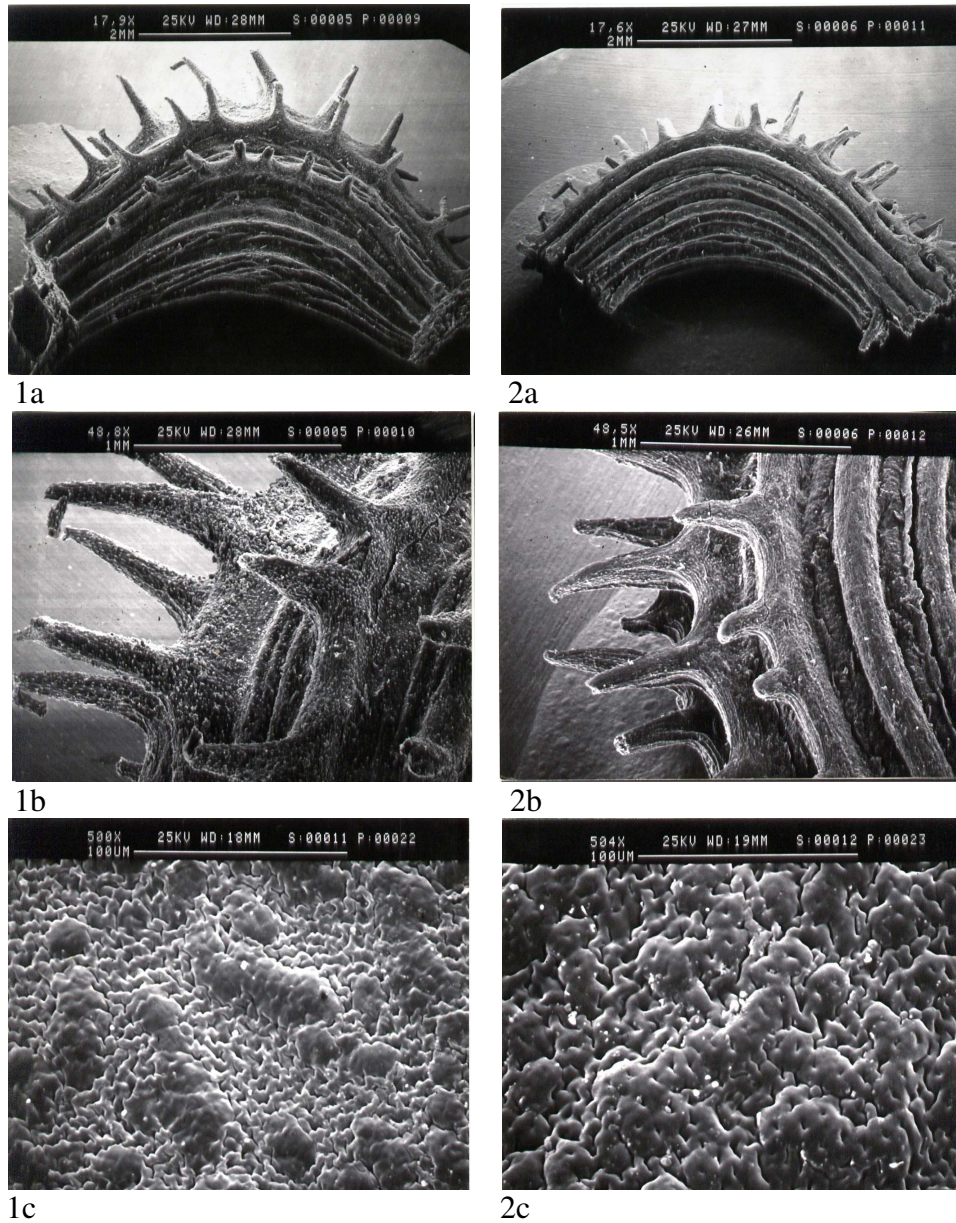


Fig. 33 Comparaison de morphologie externe de *S. sulcatus* au MEB

1. a) Article de gousse, b) détail d'article de gousse, c) tégument de la population 3 (la moins dure).
2. a) Article de gousse, b) détail d'article de gousse, c) tégument de la population 26 (la plus dure).

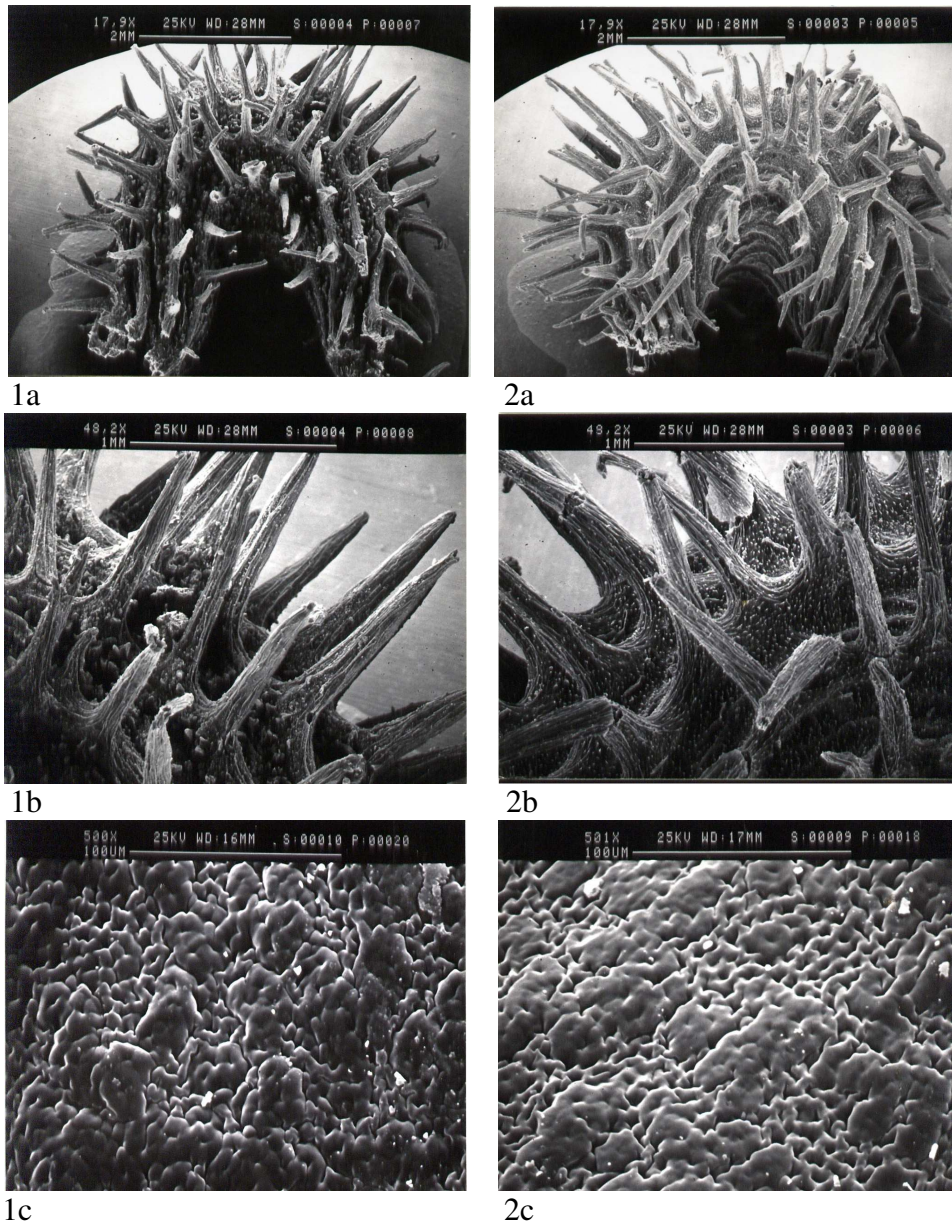


Fig. 34 Comparaison de morphologie externe de *S. subvillosus* au MEB

1. a) Article de gousse, b) détail d'article de gousse, c) tégument de la population 1 (la moins dure).
2. a) Article de gousse, b) détail d'article de gousse, c) tégument de la population 6 (la plus dure).

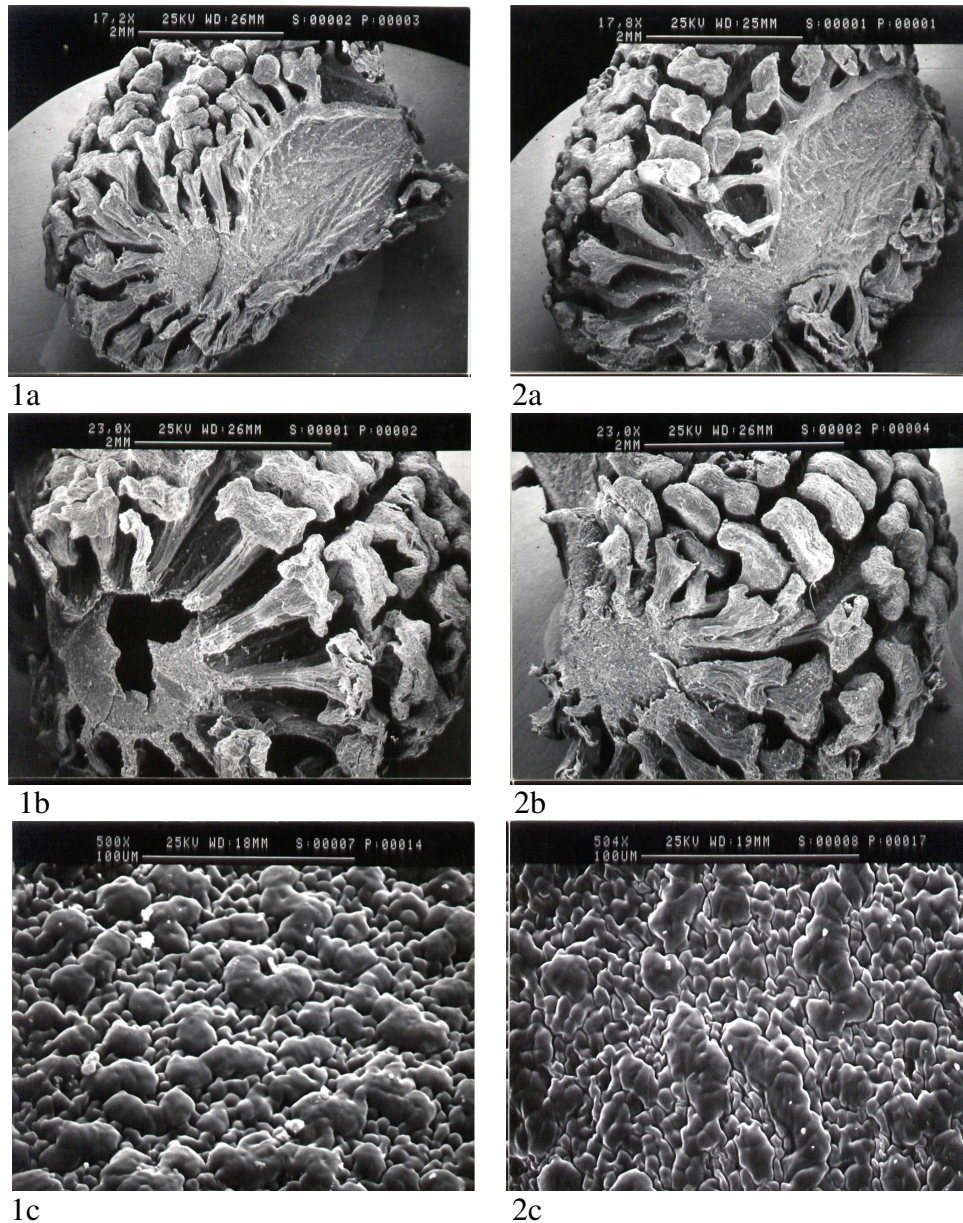


Fig. 35 Comparaison de morphologie externe de *S. vermiculatus* au MEB

1. a) Article de gousse, b) détail d'article de gousse, c) tégument de la population 5 (la moins dure).
2. a) Article de gousse, b) détail d'article de gousse, c) tégument de la population 12 (la plus dure).

En conclusion, nous remarquons que les gousses renfermant des graines dures sont plus faciles à dégousser que celles de dureté moindre. La gousse s'ouvre plus facilement en présentant des tubercules écartés.

Nous remarquons qu'il existe une stratégie de compensation entre la graine et la gousse pour contrôler la dureté.

Les graines dégoussées ont une germination différente de celle contenue dans la gousse d'où l'obtention d'un taux de germination différent pour chaque cas d'étude.

Delavet en 1989 aboutit aux mêmes suggestions que les nôtres pour certaines espèces de *Medicago*.

Il est souhaitable de faire un test d'estimation de la dureté avec la germination des graines au sein des gousses et d'étudier les relations entre cette dernière et les facteurs du milieu d'origine des populations afin d'assurer une meilleure gestion de l'espace pastoral.

Agullo et Al (1991) étudient la topographie des téguments des graines au M.E.B. pour classer les taxons de 05 genres de Fabacées. La micromorphologie des téguments des taxons du genre *Coronilla* s'approche le plus de celle de *Scorpiurus*.

4.2. Dénombrement chromosomique

Pour mieux cerner la variabilité et afin d'approfondir les connaissances recueillies sur les taxons du genre *Scorpiurus*, une ébauche de l'étude caryologique a été faite.

Cette initiation à la caryologie a pour but de faire un comptage dans le genre, tout en comparant nos résultats aux données bibliographiques.

Il semblerait, en effet que chez une espèce donnée, la variabilité phénotypique s'accompagne souvent d'une diversité dans les nombres chromosomiques.

La détermination du nombre chromosomique peut aider à identifier des taxons distincts qui manifestent une apparente homogénéité, et contribuer à une meilleure connaissance des espèces.

Par ailleurs, l'évaluation des niveaux de ploïdie est d'une importance fondamentale en sélection, particulièrement lors des essais d'hybridation (Lesins et Gillies, 1972).

A notre connaissance, il n'existe pas en Algérie, des travaux sur le comptage chromosomique dans le genre *Scorpiurus* d'où la nécessité d'une étude de ce genre compte tenu de son importance.

Par contre, au niveau du bassin méditerranéen, le genre *Scorpiurus* a été largement étudié et les résultats obtenus démontrent la difficulté à bien cerner ce genre.

Linné (1753) essaya d'expliquer les difficultés de différencier les espèces les unes des autres en émettant l'hypothèse que le genre a évolué à partir d'une seule espèce.

D'autres auteurs, par la suite, ont résolu le problème de la délimitation en réduisant le genre à trois espèces non clairement définies comme sous espèces ou variétés d'une seule espèce (Lamarck, 1783 ; Fiori, 1912 ; Thellung, 1923 in Heyn et Raviv, 1966 ; Quezel et Santa, 1962).

Senn (1938), indique $2n=14$ pour *S. vermiculatus* et $2n=14$ et 28 pour *S. sulcatus*.

Le nombre $2n=14$ pour *S. sulcatus* résulte d'une confusion de cette espèce avec *S. vermiculatus* var. *purpureus* (Dominguez et Galiano, 1974).

Par la suite, Cortinho et Ribeiro (1974) publièrent un premier travail complet concernant la caryologie du genre excepté *S. vermiculatus*.

Les délimitations taxonomiques des autres espèces ne s'expliquent pas, elles peuvent être un macro-complexe où évoluent des variétés.

Heyn et Raviv (1966) indiquent pour *S. subvillosus* $2n=28$.

Dominguez et Galiano (1974) réalisent une étude qui paraît plus complète car, tenant compte des possibilités d'hybridations inter-spécifiques et de leur niveau de fertilité. Ils donnent les résultats qui suivent.

Ils subdivisent les tailles des chromosomes en petit ($<2\mu$), moyen (2 à 5μ), grand (5 à 9μ) et très grand ($>9\mu$). Ils indiquent les résultats suivants :

S. vermiculatus L. var. *vermiculatus* $2n=14$ avec des chromosomes moyens (3 paires métacentrique, 2 paires submétacentriques, 1 paire acrocentrique avec un satellite et 1 paire sans satellite).

S. vermiculatus L. var. *spinus* $2n=14$ avec des chromosomes moyens (3 paires métacentriques, 2 paires submétacentriques et 2 paires acrocentriques avec 2 satellites).

S. muricatus $2n=28$ avec des chromosomes grands (1 paire métacentrique) et moyens (8 paires métacentriques, 2 paires submétacentriques et 3 paires acrocentriques avec 1 satellite).

S. sulcatus $2n=28$ avec des chromosomes présentant les mêmes mesures que pour *S. muricatus*.

S. subvillosus $2n=28$ avec des chromosomes grands (1 paire métacentrique) et moyens (7 paires métacentriques, 2 paires submétacentriques et 4 paires acrométacentriques avec 2 satellites).

Scrugli et Cocchieri (1976) donnent pour *S. muricatus* L. $2n=28$.

Il serait intéressant d'apporter un complément à cette bibliographie par la détermination des nombres chromosomiques des espèces rencontrées en Algérie.

4.2.1. Matériel et méthode

Nous avons utilisé la méthode classique de caryologie en procédant au comptage des populations à dureté extrême chez le genre *Scorpiurus*.

Les dénombrements ont été réalisés sur les espèces rencontrées lors de la prospection en Algérie. L'expérimentation a été réalisée au laboratoire d'écologie végétale de l'université d'Orléans.

Il a été utilisé pour chaque espèce deux populations présentant des niveaux de dureté extrême (Tab. 51).

Tab. 51 : Récapitulatif des populations utilisées pour le dénombrement chromosomique.

Espèces	Populations
<i>S. vermiculatus</i>	5, 12
<i>S. sulcatus</i>	3, 26
<i>S. subvillosus</i>	1, 6

Les observations ont porté sur les extrémités racinaires.

4.2.2. Obtention et prélèvement

Les graines scarifiées sont mises à germer en boîtes de Pétri au laboratoire à température ambiante. La radicule émerge au bout de 2 à 4 jours environ. Les racines sont prélevées lorsqu'elles atteignent 1 cm et 1,5 cm à raison de 2 prélèvements de ces dimensions deux fois par jour : entre 9 heures 30 minutes et 10 heures et entre 11 heures et 12 heures.

4.2.3. Fixation et coloration

Les extrémités racinaires sont fixées à 4°C, avec ou sans pré-traitement, au liquide de CARNOY dont la composition est la suivante:

- 6 volumes d'alcool absolu,
- 3 volumes de chloroforme,
- 1 volume d'acide acétique.

La fixation dure 24 à 48 heures.

Le pré-traitement consiste au trempage des extrémités racinaires dans une solution saturée d'alphabromonaphtalène pendant 3 heures à une température variant entre 0 et 3°C environ.

Cette préfixation a pour effet d'inhiber la formation du fuseau achromatique et de retarder la division du centromère; ainsi, les chromosomes se contractent et s'éparpillent dans la cellule qui est bloquée au stade de la métaphase. Dominguez et Galiano (1974) utilisèrent un autre produit le parachlorobenzène.

Après la fixation, les racines sont colorées à l'orceine lactopropionique (Dyer, 1963).

4.2.4. Résultats et discussions

Les dénombrements réalisés sur les métaphases radiculaires ont donné les résultats suivants :

S. vermiculatus: $2n=14$

S. sulcatus: $2n= 28$

S. subvillosus : $2n=28$

S. vermiculatus est donc diploïde et les deux autres espèces tétraploïdes; cet état leur a permis de s'adapter à tout le bassin méditerranéen (Greuter et *al.*, 1989 ; Talavera et Dominguez 2000).

L'absence de pré-traitement permet d'étudier la longueur des chromosomes (Lesins, 1970).

Or cette opération n'a pas abouti et le comptage des chromosomes n'a pu être obtenu qu'avec pré-traitement sur des racines de 1,5 cm prélevées entre 11 heures et 12 heures et les résultats obtenus dans ce cas confirment ceux de Dominguez et Galiano (1974) et cela, avec toutes les populations utilisées.

De meilleurs résultats pourraient être obtenues avec des racines secondaires (Abdelguerfi et Guittonneau, 1989) en raison de la fréquence des mitoses métaphasiques dont elles font l'objet.

Les taxons de ce genre ont été classés dans la tribu des Lotées pour leur cytotype $x=7$ (Allan et Porter, 2000)

4.2.5. Conclusion

Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par d'autres auteurs dans certains pays. Ce genre présente une stabilité chromosomique très remarquable, bien qu'occupant des endroits divers, les taxons montrent un cytotype uniforme.

Les études caryologiques des espèces annuelles et vivaces des zones méditerranéennes sont indispensables pour une meilleure compréhension de l'évolution des Angiospermes (Guittonneau, 1975).

La taille des chromosomes mériterait d'être vérifiée sur de méioses (boutons floraux).

4.3. Caractérisation moléculaire

4.3.1. Introduction

La technique de la PCR « polymérase chain reaction » (la réaction de polymérisation en chaîne) a été indépendamment appliquée par plusieurs chercheurs en mettant au point des approches d'étude rapide du polymorphisme génomique : RAPD ou Random amplified polymorphic DNA (Williams *et al.*, 1990), AP-PCR ou Arbitrarily primed polymorphic DNA (Welsh et McClelland, 1990), DAF ou DNA amplification fingerprints (Caetano-Anollès *et al.*, 1991) aussi désignée AFLPs ou amplification fragment length polymorphisms. Les techniques sont toutes similaires et permettent d'identifier les polymorphismes génomiques de différentes lignées. Compte tenu que le genre *Scorpiurus* est peu étudié, plus particulièrement dans le domaine du marquage moléculaire, nous avons opté pour la technique de RAPD afin de réaliser sa structuration moléculaire. La « RAPD » est une technologie rapide qui génère plusieurs bandes, très sensible, facile à réaliser et requérant de faibles quantités d'ADN (10-25 pg/réaction) et n'exigeant aucune information préalable sur la séquence de l'ADN (Welsh et McClelland, 1990). Les amorces utilisées sont de 5 à quelques dizaines de nucléotides. Les amorces au meilleur rendement sont celles qui contiennent un pourcentage élevé de guanines et de cytosine et qui, par complémentarité dans la double chaîne d'ADN, contractent entre elles 3 liaisons hydrogènes, ce qui leur confère une plus grande stabilité comparée à la thymine et l'adénine à seulement 2 liaisons hydrogènes. Préalablement à l'avènement de la RAPD, les méthodes utilisées pour l'analyse du polymorphisme de l'ADN sont la « RFLPs » Restriction fragment length polymorphisms et la DGGE « Denaturing Gradient Gel Electrophoresis » (Lodhi *et al.*, 1994). Parallèlement à la technique des RAPD qui est dominante et peu reproductible, la technique des microsatellites, "Single sequence repeat" (SSR), est codominante et de très bonne reproductibilité elle permet ainsi d'affiner d'avantage la classification des taxons au sein du genre *Scorpiurus*.

4.3.2. Principe de la PCR

In vivo, d'après Williams et al (1990), la double hélice d'ADN est d'abord déroulée et ses deux brins séparés par les enzymes appelés ADN hélicases. Des amorces ARN (généralement de 5 ribonucléotides) synthétisées dans les primosomes (agrégats de protéines) s'apparient par complémentarité aux simples brins d'ADN. Ensuite, l'ADN polymérase procède à la synthèse du complémentaire de chacun des deux brins en enchaînant des désoxyribonucléotides, dans la direction 5' -> 3', à la suite de l'amorce ARN déjà en place.

C'est cette connaissance fondamentale qui a été mise en application en vue d'une répllication *in vitro* de l'ADN. A la température 94°C, les deux brins de la chaîne d'ADN sont séparés. Si des amorces sont ajoutées en quantité suffisante dans le milieu réactionnel, celles-ci s'apparient avec leur complémentaire sur les brins d'ADN en passant de 94°C à des températures moins élevées (30-55°C). En présence de l'ADN polymérase (37°C) et des désoxyribonucléotides, il y a répllication de toute la portion de l'ADN comprise entre deux points de l'amorce lorsque ceux-ci ne sont pas trop éloignés l'un de l'autre. Pour éviter l'inconvénient de remplacer la polymérase dénaturée à chaque cycle thermique, des polymérases thermostables (94°C) ont pu être isolées à partir des bactéries thermophiles *Thermus aquaticus*.

Une bonne quantité de produits de réaction de polymérisation est synthétisée en répétant le cycle thermique : 94°C pour la séparation des deux brins de la chaîne d'ADN, 30 à 55°C pour l'appariement des amorces sur les brins d'ADN et 37°C pour la répllication par l'ADN polymérase (l'ADN polymérase du *Thermus aquaticus* a son optimum d'activité à 72°C).

Ces cycles thermiques ont pu être automatisés en mettant au point des thermoréacteurs. Un thermoréacteur est constitué d'une cellule informatisée dans laquelle il est possible de coder toute une gamme de thermocycles en usant d'un mini-clavier. Ce dispositif électronique commande à son tour un système de chauffage (lampes) et de refroidissement (ventilateurs) régulant les températures d'un plateau surmonté d'un portoir pour les tubes. Cette cellule informatisée est reliée au plateau et à un tube témoin par une sonde thermosensible. Le tube témoin doit contenir un volume d'huile minérale parfaitement égal au volume total de produit contenu dans chaque tube de l'expérience. Cette huile minérale, la même qui est utilisée pour recouvrir le contenu réactionnel, doit être régulièrement remplacée, car avec le temps, en s'oxydant, ses propriétés thermiques changent.

Les produits de la réaction de polymérisation (PCR) sont généralement séparés sur gels d'agarose et colorés au bromure d'ethidium ; aussi sur gels de polyacrylamide et coloration au cuivre.

4.3.3. Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)

4.3.3.1 Extraction de l'ADN

Premier Protocole

Si la PCR est une technique simple et facile à réaliser, ce qui pose souvent des problèmes, c'est la disposition d'un ADN pur, non contaminé par des substances inhibitrices des enzymes utilisées dans les protocoles expérimentaux.

L'ADN des plantes *Scorpiurus*, extrait à la technique de Shure *et al.* (1983), ne nous a donné aucun résultat positif après plusieurs tentatives d'analyse à la RAPD. Après avoir testé tous les produits utilisés dans le protocole, nous avons acquis la certitude que cette ADN est défectueux. L'hypothèse de la polymérase ou interférence a été émise. Un ADN pur, une fois précipité, est en effet de couleur blanchâtre tandis que celui-ci est brunâtre de même que la solution d'extraction qui devait être verdâtre. Cette couleur brunâtre est indicatrice de la présence des polyphénols largement repandus chez les *Hedysarées* (Harbone et Simmons, 1964). D'après cet auteur, ces substances sont présentes à l'intérieur de la plante sous forme simple et réduite. Au contact de l'oxygène et en milieu basique, elles se polymérisent en s'oxydant pour donner de longues macromolécules de couleur brunâtres. Ces polyphénols en s'oxydant se complexent avec l'ADN et interfèrent entre celui-ci et les enzymes utilisées dans les protocoles expérimentaux, de même que les polysaccharides et d'autres constituant organiques (Couch et Fritz, 1990).

Deuxième protocole

Couch et Fritz (1990) ont mis au point une technique d'extraction de l'ADN évitant la contamination par les polyphénols. Mais celle-ci nous a paru trop longue à cause du gradient CsCl, trop chère et moins rentable à cause des pertes qui seraient occasionnées à l'étape de la filtration des noyaux. En s'inspirant de cette méthode, une autre a été mise au point, évitant ces inconvénients, profitant des avantages et s'appliquant de façon plus que satisfaisante à notre matériel végétal.

4.1.3.2 Cueillette et stockage du matériel végétal

Le matériel végétal utilisé provient de plantes, en culture dans le jardin expérimental du laboratoire, obtenues à partir de germination de graines récoltées sur le terrain (Algérie 1994). L'expérimentation a été réalisée au laboratoire de biologie moléculaire de l'université d'Orléans.

Il a été utilisé pour chaque espèce deux populations présentant des niveaux de dureté extrême (Tab. 52).

Tab. 52 : Récapitulatif des populations utilisées pour l'analyse génomique

Espèces	Population plus dure	Population moins dure
<i>S. vermiculatus</i>	12	5
<i>S. sulcatus</i>	26	3
<i>S. subvillosus</i>	16	1

Les feuilles, de préférence jeunes non endommagées sont récoltées par le pétiole sur glace ou dans un récipient, leurs extrémités coupées plongées dans l'eau. Des lots de 1 à 2g enveloppés dans du papier aluminium et étiquetés sont conservés à -70°C sans jamais laisser décongeler avant l'extraction, même légèrement, pour éviter la formation des complexes polyphénoliques.

4.3.3.3. Extraction et purification de l'ADN

1. Verser du tampon d'extraction (environ 10 mL/g matière végétale) dans un tube à centrifuger, de 3 cm de diamètre.
2. Retirer un lot de matière végétale porté à -70°C et immédiatement, sans laisser décongeler, le plonger dans le tampon d'extraction contenu dans le tube en usant de longues pinces.
3. Avec des ciseaux, réduire l'échantillon plongé dans le tampon à de tous petits morceaux.
4. Broyer finement avec un long tube en verre de 1.5 cm de diamètre en guise de pilon¹.
5. Laisser agir pendant 10 mn sur glace en remuant de temps en temps pour achever la lyse des noyaux.
6. Transférer le broyat dans un tube Corex de 30 mL propre et centrifuger à 10 000 rpm pendant 10mn à 4°C.
7. Récupérer le surnageant dans un autre tube Corex et précipiter l'ADN en ajoutant un volume égal d'isopropanol² (fermer le tube avec un bout de paraffine et retourner une ou deux fois).
8. Centrifuger à 10 000 rpm pendant 10 mn à 4°C.
9. Jeter le surnageant et sécher le culot sous vide.
10. Suspendre le culot sec dans 1 à 2 mL de TE (utiliser un agitateur ou un tube en verre pour le broyer s'il est difficile à dissoudre à nouveau).
11. Répartir la solution en unités d'au plus 400 µL dans des tubes à micro centrifuger de 1.5 mL.
12. Ajouter un volume égal de phénol chloroforme à l'alcool iso amylique³, bien agiter doucement sur un vortex et micro centrifuger à grande vitesse (14 000 rpm) pendant 10mn. Répéter 1 à 2 fois l'opération sur le surnageant⁴.
13. Précipiter avec un égal volume d'isopropanol, micro centrifuger à grande vitesse et jeter le surnageant.
14. Dissoudre le culot séché sous vide dans 300 à 700 µL TE selon sa taille⁵.
15. Digérer l'ARN⁶ en ajoutant 5% d'ARNase A (4 mg/mL) à 37°C pendant 2 heures et répéter les 4 étapes précédentes pour éliminer les enzymes.
16. Doser l'ADN⁷ à 260 nm et le conserver dans du TE à -20°C (court terme) ou à -70°C (long terme).

¹ Passer au stade suivant ou alors transférer la suspension dans un mortier et broyer avec un pilon.

² Techniques Sambrook et al. (1989).

³ Opération en vue de l'élimination des protéines.

⁴ A ce niveau peuvent être éliminés les polysaccharides (ou voir note 5) en ajoutant 0.5 volume de 5M NaCl et bien mélanger (Lodhi *et al.*, 1994) précipiter avec un égal volume d'isopropanol, micro centrifuger à grande vitesse, récupérer le culot sécher sous vide et dissoudre dans 300 à 700 mL TE comme précédemment.

⁵ Les polysaccharides peuvent aussi être éliminés à ce stade (avec les ARN) en ajoutant (Rether *et al.*, 1993) 10% (v/v) de 1M acétate de potassium (pH 5.5), 12.5% (v/v) de 0.25M EDTA (pH 8) et 10% (v/v) de Caylase (10 mg/mL), un pool de glycoside hydrolase (Cayla, Toulouse, France).

⁶ $C_{ADN} = A_{260} * VF * 50 / VI$ (C_{ADN} (µg/mM), concentration de l'ADN ; A_{260} absorption à 260nm ; VF, volume final de l'échantillon dilué ; VI volume de l'échantillon dilué dans le volume final (VF).

⁷ Lodhi *et al.* (1994).

4.3.3.4 Protocole de la PCR-RAPD

Mélange réactionnel

30 µL contenant 4 µL tampon réactionnel [10 mM tris-HCl (pH 9), 50 mM KCl, 1.5 mM MgCl₂, 0.1% Tritum X100, 0.2mg/mL BSA ou gélatine], 5mM dNTP, 28 pM amorce, 1 unité de Taq DNA Polymérase, 250 pg échantillon d'ADN, eau stérile. Le tout recouvert par 20 µL d'huile minérale.

Amorces testées

Elles sont en nombre de 12 amorces (tab. 53) correspondant aux kits A et P. Chaque amorce est formée de 10 bases aléatoires.

Tab. 53 Amorces RAPD testées sur des populations algériennes de *Scorpiurus*

Primer	Séquence	Primer	Séquence
A-60	5' GGTCCCTGAC	P-10	5' TCCCGCCTAC
A-09	5' GGGTAACGCC	P-11	5' AACGCGTCGG
P-02	5' TCGGCACGCA	P-13	5' GGAGTGCCTC
P-05	5' CCCC GGTAAC	P-16	5' CCAAGCTGCC
P-06	5' GTGGGCTGAC	P-17	5' TGACCCGCCT
P-09	5' GTGGTCCGCA	P-18	5' GGCTTGGCCT

Origine des produits

Taq DNA polymérase (Appligène, France) ; Amorces 10-mères [(Bioprobe systems). Les PCR ont été opérées sur un thermoréacteur HYBAID.

Programme de la PCR (Luo et al., 1992)

5 cycles : 94°C, 1 mn ; 55°C, 2 mn ; 72°C, 2 mn. 42 cycles : 94°C, ½ mn ; 55°C, 1 mn ; 72°C, 1 mn. 1 cycle : 72°C, 5 mn.

Electrophorèses

27µL de produit de PCR mélangés à 3µL de 2X tampon de dépôt (30% glycérol dans l'eau, 0.25% bleu de bromophénol, 0.25% cyanol de xylène) sont déposés dans un puits de 30µL sur gel d'agarose 1% contenant 3µL du colorant bromure d'éthidium (10mg/mL). La migration a été opérée sous 50V pendant 2 heures dans 1X TAE [0.04M Tris-HCl (pH 8), 0.01M EDTA]. Les fragments d'ADN ont été visualisés par transillumination UV.

4.1.3.3.5. Résultats et discussion

Les produits utilisés dans le tampon de lyse confèrent à celui-ci un pouvoir réducteur élevé, ce qui préserve les polyphénols simples de s'oxyder en complexes polyphénoliques. Le broyat obtenu est de couleur verte et tourne au brun quand un excès de NaOH est ajouté dans le milieu. Ceci montre que cette méthode d'extraction est efficace contre la formation de complexes polyphénoliques contaminants de l'ADN, problème majeur en ce qui concerne notre matériel végétal.

Les RAPD sur les échantillons d'ADN extraits par cette technique ont donné des résultats plus que satisfaisants pour ce type d'analyse. Cet ADN présente un rapport A_{260}/A_{280} de 1.8 et un rapport A_{260}/A_{230} de 2.2 ; ce qui traduit un bon degré de pureté (rappelons que l'ADN absorbe à 260nm, les protéines à 280nm et les composés phénoliques à 230).

Dans une première approche, les rendements en ADN calculés d'après les absorptions à 260nm sont rangés de 600 à 3000 µg/g de matière végétale congelée. Ces écarts seraient dus à la variation de l'âge des feuilles utilisées et de la qualité du broyage. Plus jeunes sont les feuilles, mieux elles sont broyées et plus grand est le rendement.

Ces valeurs (600 à 3000 µg/g matière végétale) nous ont toutefois paru trop élevées. Ce qui nous a amené à tester si elles correspondent vraiment à une quantité d'ADN pur. L'ADN pur de saumon pris comme témoin, les bandes électrophorétiques de nos échantillons sont beaucoup moins intenses qu'elles ne devraient l'être. Ce qui décèle leur impureté. Cet ADN serait donc contaminé par des substances autres que l'ARN, complètement déjà éliminé par l'ARNase, qui absorberaient aussi à 260nm mais sans propriété inhibitrice de la *Taq polymerase* puisque la PCR nous a donné de bons résultats sur cet ADN (Fig. 36). Nous avons supposé que ces substances qui coprécipitent avec l'ADN seraient probablement des polysaccharides. Les dosages avant et après les protocoles d'élimination des polysaccharides montrent clairement de façon reproductible que les concentrations diminuent de 5 à 13 fois ; de même les rapports A_{260}/A_{280} et A_{260}/A_{230} ont beaucoup diminué. Les électrophorèses montrent aussi que les bandes d'ADN sont moins intenses avant qu'après élimination claire, que ces polysaccharides sont liés à un phénomène qui augmente l'absorption à 260nm.

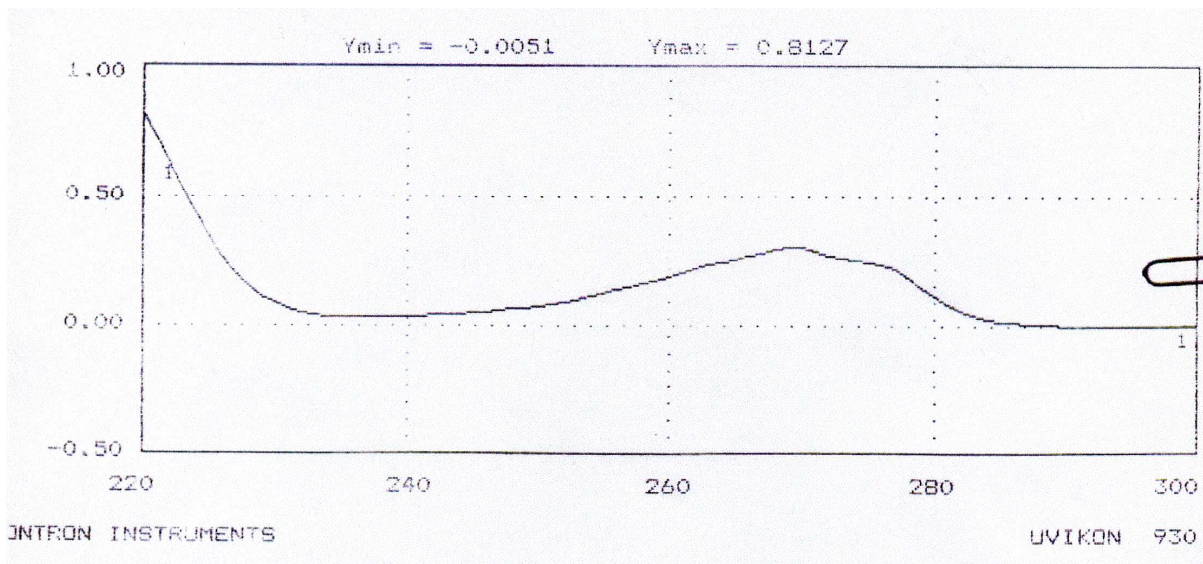


Fig. 36 : La spectrophotométrie des extraits d'ADN de *S. vermiculatus* 12

Dosages effectués sur un spectrophotomètre UVIKON 930

Les polysaccharides absorbent dans les alentours de 230nm, les acides nucléiques à ceux de 260nm et les protéines à 280nm. Courbe d'un extrait d'ADN à la technique de Shure *et al.* (1983)..

D'après Rether *et al.* (1993), les polysaccharides peuvent présenter des propriétés inhibitrices d'enzymes.

Les résultats de la RAPD sont exposés dans le tableau suivant :

Tab. 54 Résultats des amplifications de 12 amorces RAPD sur les *Scorpiurus*

Amorce	Séquence	PCR	Amorce	Séquence	PCR
A-60	5' GGTCCCTGAC	0	P-10	5' TCCCGCCTAC	0
A-09	5' GGGTAACGCC	3	P-11	5' AACGCGTCGG	3
P-02	5' TCGGCACGCA	0	P-13	5' GGAGTGCCTC	0
P-05	5' CCCC GGTAAC	0	P-16	5' CCAAGCTGCC	2
P-06	5' GTGGGCTGAC	0	P-17	5' TGACCCGCCT	2
P-09	5' GTGGTCCGCA	1	P-18	5' GGCTTGGCCT	1

0= nulle, 1= faible, 2= moyen, 3= bien.

Tout comme pour la morphologie, la caractérisation moléculaire RAPD décèle un grand polymorphisme génomique pour le peu d'échantillons analysés et d'amorces amplifiées. Les résultats obtenus ont donc été insuffisants pour pouvoir analyser la diversité des *Scorpiurus*.

Nous avons recherché d'autres marqueurs moléculaires pour l'étude de la diversité de ce genre, et nous avons opté pour les marqueurs microsatellites qui sont des marqueurs codominants et très reproductibles.

4.1.3.4. Single Sequence Repeat (SSR)

En se basant sur les acquis biotechnologiques de la plante modèle *Medicago truncatula* qui est une légumineuse fourragère, nous avons voulu déterminer des marqueurs microsatellites amplifiant les *Scorpiurus* pour la structuration de la diversité de ce genre.

Sur *M. truncatula* plus de 500 amorces SSRs ont été testées et un grand nombre d'entre elles ont fait l'objet du génotypage de cette espèce.

Le choix des amorces a été basé sur les résultats d'un travail réalisé sur la portabilité sur plusieurs espèces de légumineuses de 50 amorces microsatellites cartographiées sur *M. truncatula* (Abdelguerfi-Laouar, 2005) au laboratoire du Dr. Huguet T. (INRA/CNRS, Toulouse).

4.1.3.4.1. Extraction de l'ADN

Le matériel végétal étudié est composé de 3 taxons: *Scorpiurus vermiculatus*, *S. muricatus* et *S. subvillosus*. Chacun d'eux est représenté par deux populations d'origine algérienne. Quatre plants par population ont été choisis.

Le protocole d'extraction de l'ADN des plantes est le même que celui décrit par Ghérardi *et al.* (1998). C'est un protocole très pratique et simple, du fait qu'il utilise des feuilles sèches donc moins sensibles que des feuilles fraîches.

La révélation de l'ADN sur gel d'agarose (1%) a été satisfaisante, bien que pour certains échantillons, la présence de smires montrent l'existence de l'ARN (fig. 37). Pour ces échantillons nous avons rajouté 0,3 µl d'RNase.



Fig. 37 Migration de l'ADN extraite sur gel d'agarose

4.1.3.4.2. Protocole de la PCR-SSR

Les 10 marqueurs ou amorces SSRs (tab. 55) proviennent, en leur grande majorité, des banques d'ESTs (Expressed Sequence Tags), c'est à dire que les séquences qu'elles contiennent sont des séquences du génome exprimées et correspondent donc, à des gènes. Elles ont été choisies par rapport à leur grande compatibilité avec plusieurs espèces de légumineuses (fig. 38).

Tab. 55. Séquences des 10 amorces microsatellites

	µsat	L	motif répété	PCR	L (5' 3')	R(5' 3')
1	JF20	5	[TTG]11	55°	ATAAACTCCCCGCAACCATC	GCCTGGTGGAACCTGAACCTA
2	MTIC126	6	[AC]8	55°	CCCAGTTGCAGACTCTCTCA	GAAGGGTTTACCGGAGGAAG
3	MTIC19	2	[AAG]5[CT]11	55°	TCTAGAAAAAGCAATGATGTGA	TGCAACAGAAGAAGCAAAAAC
4	MTIC43	1	[ACC]5	55°	CGTCGTTACTCAAACGACACC	GCGTGTTCCTGCTGATTTCAT
5	MTIC339	4	[GAA]5	55°	TCAACGAGTTCAGCCAGTTC	ATTGCGGCATCTATGGTTTC
6	MTIC443	3	[AG]6	55°	GGCGTGAGACTATACGAGAA	GAGAAGTGGTTGTTGGTGAT
7	MTIC451	2	[TC]11	55°	GGACAAAATTGGAAGAAAAA	AATTACGTTTGTGGATGC
8	MTIC 153	6	[AG]5	55°	TCACAACATGCAACAAAAGTG	TGGGTCGGTGAATTTTCTGT
9	MTIC452	2	[TC]15	55°	CTAGTGCCAACACAAAAACA	TCACAAAACACTGCATAAAGC
10	MTIC236	1	[ATT]8	55°	AAGTCATCAGGACCAACAAC	TGTTTGACGCAAAGAAAGAT

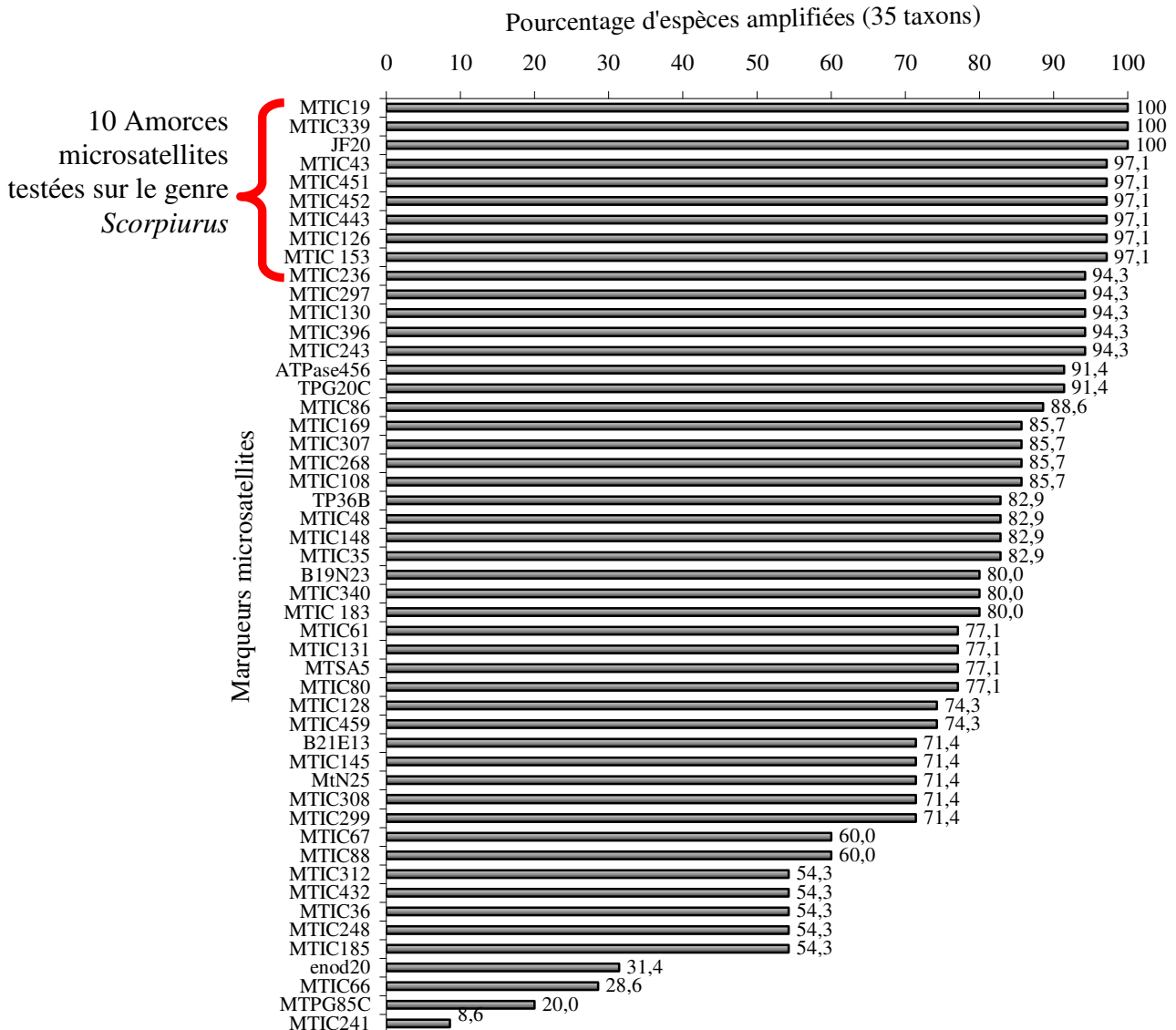


Fig. 38 Détermination des marqueurs à large et étroite compatibilité avec les légumineuses (Abdelguerfi-Laouar, 2005)

Les volumes employés pour une amplification dont le volume final est 25 µl sont : 9,3µl de H₂O pure et stérile, 2,5 µl de Tampon PCR 10X, 0,8 µl MgCl₂ à 50 mM, 4 µl de dNTP (1,25 mM), amorces 2 (50ng/µl), 0,2 µl (5U/µl) et en dernier 1,2µl d'ADN (30ng/µl). Le programme de PCR (thermocycleur : Mastercycler gradient d'Eppendorf) que nous avons utilisé est celui standardisé chez *M. truncatula* dans le laboratoire de l'Equipe du Dr. Huguet (INRA-CNRS Toulouse), qui correspond à :

- 1- 4 mn à 94°C
- 2- 30 secondes à 94°C
- 3- 30 secondes à 55°C
- 4- 30 secondes à 72°C
- 5- répéter les étapes 2 à 4, 40 fois
- 6- 6 mn à 72 °C

4.1.3.4.3. Résultats et Discussion

L'extraction de l'ADN a permis d'avoir une qualité et une quantité d'ADN satisfaisantes. Cela a été confirmé par la migration sur gel d'agarose, mais aussi suite au dosage au spectrophotomètre de cette ADN.

Bien que nous ayons choisi les 10 amorces qui ont amplifié le maximum d'espèces de légumineuses y compris autres que le genre *Medicago*, appartenant au trèfle, trigonelle et mélilot, cela n'a permis d'amplifier aucune population d'aucune espèce du genre *Scorpiurus*.

Ainsi la technique de PCR a été adaptée au *Scorpiurus* en obtenant de l'ADN purifié utilisé dans des analyses du génome. Le travail de recherche des amorces pouvant amplifier les taxons du genre doit être poursuivi. Les résultats obtenus doivent être comparés avec ceux d'autres espèces dont la synténie (ordre d'alignement des marqueurs ou des séquences le long des chromosomes) est comparable. Cette approche vise essentiellement à confirmer des hypothèses fortement appuyées par l'autoécologie pour mettre en évidence définitivement la phylogénie du genre.

Il s'avère d'après le travail sur la phylogénie des Fabacées de Doyle et Luckow (2004) que la taille du génome est un critère important pour leur classification. *Scorpiurus vermiculatus* 2n=14 présentant un petit génome (392 Mbp) proche de *Medicago truncatula* plante modèle 2n=16 (466 Mbp) pourrait être mieux connu. Une autre espèce *Pisum sativum* 2n=14 (1000 Mbp) a été comparée à *M. truncatula*. Il résulte de cette étude que le pois et *Medicago* sont très proches d'un point de vue phylogénétique. Il s'avère que pour cinq chromosomes, la répartition des marqueurs est essentiellement colinéaire, tandis que des marqueurs situés sur les deux autres chromosomes du pois se trouvent répartis sur trois chromosomes de *Medicago* (Journet et Al, 2001).

4.4. Détermination des rhizobiums

4.4. 1. Introduction

Une alternative importante aux engrais chimiques est l'utilisation des biofertilisants microbiens. Les légumineuses dépendent des rhizobiums pour leur nutrition azotée. Plusieurs chercheurs à travers le monde exploitent le potentiel que représente cette symbiose pour augmenter la productivité des légumineuses.

La symbiose légumineuse-rhizobium, est donc l'association entre deux organismes avec bénéfice réciproque. La plante fournit aux micro-organismes des sucres synthétisés par photosynthèse, les micro-organismes fournissent à la plante des éléments minéraux (azote ammoniacal).

Cette symbiose est caractérisée par une spécificité, plus ou moins stricte, entre la plante et la bactérie, la nodulation d'une même plante par plusieurs espèces bactériennes et une efficacité vis-à-vis de la fixation d'azote qui varie selon le microsymbiote.

L'ensemble de ces organismes est désigné sous le terme de rhizobiums. Les rhizobiums sont subdivisés en espèces et en sous-espèces nommées biovars (une variété biologique) d'après l'espèce hôte (Hopkins, 2003).

Ces vingt dernières années, les études sur la diversité des bactéries nodulant les légumineuses (BNL) se sont multipliées, et l'on compte actuellement au moins 11 genres et 42 espèces de BNL validées. Les BNL sont réparties dans six familles parmi les sub-phyla alpha et bêta du phylum des protéobactéries. Les méthodes employées pour caractériser ces bactéries ont beaucoup évolué, en particulier au profit des techniques moléculaires (De Lajudie, 2004).

Les rhizobiums, ou rhizobia, sont des bactéries saprophytes, Gram négatives, strictement aérobies, capables de se développer en milieu libre aux substrats organiques mais sans assimiler N₂. Cette propriété ne se déclare que lorsque les bactéries sont dans les nodules (Pelmont, 1994).

Nous présentons une classification qui mentionne les principaux genres actuellement connus (Tableau 56).

4.4.2. La spécificité dans l'association symbiotique

Auparavant, il a été considéré que chaque espèce de rhizobium est spécifique à un genre donné de légumineuse. Cependant, de récentes études ont abouti au fait que c'est la plante qui piège la bactérie pour ses besoins azotés en cas d'un bilan potassique excédentaire et exploite préférentiellement le rhizobium qui lui est spécifique. En l'absence de celui-ci certaines espèces de légumineuses piègent d'autres rhizobiums du même genre (Boivin Masson., 2006). Ainsi il existe une reconnaissance entre les deux partenaires.

N'importe quel *Rhizobium* ne peut s'associer avec n'importe quelle légumineuse: Il y a des espèces de *Rhizobium* qui sont spécifiques à une seule espèce ou à un genre de légumineuses, d'autres rentrent en association avec différentes espèces du même genre ou de genres différents.

La légumineuse peut parfaitement se développer sans la bactérie sur un sol stérilisé contenant, comme seule source d'azote, des nitrates ou sels ammoniacaux ; de même, la bactérie peut proliférer sans légumineuse sur un milieu synthétique contenant une substance organique azotée. Ni l'une ni l'autre, séparées n'assimilent l'azote libre (Cachan, 2000).

L'analyse du phénomène a été grandement facilitée par la génétique. Les gènes *nod*, *nif*, *fix* se trouvent sur des plasmides.

Les flavonoïdes des racines et divers composés phénoliques activent les gènes bactériens *nod* dont les produits vont faciliter le mécanisme infectieux. Il existe une spécificité à ce niveau. Les produits émis par les racines induisent les gènes *nod* dans les souches déterminées. Tous ces produits appartiennent en général à trois groupes chimiques, les flavones, flavonones et isoflavones.

Tab. 56. Classification des bactéries fixatrices d'azote symbiotique des légumineuses (d'après Zakhia et de Lajudie, 2001 actualisé in Abdelguerfi-Laouar, 2005)

Espèces	Plantes hôte	Références
Sous classe alpha-protobactérie		
Rhizobium		
<i>R. leguminosarum</i>		Frank (1889)
<i>biovar viciae</i>	<i>Pisium sativum</i> , <i>Vicia</i> , <i>Lathyrus</i> , <i>Lens</i>	Frank (1889) ; Jordan (1984)
<i>biovar trifolii</i>	<i>Trifolium pratense</i>	Frank (1889) ; Jordan (1984)
<i>biovar phaseoli</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frank (1889) ; Jordan (1984)
<i>R. tropici</i>		
Type II A	<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Leucaena leucocephala</i>	Martinez-Romero <i>et al.</i> (1991)
Type II B	<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Leucaena leucocephala</i>	Martinez-Romero <i>et al.</i> (1991)
<i>R. elti</i>		Segovia <i>et al.</i> (1993)
<i>biovar phaseoli</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Hernandez-Lucas <i>et al.</i> (1995)
<i>biovar mimosae</i>	<i>Mimosa affinis</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Phaseolus vulgaris</i>	Wang <i>et al.</i> (1999a)
<i>R. hainanense</i>	<i>Desmodium sinuatum</i> et plantes des régions arides.	Chen <i>et al.</i> (1997)
<i>R. gallicum</i>		Amarger <i>et al.</i> (1997)
<i>biovar gallicum</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Amarger <i>et al.</i> (1997)
<i>biovar phaseoli</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Amarger <i>et al.</i> (1997)
<i>R. mongolense</i>	<i>Medicago ruthenica</i>	Van Berkum <i>et al.</i> (1998)
<i>R. galegae</i>		Lindstöm (1989)
<i>biovar orientalis</i>	<i>Galega orientalis</i>	Nick (1998)
<i>biovar officinalis</i>	<i>Galega officinalis</i>	Nick (1998)
<i>R. giardinii</i>		Amarger <i>et al.</i> (1997)
<i>biovar giardinii</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Amarger <i>et al.</i> (1997)
<i>biovar phaseoli</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Amarger <i>et al.</i> (1997)
<i>R. huanlens</i>	<i>Sesbania herbacea</i>	Wang <i>et al.</i> (1998)
Mesorhizobium		
<i>M. loti</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	Jarvis <i>et al.</i> (1982)
<i>M. huakuii</i>	<i>Astragalus sinicus</i> , <i>Acacia</i>	Chen <i>et al.</i> (1991)
<i>M. cicer</i>	<i>Cicer arietinum</i>	Nour <i>et al.</i> (1994)
<i>M. tianshanense</i>	<i>Glycyrrhiza pallidiflora</i> et tropicales plantes	Chen <i>et al.</i> (1995)
<i>M. mediterraneum</i>	<i>Cicer arietinum</i>	Nour <i>et al.</i> (1995)
<i>M. plurifarum</i>	<i>Acacia</i> , <i>Prosopis</i>	De Lajudie <i>et al.</i> (1998a)
<i>M. amorphae</i>	<i>Amorpha fruticosa</i>	Wang <i>et al.</i> (1999b)
Sinorhizobium		
<i>S. meliloti</i>	<i>Medicago</i> , <i>Melilotus</i> , <i>Trigonella</i>	Chen <i>et al.</i> (1988)
<i>S. fredii</i>		Dangeard (1926) ; de Lajudie <i>et al.</i> (1994) ; Jordan (1984)
chemovar <i>fredii</i>	<i>Glycine max</i>	de Lajudie <i>et al.</i> (1994) ; Scholla et Alkan (1984)
chemovar <i>siensis</i>	<i>Glycine max</i>	Scholla et Alkan (1984)
<i>S. sahelens</i>	<i>Sesbania spp.</i>	Scholla et Alkan (1984)
<i>biovar acaciae</i>	<i>Acacia ssp.</i>	de Lajudie <i>et al.</i> (1994)
<i>biovar sesbaniae</i>	<i>Sesbania spp.</i>	Boivin et Giraud (1999)
<i>S. teranga</i>		Boivin et Giraud (1999)
<i>biovar acaciae</i>	<i>Acacia ssp.</i>	de Lajudie <i>et al.</i> (1994)
<i>biovar sesbaniae</i>	<i>Sesbania spp.</i>	Lortet <i>et al.</i> (1996)
<i>S. medicae</i>	<i>Medicago</i>	Lortet <i>et al.</i> (1996)
<i>S. kostiense</i>	<i>Acacia</i> , <i>Prosopis</i>	Rome <i>et al.</i> (1996)
<i>S. arbores</i>	<i>Acacia</i> , <i>Prosopis</i>	Nick <i>et al.</i> (1999)
Azorhizobium		
<i>A. caulinodans</i>	<i>Sesbania rostrata</i>	Nick <i>et al.</i> (1999)
<i>Azorhizobium sp.</i>	<i>Sesbania rostrata</i>	Dreyfus <i>et al.</i> (1988)
Bradyrhizobium		
<i>B. japonicum</i>	<i>Glycine max</i> , <i>Glycine soja</i>	Dreyfus <i>et al.</i> (1988)
<i>B. elkanii</i>	<i>Glycine max</i>	Dreyfus <i>et al.</i> (1988)
<i>B. liaoningense</i>	<i>Glycine max</i> , <i>Glycine soja</i>	Rinaud <i>et al.</i> (1991)
<i>Bradyrhizobium sp.</i>	<i>Vigna</i> , <i>Lupinus</i> , <i>Mimosa</i> , <i>Acacia</i> , <i>Aeschynomene</i>	Jordan (1982)
		Jordan (1982)
		Jordan (1984)
		Kuykendall <i>et al.</i> (1992)
		Xu <i>et al.</i> (1995)
		Jordan (1982) ; Dupuy <i>et al.</i> (1994) ; Alazard (1985) ; Young <i>et al.</i> (1991)
		de Lajudie <i>et al.</i> (1998b)
		de Lajudie <i>et al.</i> (1998b)
		SY <i>et al.</i> (2001) ; Jaftha <i>et al.</i> (2002)
Allorhizobium		
<i>A. undicola</i>	<i>Neptunia natans</i>	
Methylobacterium		
<i>M. nodulans</i>	<i>Crotalaria spp.</i> et <i>Lotononis bainesii</i>	
Sous classe beta-protobactérie		
Bulkholderia		
<i>B. tuberum</i> (STM678)	<i>Aspalathus carnosa</i>	Moulin <i>et al.</i> (2001) ; Vandamme <i>et al.</i> (2002)
<i>B. phymatum</i> (STM815)	<i>Machaerium lunatum</i>	Moulin <i>et al.</i> (2001) ; Vandamme <i>et al.</i> (2002)
<i>B. caribensis</i>	<i>Machaerium lunatum</i>	Chen <i>et al.</i> (2003)
Ralstonia		
<i>Ralstonia taiwanensis</i>	<i>Mimosa pudica</i> et <i>M. Diplotricha</i>	Chen <i>et al.</i> (2003a) ; Chen <i>et al.</i> (2003b)

- a. une flavone, est produite par la luzerne et se présente comme l'inducteur le plus actif des gènes *nod* chez *Rhizobium meliloti*.
- b. une flavonone intervient chez *R. leguminosarum*.
- c. une isoflavone est inductrice chez *Bradyrhizobium japonicum*.

D'autre part, ces substances sont souvent remarquablement actives à des doses aussi faibles que 100 nanomolaires. En outre, certains flavonoïdes ont des effets antagonistes de l'induction. C'est donc une véritable conversation chimique qui anime les rapports entre la plante et les bactéries, à grand renfort d'activateurs et d'inhibiteurs. Une conversation que les Rhizobiums ne sont pas les seuls à comprendre, apparemment : des substances émises par la plante activent la multiplication d'autres micro-organismes ou l'inhibent, selon les cas. Il s'agit d'un procédé général utilisé par le végétal pour régler la composition de la microflore autour de ses racines. Dans le cas particulier de *Rhizobium*, le bombardement chimique aurait comme issue le déclenchement des gènes *nod*.

La réponse de la plante sera de construire un nodule et de fabriquer de nouveaux produits capables de stimuler la différenciation des bactéries et de faciliter la réduction de N_2 . Il existe plusieurs sortes de gènes *nod*:

- a. *nodD*, nécessaire à l'activation des autres gènes *nod* sous l'action des flavonoïdes ; chaque souche bactérienne possède donc son (ou ses) *nodD*. Le produit *nodD* fait deux opérations : reconnaître le flavonoïde inducteur et activer la transcription de l'opéron *nodABC*, de *nodeFG* et de *nodM*.
- b. des gènes communs à toutes les souches et interchangeableables, *nodABC*, nécessaires notamment pour induire le "curling" (ou recourbement des poils racinaires) et pour inciter les cellules végétales à se diviser (en vue de la formation du nodule).
- c. des gènes *nod* spécifiques de la plante à infecter et non interchangeableables entre les souches : *nodH*, *nodeFG*, *nodPQ*...

Comment comprendre le principe de cette "conversation" spécifique ? Il peut y avoir plusieurs étapes.

- a. La plante émet ses propres substances, les flavonoïdes, son odeur en quelque sorte. Elle est perçue ou non par la bactérie. Dans le premier cas se produit l'activation de *nodD*. Certaines espèces n'ont qu'un seul gène *nodD*, et ne reconnaissent qu'une gamme très limitée de substances. D'autres ont une spécificité plus large et sont moins exigeantes sur la nature de la plante. Comment ? L'astuce est d'avoir plusieurs exemplaires de *nodD* : *nodD1*, *nodD2*, *nodD3* chez *Rhizobium meliloti*.
- b. les bactéries répondent par la synthèse de molécules nouvelles, des tétrasaccharides d'un genre spécial. Ces produits ont toujours la même allure, un peu comme des clés de voiture qui se ressemblent mais n'ouvrent pas les mêmes véhicules.
- c. la réponse de la plante : elle détecte ou non les produits émis par les bactéries. Une reconnaissance spécifique qui est probablement du genre de ce que les plantes savent faire bien souvent : fixer des polysaccharides déterminés avec des protéines agissant comme récepteurs, peut-être des lectines. La fixation du signal sur le récepteur est de nature à déclencher une cascade d'événements dans la cellule végétale, par exemple une dérégulation permettant une modification de la paroi et une accélération des divisions.

La présence physique des bactéries n'est pas indispensable au curling. La déformation des poils absorbants est le premier signal, facilement détecté, qui montre à l'observateur que la plante a reconnu le polysaccharide: étape initiale de l'infection. La fonction essentielle revient à un facteur diffusible commandé par *nod*, isolé pour la première fois de *R. meliloti* sur luzerne, désigné par *NodRm-1* (*NodRm-IV(s)*). C'est le produit qui va faire office de clé ! Il s'agit d'un oligosaccharide spécial à base de N-acétylglucosamine contenant un acide gras insaturé en C16 et d'un groupe sulfate. Sa synthèse est commandée par l'opéron *nodeFG*.

NodRm-1 est excrété par *R. meliloti* sous l'influence d'un flavonoïde (flavone), à condition que les gènes *nod* communs et un gène de spécificité d'hôte (*nodH*) soient fonctionnels. *NodRm-1* est actif sur la luzerne à une dose extrêmement faible comprise entre 10^{-8} et 10^{-11} M (Pelmont, 1994).

4.4.3. Les mécanismes de la symbiose

Le nombre des rhizobiums est très variable, il s'étend de zéro à 10 jusqu'à 10^7 /g de sol ; il dépend de la structure du sol, de son contenu en eau et de nombreux autres facteurs. En présence des racines de l'hôte, Les bactéries se multiplient, et colonisent la rhizosphère; (la rhizosphère est généralement définie comme étant le sol qui est sous l'influence direct des racines). La richesse de ce sol en nutriments peut varier selon l'âge de la plante et du tissu racinaire, l'espèce, l'état physiologique, ainsi que les propriétés chimiques et physiques du sol. La rhizosphère est le siège d'échanges intenses ayant lieu entre les racines et le sol. Ces échanges sont d'ordre physiques, chimiques et biologiques (Saddiki, 1999).

L'attraction des bactéries par les racines des plantes hôtes semble d'abord impliquer un chimiotactisme positif, autrement dit, un mouvement vers un stimulant chimique. Le chimiotactisme permet à l'organisme, de détecter les nutriments ou les composés chimiques qui lui sont bénéfiques ou qui sont nécessaires à sa croissance et à sa reproduction. On sait que les racines exsudent de nombreux acides aminés, de glucides et d'acides organiques qui peuvent servir de nutriments aux rhizobiums.

Après avoir colonisé la rhizosphère, les rhizobiums commencent à synthétiser des signaux moléculaires morphogènes appelés facteurs de nodulation, ou facteurs nod. Par conséquent les facteurs nod sont des lipochitinoooligo saccharides. Les facteurs nod, secrétés dans la solution du sol par les rhizobiums, induisent de nombreux changements importants de la croissance et du métabolisme des racines de l'hôte qui précèdent l'invasion des poils absorbants par les rhizobiums puis le développement du nodule. Ces modifications comprennent une production accrue de poils absorbants et le développement de racines plus courtes et plus épaisses. Les poils absorbants dont la reprise de croissance est stimulée par les facteurs nod, se ramifient et se recourbent en crosse à leur extrémité ('curling').

Avant d'envahir leur hôte, les rhizobiums émettent également des signaux mitogènes qui stimulent la division de cellules du cortex ; ces cellules en division forment le méristème primaire du nodule, délimitant ainsi la région dans laquelle le nodule se développera éventuellement (Fig. 39). Un second centre de division apparaît dans le péricycle. Ces deux masses de cellules en division pourront éventuellement fusionner pour former le nodule complet (Hopkins, 2003).

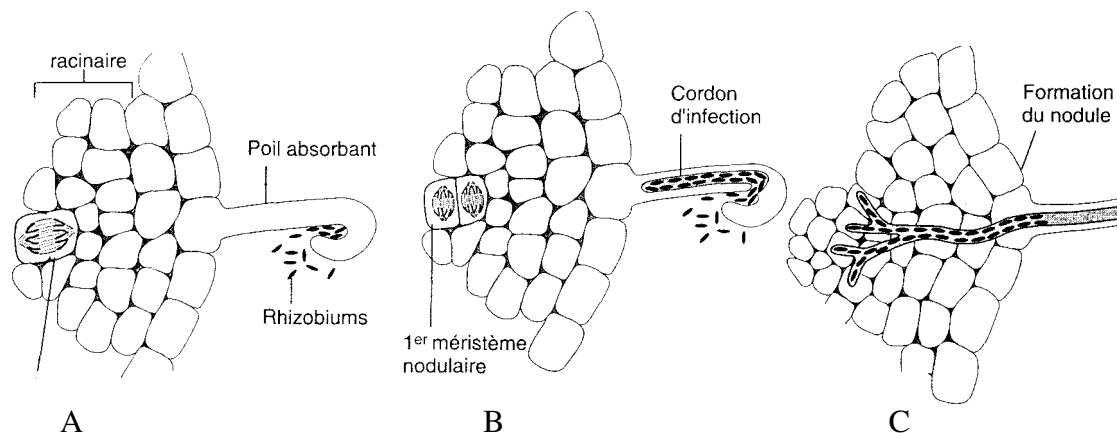


Fig. 39 Schéma du mécanisme d'infection qui provoque la formation d'un nodule.

(A) En réponse à des signaux émis par la racine de la plante hôte, les rhizobiums colonisent le sol à proximité de la racine. A leur tour, les rhizobiums stimulent l'enroulement de l'extrémité d'un poil absorbant et émettent simultanément des signaux mitogènes qui stimulent des divisions cellulaires dans le cortex de la racine (B).

Les rhizobiums envahissent la racine en digérant la paroi du poil absorbant et en formant un cordon infectieux, Les rhizobiums continuent de se multiplier pendant la progression du cordon infectieux vers le cortex de la racine (C). Le cordon infectieux se ramifie de façon à pénétrer dans de nombreuses cellules corticales, alors qu'un nodule se forme et devient visible sur la racine. Le stade final (non représenté) est le déversement des rhizobiums dans les cellules de l'hôte et l'activation de la machinerie fixatrice d'azote (Hopkins, 2003).

4.4.4. Matériels et méthodes

Les méthodes utilisées dans cette partie ont été expérimentées par Sanagho (1977) et par Benhalima *et al.*, (2004) comme préalable à la confirmation de l'identité des bactéries par des outils moléculaires.

Il nous a paru utile d'orienter la connaissance des symbiotes inoculant un des taxons de notre étude. L'ensemble de ce travail a été réalisé au laboratoire de phytopathologie du département de biologie de l'université de Chlef.

4.4.4.1 Matériel

Dans notre étude expérimentale nous avons isolé des souches bactériennes à partir des nodosités de trois espèces de légumineuses fourragères spontanées, récoltées sur des friches dans la région de Chlef.

-*Medicago polymorpha* L. (MP)

-*Scorpiurus sulcatus* L. (SS)

-*Melilotus infesta* Guss. (MI)

Les trois espèces ont été choisies car rencontrées souvent ensemble lors de nos prospections. De plus n'ayant trouvé aucune référence bibliographique sur les taxons étudiés du genre *Scorpiurus*, nous les avons cadrés par des espèces connues et/ou de référence (cas de *Medicago polymorpha*) pour l'étude des symbiotes.

La collecte des nodules a été faite au printemps à une période de compromis entre le début de formation de gousses des plantes et la présence de nodules actifs.

Les nodules de 2 ou 3 plantes sont détachés des racines et mis dans un tube de CaCl₂ en granulé couvert par du coton cardé. Les tubes sont conservés au froid à 4 °C.

4.4.4.2. Méthodes

Isolement des Rhizobiums

Les nodules à observer sont mis dans l'hypochlorite de calcium à 2 % pendant 2 mn, puis lavés avec de l'eau distillée stérile et agités pendant 5 mn. L'opération de lavage est répétée une seconde fois puis les nodules sont séchés avec du papier filtre stérile.

Après le séchage, les nodosités sont broyées avec 5 ml d'eau distillée, et versées dans un tube à essai en complétant le volume jusqu'à 10 ml.

Préparation des dilutions

Pour qu'il n'y ait pas un encombrement de colonies et afin de bien distinguer les souches et d'établir une bonne identification, nous avons préparé des dilutions de la solution bactérienne jusqu'à 10⁻⁵.

Le milieu de culture Pochon est stérilisé et reparti de façon à obtenir à partir de la solution mère différentes concentrations de solutions bactériennes (10⁻¹, 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵). Pour chaque dilution, nous avons étalé la bactérie dans 4 boîtes de pétri qui ont été mises en incubation pendant 4 à 5 jours à une température de 30 °C.

Pour purifier nos colonies, nous avons fait des repiquages successifs sur le milieu pochon jusqu'à purification totale de nos souches. Le repiquage a été réalisé par la technique d'ensemencement par stries. Les souches ainsi purifiées, sont mises en conservation à 6 °C et utilisées pour tous les tests.

Dénombrement des colonies

La technique consiste à faire au niveau de chaque boîte un comptage systématique des colonies présentant les caractéristiques morphologiques des rhizobiums

4. Etude des caractères morphologiques

L'examen Microscopique à l'état frais permet d'observer la morphologie des bactéries sans utilisation des colorants. L'observation au microscope optique se fait après le dépôt d'une gouttelette de suspension entre lame et lamelle.

La coloration simple par le bleu de méthylène a pour but d'observer la morphologie bactérienne colorée. Une gouttelette de la suspension bactérienne est déposée sur une lame sous forme de carré par le processus de l'étalement à l'aide d'une pipette pasteur. Le produit est séché à l'aide d'un bec de benzène, ensuite nous avons ajouté le colorant de bleu méthylène, puis lavé et séché la lame pour observer la bactérie au microscope.

Etude des caractéristiques biochimiques

Pour la détermination de certaines caractéristiques biochimiques de nos symbiotes, nous avons réalisé ces tests par les méthodes classiques.

1 Test De Gram:

Il a pour but d'identifier les structures des parois des bactéries utilisées. Il consiste en un étalement bactérien sur une lame et sa fixation par la chaleur; une coloration pendant une minute avec une solution de violet de gentiane; un rejet du colorant sans lavage ; un rinçage pendant 30 secondes avec une solution de lugol ; un lavage à l'eau ; une décoloration avec de l'alcool à 95 % pendant une dizaine de secondes suivie d'un rinçage immédiat sous un robinet ; une courte coloration avec la solution de fushine pendant 2 à 3 secondes ; une décoloration avec de l'alcool à 95 % pendant une dizaine de secondes suivie d'un rinçage immédiat sous un robinet ; lavage à l'eau et séchage à l'air ou par un bec de Benzene. L'observation microscopique montre que les bactéries gram+ gardent leur coloration violette après passage à l'alcool tandis que les Bactéries gram- sont décolorées par l'alcool et apparaissent rose ou rouge.

2 Test de catalase

Le catalase est une enzyme qui empêche l'accumulation du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) issu de la voie respiratoire oxydative des bactéries, et qui est un produit létal pour les bactéries. Ce test a une grande importance dans la différenciation des grams négatifs.

Une goutte de pyroxyde d'hydrogène (H_2O_2) est déposée sur une lame contenant la culture bactérienne. Une réaction positive se traduit par l'apparition de bulles.

3 Test d'oxydase

L'enzyme oxydase intervient dans divers couples d'oxydoréduction.

Le test permet d'établir si une bactérie contient ou non un certain type de cytochrome dans sa chaîne respiratoire qui oxyde certains composés chimiques comme le tétra méthyle para- phényldiamine. Une crème bactérienne est déposée sur une lame contenant un disque d'oxydase, l'apparition d'une coloration noire sous forme d'un cercle sur la colonie indique une oxydase positive.

4 Influence de la température sur la croissance

Ce test consiste à ensemercer la surface gélosée avec une suspension bactérienne. L'incubation des boîtes est portée à une température de 44 °C pendant 48 heures.

5 Dégradation des sucres

Nous avons utilisé le glucose et l'amidon sous forme d'ampoule. Le milieu Megav a été liquéfié au bain marie à 100 °C. Après ajout de 7 gouttes de sucre et solidification, le milieu a été ensemencé par piqûre centrale et mis en incubation à 30 °C pendant 24 heures. Une réaction positive est traduite par le virage de la couleur rouge vers le jaune, des troubles très larges par rapport à la piqûre centrale et une formation de bulles d'air.

6 Dégradation du mannitol

Il permet de rechercher simultanément la mobilité de la bactérie et la dégradation du mannitol par celle-ci sur milieu semi solide. L'ensemencement se fait par piqûre centrale à partir de la suspension bactérienne et l'incubation à 30 °C pendant 24 heures. Une réaction positive se traduit par le virage de couleur du rouge vers le jaune.

Etude du métabolisme protéique

1 Recherche de l'action de l'uréase

L'uréase est une enzyme qui dégrade l'urée en ammoniac et carbonate d'ammonium. Cette activité enzymatique peut être mise en évidence, en cultivant les souches à tester sur milieu purée indole, puis mis en incubation à 30 °C pendant 24 heures. Une réaction positive change la couleur du milieu de l'orange vers le rouge ou le rose.

2 Recherche de la transaminase (le tryptophane désaminase TDA)

L'activité TDA est mise en évidence après culture d'une suspension épaisse de la bactérie âgée de 24 heures sur milieu de Fergusson (urée indole). L'ajout de 2 ou 3 gouttes de réactif TDA provoque une coloration marron foncée lors d'une réaction positive.

3 Recherche de la production d'indole

Il permet de savoir si un organisme peut produire de l'indole à partir du tryptophane. Il consiste à faire croître l'organisme étudié dans de l'eau peptoné exempt de l'indole à 30 °C pendant 24 heures. 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs sont ajoutées alors à la culture dans un tube fermé ensuite agité. La formation d'un anneau rouge ou rose en surface indique une réaction positive.

4 Production d'hydrogène sulfuré (H₂S)

L'espèce examinée est inoculée en profondeur par une piqûre centrale et en surface par stries dans un tube contenant un milieu TSI. L'incubation est réalisée à 30 °C pendant 24 heures. L'apparition des traces noires de sulfure ferreux et la production du gaz montrent que la réaction est positive.

5 Test d'ONPG (l'Ortho-nitrophényl -3-D galactosidase)

Pour que le lactose soit attaqué par une bactérie, il faut qu'il pénètre dans la cellule microbienne. Cette pénétration va dépendre d'une enzyme la galactosidase perméase une autre enzyme intracellulaire, la B.galactosidase, catalysant la scission du lactose en glucose et galactose. Un disque d'ONPG a été déposé dans la suspension bactérienne, puis incubé à une température de 30 °C pendant 24 heures. La coloration jaune indique que le résultat est positif.

6 Test de Citrate

Le milieu citrate de Simmons est utilisé pour ce test, il ne contient que le citrate comme seule source de carbone et d'énergie, seules les bactéries possédant le citrate perméase sont capables de s'y développer.

Le milieu citrate de Simmons est inoculé en surface et incubé à une température de 30°C pendant 24 heures. Une réaction positive est traduite par le virage de la couleur verte vers le bleu.

7 Test d'antibiogramme

Le test d'antibiogramme réalisé selon la méthode des disques (diffusion) est la méthode la plus utilisée (Singleton et Bury, 1984 ; Xu et Chen, 1995).

Le test d'antibiogramme des souches de rhizobium, permet de déterminer la sensibilité ou la résistance de nos souches vis-à-vis de divers antibiotiques par la méthode de diffusion en milieu Muller-Hinton, en utilisant des disques chargés d'antibiotiques (voir tableau 57).

La technique consiste à prendre des boîtes de pétri contenant une gélose nutritive spécialement utilisée pour ce test de sensibilité aux antibiotiques, c'est dans le milieu Muller-Hinton que les souches bactériennes âgées de 24 heures sont mises en suspension dans des bouillons nutritifs.

Cette suspension bactérienne est ensemencée sur la totalité de la surface gélosée à l'aide d'un écouvillon stérile. Puis on dépose sur le milieu ensemencée des disques d'antibiotiques (les disques d'antibiotiques doivent être espacés de 24 mm centre à centre).

L'incubation des boîtes est portée à une température de 30 °C pendant 24 heures. La sensibilité ou la résistance des souches vis-à-vis des différents antibiotiques consiste à apprécier les distances en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition à l'aide d'une règle. La classification des souches est faite selon le tableau suivant:

Tableau 57: Evolution des zones d'inhibition en (mm) en fonction des antibiotiques testés

Antibiotiques	symbole	Concentration	Résistance	Intermédiaire	Sensible
Cefotaxine	CTX	30 mcg	≤ 14	15-22	≥23
Colistine	CT	10 mcg	≤8	9-10	≥11
Clindamycine	DA	2 mcg	≤14	15-16	≥17
Doxycycline	Do	30 mcg	≤12	13-15	≥16
Erythromycine	Entreprise	15 mcg	≤13	14-17	≥18
Gentamycine	CN	10 mcg	≤12	13-14	≥15
Lincomycine	L	2 mcg	≤9	10-14	≥15
Nalidixic acide	NA	30 u	≤13	14-18	≥19
Penicilline	P	10 u	≤11	12-21	≥22
Tetracycline	TE	30 mcg	≤14	15-18	≥19

mcg: millicentigramme u : unité (Ericsson et Sherris, 1971)

4.4.5. Résultats et discussions

La technique d'isolement a été effectuée à partir des nodosités des espèces légumineuses fourragères spontanées ; nous sommes arrivés à isoler 16 souches : 4 souches nodulant *Medicago polymorpha*, 9 de *Scorpiurus sulcatus* et 3 de *Melilotus infesta*.

Résultats

Caractères morphologiques

Au cours de cette partie nous avons réalisé plusieurs examens macroscopiques pour déterminer l'aspect des colonies ainsi que des examens microscopiques après coloration de gram et coloration simple au bleu de méthylène afin de confirmer l'appartenance des souches isolées des rhizobiums.

Les résultats sont rapportés dans le tableau 58

Tableau 58 : résultats des observations phénologiques des souches

Espèces	Codes des souches	Aspects microscopiques	Aspects macroscopiques
MP	E ₁ S ₁ , E ₁ S ₂ , E ₁ S ₃ , E ₁ S ₄	Colonies circulaires de couleur blanche châtre, gommeuses convexes à bord nets	Cellules en bâtonnets avec un diamètre compris entre 0,5 et 0,9 mm.
SS	E ₂ S ₁ , E ₂ S ₂ , E ₂ S ₃ , E ₂ S ₄ , E ₂ S ₅ , E ₂ S ₆ , E ₂ S ₇ , E ₂ S ₈ , E ₂ S ₉	Colonies circulaires de couleur blanche châtre, bombées.	Cellules en bâtonnets disposés en chaînes et isolées avec un diamètre compris entre 0,5 et 1,2 mm.
MI	E ₃ S ₁ , E ₃ S ₂ E ₃ S ₃		

MP : *Medicago polymorpha* ; SS : *Scorpiurus sulcatus* ; MI : *Melilotus infesta*

Les examens microscopiques ont montré que les souches isolées sont toutes gram-. Nous avons remarqué aussi que la morphologie des cellules est variable selon les espèces, elles sont sous forme de bâtonnets et disposées en chaînes étalées en Y ou T ; ce résultat confirme celui de Pelmont (1995) et de Larpent (1997).

La pré identification des souches, basée sur les aspects morphologiques, a montré que les rhizobium se développent sur le milieu Pochon sous forme de petites colonies avec une température de 30 °C et un pH égal à 8.

Leurs parois sont composées d'oses aminés en quantité variable, de lipides en quantité importante avec absence d'acide teichoïque.

Caractères physiologiques et biochimiques

Les résultats des différents tests d'identification sont portés dans le tableau 59.

Tableau 59: les résultats des tests d'identification des souches de Rhizobiums

Souches	Gram	Catalase	Citrate	Urease	TDA	Indole	ONPG	H ₂ S	Manitol
E ₁ S ₁	-	+	-	+	+	-	+	-	+
E ₁ S ₂	-	+	-	+	+	-	-	-	+
E ₁ S ₃	-	+	-	+	+	-	+	-	+
E ₁ S ₄	-	+	-	+	+	-	+	-	+
E ₂ S ₁	-	+	-	-	+	-	+	-	-
E ₂ S ₂	-	+	-	-	+	-	+	-	+
E ₂ S ₃	-	+	-	-	+	-	+	-	-
E ₂ S ₄	-	+	-	+	+	-	+	-	+
E ₂ S ₅	-	+	-	+	+	-	+	-	+
E ₂ S ₆	-	+	-	+	+	-	+	-	+
E ₂ S ₇	-	+	-	+	+	-	+	-	+
E ₂ S ₈	-	+	-	+	+	-	+	-	+
E ₃ S ₉	-	+	-	-	+	-	+	-	-
E ₃ S ₁	-	+	-	-	+	-	+	-	+
E ₃ S ₂	-	+	-	+	+	-	+	-	-
E ₃ S ₃	-	+	-	+	+	-	+	-	+

Résultats des différents tests biochimiques

Toutes les souches testées sont gram-, catalase, TDA et ONPG positives ; citrates, indole et production d' H₂S négatives. Cette réponse identique aux différents tests conforte notre choix des espèces accompagnant *S. sulcatus*.

Ces bactéries sont caractérisées par une croissance lente car le temps de régénération est supérieur à 6 heures.

L'influence de la température sur la croissance montre que nos souches n'appartiennent pas aux genres *Rhizobiums* et *Bradyrhizobiums* car ces deux derniers ne présentent pas de croissance à 44 °C (Larparent, 2000).

Compte tenu que *Medicago polymorpha* est spécifiquement nodulé par *Sinorhizobium meliloti*, nous considérons que les souches isolées des nodules de cette plante sont des *S. meliloti*. Les souches contaminant *Scorpiurus sulcatus* se comportent de la même manière que celles associées à *M. polymorpha*, de ce fait, il est probable que les souches nodulant *S. sulcatus* appartiennent au genre *Sinorhizobium*.

Résultats de l'utilisation des différents sucres

Des réactions positives ont été observées pour les sucres testés. Nous avons constaté que les bactéries étaient immobiles dans le milieu. Les souches étudiées ont montré la dégradation du glucose de l'amidon et aussi du mannitol.

Test d'antibiogramme

Mises en présence d'antibiotiques, les espèces et les souches démontrent une variabilité de résistance et de sensibilité (tableau 60).

Toutes les souches testées sont sensibles à la gentamycine, doxycycline et colistine, cette sensibilité a été signalée par Torbora et Berdell (2001). Par contre pour l'érythromycine et clindamycine l'ensemble des souches sont résistantes.

Tableau 60: résultat du test d'antibiogramme

Souches	MP				SS								MI			
	E ₁ S ₁	E ₁ S ₂	E ₁ S ₃	E ₁ S ₄	E ₂ S ₁	E ₂ S ₂	E ₂ S ₃	E ₂ S ₄	E ₂ S ₅	E ₂ S ₆	E ₂ S ₇	E ₂ S ₈	E ₂ S ₉	E ₃ S ₁	E ₃ S ₂	E ₃ S ₃
Cejotaxine	S	S	S	R	S	R	R	S	R	S	S	S	S	R	S	R
Colistine	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Clindamycine	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Doxycycline	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Erythromycine	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Gentamycine	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Lincomycine	S	S	S	I	S	R	I	S	S	S	I	S	I	S	I	S
Nalidixic Acide	I	S	I	S	S	R	S	I	I	I	S	I	S	I	I	I
Penicilline	I	I	I	S	R	R	I	I	S	S	I	I	I	I	S	I
Tetracycline	S	S	S	I	S	R	I	S	S	S	I	S	I	S	I	S

R: Résistante, S: Sensible et I: Intermédiaire.

Discussion

Larparent (1997) rapporte que toutes les souches appartenant au genre *Rhizobium* doivent être catalase positif, citrate et indole négative, mobile ou bien immobile selon l'espèce. Ces caractères biochimiques ont été constatés chez les souches testées. La production de H₂S et l'activité uréasique varient selon les espèces.

Le tryptophane n'est pas catabolisé (pas de production d'indole et absence de tryptophane désaminase. Cela confirme nos résultats pour l'assimilation de diverses sources de carbone. Cette caractéristique demeure très variable d'une espèce à une autre (Xu et Chen, 1995).

L'influence de la Température sur la croissance, que nous avons remarquée, confirme que nos souches ne sont pas des *Rhizobium* ou des *Bradyrhizobium* (Larparent, 2000).

4.4.6. Conclusion

Le but de ce travail était d'isoler et d'identifier les souches bactériennes induisant la formation des nodosités sur les racines des trois espèces étudiées *Medicago polymorpha*, *Scorpiurus sulcatus* et *melilotus infesta*.

Des approches physiologiques et biochimiques ont été utilisées; l'isolement et l'identification des *Rhizobia* ont été effectués selon la méthode classique.

L'étude microscopique a montré que les *Rhizobia* testés sont des bactéries à paroi Gram négatif. Nos souches présentent également des catalase et ONPG positives ; Indole, Citrate et H₂S négatives.

L'activité uréasique varie selon les espèces. Les *Rhizobia* montrent la dégradation des glucoses, de l'amidon et aussi du mannitol.

L'étude de la sensibilité aux antibiotiques montre que les *Rhizobia* sont résistants à l'érythromycine et Clindamycine, et sensibles à la gentamycine, doxycycline et colistine et montrent des réactions modérées pour les autres.

Ces résultats semblent montrer que l'espèce bactérienne responsable de la fixation d'azote chez les trois espèces végétales est *Sinorhizobium meliloti*.

Un test d'inoculation des souches contaminant *Scorpiurus sulcatus* sur *Medicago polymorpha* est indispensable pour conforter nos résultats.

L'inoculation de *Scorpiurus vermiculatus* par *Rhizobium* sp. strain NGR234 et *R. fredii* par Pueppke et Broughton (1999) n'a pas réussi, un test avec *Sinorhizobium meliloti* serait intéressant à pratiquer sur les trois taxons du genre.

Il est à rappeler qu'il reste à approfondir cet aspect car très peu de travaux ont abordé l'étude des rhizobiums de ce genre et des questions restent toujours sans réponse dont la plus importante est : "quelles sont les espèces de rhizobiums qui nodulent les taxons du genre *Scorpiurus* ?"

Les perspectives que nous traçons vont dans le sens d'avoir une collection des souches de rhizobiums de l'ensemble des taxons du genre *Scorpiurus* sur laquelle nous devons continuer la caractérisation physicochimique. Sur cette collection nous prévoyons aussi une caractérisation moléculaire capable de classer ces souches à travers l'utilisation des marqueurs 16s rDNA. Aussi des tests symbiotiques de plusieurs souches de références appartenant à plusieurs genres de rhizobiums seront appliqués sur les taxons de *Scorpiurus*.

CONCLUSION GENERALE

L'étude du genre *Scorpiurus* a été réalisée pour mettre en valeur les ressources phylogénétiques du pays. Ce genre présente un intérêt certain par sa physionomie qui en fait un fourrage très apprécié par le cheptel.

L'étude écologique a permis de préciser les préférences et d'indiquer les écosystèmes dans lesquels évoluent les espèces.

La pluviométrie, l'altitude, le pH et la teneur du sol en calcaire total sont les éléments les plus déterminants dans la présence-absence des trois taxons et de leurs répartitions. *S. vermiculatus* et *S. subvillosus* semblent avoir des exigences écologiques assez proches relativement et s'opposent à *S. sulcatus* qui est cosmopolite. Ce dernier taxon possède une large amplitude écologique et présente une grande variabilité.

L'étude de l'évaluation de la variabilité biométrique, phénologique et morphologique a mis en évidence les stratégies adaptatives des populations soumises aux pressions de sélection du milieu d'origine.

Les populations des trois taxons ont des stratégies leur permettant de se maintenir. Ceci apparaît nettement au niveau des caractères se rapportant à la floraison, au poids des graines et leur nombre par gousse.

La variabilité intra et inter spécifique pour la biométrie des caractères de floraison, de formation et maturation des graines et pour la sénescence des plants est plus importante par ordre croissant pour *S. subvillosus*, *S. vermiculatus* et enfin *S. sulcatus*. Les trois taxons ont un rythme de croissance plutôt printanier qu'hivernal et en largeur qu'en hauteur. La croissance en hauteur est due essentiellement à une densité importante des plants dans une parcelle. La floraison commande la précocité des populations des trois taxons et semble liée au milieu d'origine.

Les essais menés à Chlef, Alger et Guelma ont montré que les populations de *S. sulcatus* provenant de régions arrosées et de basses altitudes ont une sénescence précoce. *S. vermiculatus* présente le cycle de développement le plus long alors que *S. subvillosus* possède un cycle court ; en effet, il est le dernier à fleurir et le premier à sécher.

Nous avons observé des inflorescences à trois fleurs chez *S. vermiculatus* et des inflorescences à sept fleurs chez certaines populations des deux autres espèces. Le nombre de fleurs par inflorescence augmente au cours du développement de la plante.

La variabilité des graines et des gousses des trois taxons a été analysée en corrélation avec la pluviométrie et l'altitude du milieu d'origine des populations. *S. sulcatus* a le plus de graines par gousse et s'oppose à *S. vermiculatus*, alors *S. subvillosus* a une position intermédiaire. Les caractéristiques du milieu d'origine (pluviométrie et altitude) ont un effet négatif respectivement sur le nombre de graines par gousse et la largeur des graines chez *S. sulcatus*. Chez *S. vermiculatus*, ces deux facteurs possèdent un effet négatif sur la largeur des graines.

La dureté des graines dépasse les 75%. Une relation intéressante semble se dégager entre la dureté et la pluviométrie du milieu d'origine des populations, de même, chez les graines scarifiées, la vitesse de germination a pu être reliée à la taille des graines.

Chez *S. sulcatus*, les populations qui présentent les plus forts pourcentages de graines dures proviennent des zones où la pluviométrie est comprise entre 700 et 900mm. Celles dont la dureté est quasi-totale ont pour origine des régions où la pluviométrie varie entre 800 et 900mm. La population ayant les graines les moins dures est caractérisée par une pluviométrie de 400 à 500mm.

L'ensemble des populations de *S. vermiculatus* présente des graines ayant une dureté supérieure à 96%. La population ayant la plus forte dureté a pour origine une région de 1350mm de pluie.

Chez *S. subvillosus* les mêmes constatations peuvent être faites, les populations ayant les graines les plus dures ont été récoltées sous des pluviométries comprises entre 800 et 1000mm, et celles à graines les moins dures (86%) sous une pluviométrie de 300-400mm.

Les deux méthodes utilisées pour l'estimation de l'héritabilité nous donnent les mêmes résultats. Il nous a été permis de déduire que le caractère nombre de graines par gousse a une forte héritabilité et donc est génétiquement stable ce qui permet de le retenir en sélection dans un programme d'amélioration.

Chez les graines non scarifiées, la germination a pu être améliorée par l'application de certains traitements dont le plus efficace a été le traitement à l'azote liquide.

Les observations au M.E.B ont permis de différencier les excroissances au niveau des surfaces des graines qui sont d'autant plus denses et ramassées que les téguments sont plus durs. Une compensation de la dureté des graines avec la spinescence des gousses est mise en évidence.

Les taxons montrent un cytotype uniforme. Le nombre de base est $x = n = 7$ avec *S. vermiculatus* diploïde $2n=14$, *S. sulcatus* et *S. subvillosus* tétraploïde $2n=28$.

L'activité symbiotique des trois espèces est mise en évidence. Des tests physiologiques et biochimiques ont été expérimentés pour approcher la caractérisation des rhizobiums pouvant être piégés par *S. sulcatus*.

La technique de PCR (Polymerase Chain Reaction) a été adaptée au *Scorpiurus* en obtenant de l'ADN purifié utilisé dans des analyses du génome pour mettre en évidence les profils électrophorétiques du genre.

Enfin, il reste à concrétiser les approches génomiques de caractérisation du genre et de ses symbiotes pour avoir les éléments permettant de trancher sur le plan taxonomique.

La réalisation de prairies à base de *Scorpiurus* permettrait aussi une approche originale et efficace pour tester son adaptabilité au pâturage et ses performances fourragères.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdelguerfi A., 1978. Contribution à l'étude écologique des luzernes en Algérie. Thèse de magister INA. El Harrach, 105 p.
2. Abdelguerfi A., 1987. Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. Céréaliculture n°16, ITGC; .1-5.
3. Abdelguerfi A., 1988. Les ressources phytogénétiques d'intérêt fourrager. Ann. Inst. Agro. El Harrach. 12 (1). 95-111.
4. Abdelguerfi, 2002. Ressources Génétiques d'intérêt Pastoral et/ou fourrager : Distribution et variabilité chez les légumineuses Spontanées (Medicago, Trifolium, Scorpiurus, Hedysarum et Onobrychis) en Algérie. Thèse de Doctorat d'Etat, INA Alger. 433p et annexes.
5. Abdelguerfi A., Abdelguerfi-Laouar M., M'hammedi-Bouzina M., Guittonneau G. G., Huget T., Abbas K., Mebarkia A., Aouani M.E. et Madani T., 2006. Distribution et écologie de quelques fabacées spontanées d'intérêt pastoral et /ou fourrager en Algérie. International Workshop on "diversity of Fodder Fabaceae and their Symbiots: Biotechnological, Agronomic and Environmental Applications". Algiers. 19-22 February 2006.
6. Abdelguerfi A. et Guittonneau G. G., 1989. Morphologie, écologie et répartition du *Medicago heterocarpa* Spach (= *M. lesinsii* Small) en Algérie, espèce méditerranéenne du complexe *M. murex* Willd. *Candollea* 44, 2 : 423 -733.
7. Abdelguerfi et Laouar M., 1999. Les Ressources génétiques en Algérie : un préalable à la sécurité alimentaire et au développement durable. INESG (Alger). 148 p.
8. Abdelguerfi-Laouar, 2005. Diversité Eco-Génétique chez les Fabacées et leur Symbiotes : Cas de la section des intertextae du genre *Medicago* L., Thèse de Doctorat d'Etat, INA Alger. 186p et annexes.
9. Abdelkefi A. 1987. La germination des graines dans les gousses: facteur de " pérennité" des populations naturelles des espèces annuelles du genre *Medicago* L., « Natural variation and breeding for adaptation ». Proceedings Eucarpia, INRA Lusignan France, 63-69.
10. Abdelkrim H. 1995. Contribution à l'étude des groupements de mauvaises herbes des cultures du secteur algérois : approches syntaxonomiques et phénologique. Thèse de Doctorat en Sciences, Univ. Paris XI (centre d'Orsay) 150 et annexes.
11. Agrawal P.R., 1992. Physiologie de la germination et de la dormance des semences. .171-174. In Technologie de la Production des Semences, (ICARDA).Ed. Srivasta J.P. et Simarski L.T. 321p.
12. Aguillo M.A., Tortosa M.E., Ceresuela J.L. et Ortiz J.M., 1991. Seed morphology in taxa of the subfamily *Pailionoideae* (*Fabaceae*). *Botanika Chronia* 10: 951-660.
13. Ahring R.M. et Todd G.W., 1977. Time bur enclosure of the caryopses of Buffalograss as factor affecting germination. *Agro. J.*, 69, 1, 15-17.
14. Allan G. J. et Porter M., 2000. Tribal delimitation and phylogenetic relationships of lotaeae and coronilleae (Faboideae : Fabaceae) with special reference to lotus: Evidence from nuclear ribosomal ITS sequences (*American Journal of Botany* 87(12): 1871 -1881.
15. Augier J., Rubat Du Merac M.-L., 1982. Cours de botanique, MONOCOTYLEDONES (Editions Le Chevalier Paris), 325p.
16. Bach D., Mascrem M. et Deysong., 1967. Cours de botanique générale. Tome III. Masso Paris 247p.
17. Battandier J. A. & L. Trabut, 1890. La flore de l'Algérie, Dicotylédones. Imp. Off. Alger. 284-285.
18. Beale P. E., Lahlou A. et Bounejmate M., 1991. Distribution of wild annual legume species in Morocco and relationship with soil land climatic factors. *Aust. J. Agric. Res.*, 42, 1217-1230.
19. Belair 1989. Une réserve phytogénétique remarquable en Algérie nord-orientale : les zones humides : Est algérien. *Ann. Inst. Nat. Agron. El -Harrach* 13. 1 : 91-105.
20. Benabdeli et Khalladi 1996. Contribution à l'étude floristique de la strate herbacée colonisant les terrains défrichés dans la forêt de chêne vert du djebel tessala dans Tell Occidental algérien. in « Actes de l'Atelier sur le sylvo-pastoralisme », ENFI (Maroc), 25-28 Oct. 1995. *Ann. Rech. Forest. du Maroc*, 36-46.

21. Benhalima M., Bacha F. et Ounane S. M., 2004. Essai de caractérisation de quelques isolats de *Rhizobium* nodulant le pois chiche (*Cicer arietinum*) 2^{ème} Conférence Méditerranéenne de Rhizobiologie 23-25 mai Oran Algérie.
22. Benoit P., 1992. L'analyse économique de la conservation du patrimoine génétique : les leçons du passé et les modèles pour l'avenir. C.I.H.J.P. Paris 239-257.
23. Bensalem 1982. Contribution à l'étude du genre *Scorpiurus* L en Algérie. Thèse ing. INA, Alger 1-60
24. Bensalem K., Abdelguerfi A. et Abdelguerfi-berrekia R. 1990. Relation du genre *Scorpiurus* L. avec certains facteurs du milieu en Algérie. Fourrages, 124 : 407 - 419
25. Binet P. et Brunel J.L., 1968. Les semences et leur germination. 911-964. In BIOLOGIE VEGETALE. Physiologie végétale. III. Ed. DOIN-DEREN et C^{ie}, 1156p.
26. Bidault M., 1971. Variation et spéciation chez les végétaux supérieurs (Notions Fondamentales de Systématique Moderne). Ed. DOIN, 145p.
27. Blain M. J., 1950a. La fluctuation 114-118, In Traité de zootechnie générale. Tome I Génétique Générale. Ed. Vigot frères, 2007 p.
28. Blain M. J., 1950b. Structures génétiques 210-227, In Traité de zootechnie générale. Tome I Génétique Générale. Ed. Vigot frères, 2007 p.
29. Bock B. 2004. Index synonymique de la Flore de France sur le site de Tela Botanica, <http://www.tela-botanica.org> [Entrer - données - index des plantes].
30. Boivin-Masson C. 2006. Diversité des Rhizobia : analyse, exploration et exploitation pour l'étude de processus fondamentaux. International Workshop on "diversity of Fodder Fabaceae and their Symbiots: Biotechnological, Agronomic and Environmental Applications". Algiers. 19-22 February 2006.
31. Bonnet E. D. & G. Barratte. 1896. *Catalogue raisonné des plantes vasculaires de la Tunisie*. Imp. Nat. Paris. 138-139.
32. Boyce K., 1992. Anatomie, développement et composition des semences. 68-75, tiré d'un article "Une Introduction à la Science et Technologie des Semences." Manuel technique N°10, ICARDA, Alep, Syrie. In technologie de la Production de Semences. Ed. RIVASTAVA J.P. et SIMARSKI L. T. (ICARDA), 312 p.
33. Brancourt-Humel M., Biarnes- Dumoulin V. et Denis J.B., 1997. Points de repère dans l'analyse de stabilité et l'interaction génotype-milieu en amélioration des plantes. Agronomie, 17 : 219-246.
34. Cachan P., 2000. Symbiose, Encyclopaedia Universalis France SA.
35. Caetano-Anollés G., Bassam B.J. and Gresshoff P.M., 1991. DNA amplification fingerprinting using very short arbitrary oligonucleotides primers. Bio/Technology, 9: 553-557.
36. Caputa, 1967. Les plantes fourragères, description et valeur. Payot 22- 36.
37. Cauderon A., 1992. Les chercheurs et le traitement des problèmes de diversité biologique. Complexes d'espèces et flux de gènes et ressources génétiques des plantes. C.I.H.J.P. Paris IIVXX-XXX.
38. Cavers P.B. et Harper J.L., 1970. Germination polymorphism in *Rumex crispus* and *Rumex obtusifolius*. J. Ecol., 54 . 367-382
39. Chadoeuf – Hannel R., 1985. La dormance chez les semences des mauvaises herbes, Agronomie, 5 (8), .761-772.
40. Chalbi N., 1967. La composition entre les génotypes et des effets sur les caractères quantitatifs de la luzerne. Ann. Amélior. Plantes, 17(1), .67-72.
41. Chapot J. Y., Chessel D., Conesa A.P., Chambrun G., Hadj Miloud D. Lepart J. et Pilas J.M., 1974. Premiers résultats d'un inventaire des espèces végétales susceptibles d'être introduites dans des soles fourragères. Essai écologique. Comportement. Sélection. INA/IDGC Alger. 1-94.
42. Charnay D. et Bongon-Ottoko B., 1977. Acide abscissique et dormance chez le topinambour. I. Variations de la teneur en acide abscissique dans les tubercules d'*Helianthus tuberosus* L. au cours de la levée de dormance par le froid ou l'anoxie. Physiol. Vég. 15(3), .403-412
43. Charrier A. et Second G., 1992 Lignes directrices du programme ORSTOM sur la génétique des riz. C.I.H.J.P. Paris 37-46.

44. Chaulet E. M., 1995. Diversité génétique de populations naturelles de luzernes annuelles (*Medicago* sp.) d'Algérie. Une espèce modèle : *M. truncatula* Gaertn. Thèse Doctorat, Montpellier (Fr.). 1-113 et annexes.
45. Cohat J., 1988. Estimation de l'héritabilité de quelques caractères chez le Glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.). *Agronomie* 8(3), .179-185.
46. Côme D., 1970. Les obstacles à la germination Ed. Masson, Paris, 162p.
47. Côme D., 1975. Acquisition de l'aptitude à germer .59-70. In "La germination des semences" Ed. Gauthier Villars, 232p.
48. Côme et Thevenot 1982. Terminologie, .9-17. In "les obstacles à la germination". Ed Masson et Cie, 162p.
49. Côme D. 1982. Germination, .129-225 In Mazliak P. "croissance et développement. Physiologie végétale II". Herman, 465 p.
50. Corbineau F., 1983. Rôle de l'oxygène et de la température dans la germination des graines d'*Oldenlandia corymbosa* L. (rubiacée tropicale). Thèse de doctorat d'état Physiologie végétale, 180, 18(2), 275-287.
51. Corbineau F. et Côme D., 1998. Responses of tomato seeds to osmoconditioning as related to temperature and oxygen, *Seed Science Research*, 8; 377-384.
52. Cortinho et Ribeiro 1974. Algumas observações cariologicas no genero *Scorpiurus* L. *Rev. Agron.* 33: 334- 361.
53. Coste (l'Abbé) H., 1983. *Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des Contrées Limitrophes*, 1 : 403-405. Librairies Sc. et Techn., Paris.
54. Couch J.A. et Fritz P., 1990. Extraction of DNA from plants high in polyphenolics. *Plant Mol. Biol. Rep.* 8(1): 8-12.
55. Crespo D., 2006. The role of legumes on the improvement of grazing resources and the conservation of the « montado/dehesa » system. International Workshop on "diversity of Fodder Fabaceae and their Symbiots: Biotechnological, Agronomic and Environmental Applications". Algiers. 19-22 February 2006.
56. David H 1992 quelques aspects du transfert de graines chez les végétaux C.I.H.J.P. Paris 253-260
57. David J, Savy Y, Trottet M et Pichon M 1992. C.I.H.J.P. Paris 337-350
58. De Courtye L. et BRIAN C., 1967. Détermination des besoins en froid des pépins de pomacées. Interprétation des courbes de germination. *Ann. Amélioration Plantes*, 17(4) 375-391.
59. De Lajudie P., 2004. Taxonomie des microsymbiotes de Légumineuses : historique et derniers développements. 2ème Conférence Méditerranéenne de Rhizobiologie 23-25 mai Oran Algérie.
60. Delavet 1989 – Comparaison de la levée de dormance chez les medics (*Medicago ssp*) en zones méditerranéennes française et syriennes: Etude préliminaire. Men. DEA. INRA.
61. Demarly Y., 1977. Génétique et amélioration des plantes. Collection sciences agronomique. Ed. Masson, paris, 287p.
62. Demarly Y. et Saint Pierre C.A., 1993. La phytogénétique d'aujourd'hui et celle de demain : Protéger et enrichir la biodiversité. *Cahiers d'agriculture* 2. 207-210.
63. Demolon A., 1968. Principes d'Agronomie. 2-Croissance des végétaux cultivés. Ed. Masson 590 p.
64. Dervin C., 1990. Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances, ITGC-INRA-INA-PG. 75 p.
65. Desperez B. et Cabouche M., 1992. Les biotechnologies: dangers nouveaux pour notre environnement végétal, ou outils supplémentaires pour l'amélioration des plantes cultivées. C.I.H.J.P. Paris 467-476
66. Deysson G., 1967. Physiologie de la germination .13-30. In cours de botanique générale. Tome III, physiologie des plantes vasculaire; deuxième partie: croissance, reproduction, écologie, phytopathologie. 335 P.
67. Do Cao T., Attims Y., Corbineau F. et Côme D., 1978. Germination des graines produites par les plantes de deux lignées d'*Oldenlandia corymbosa* L. (Rubiacées) cultivées dans des conditions contrôlées. *Physiologie Végétale*, 16 . 521-531.
68. Dominguez E., et Galiano E. F., 1974. Révision del genero *Scorpiurus* L. I. Partie experimental. *Lagasalia* 4(1) . 61-84.

69. Doyle et Luckow, 2003 – The rest of the Iceberg, legume diversity and evolution in a phylogenetic context. *Plant phyrologie*. V 131 , 900-910
70. Dyer A. F., 1963- The use of lactopropinic orcein in rapid squash methods for chromosome preparation. *Stain Technol*, 38, 85-90.
71. Dumas E., Monin J., et Arnal C., 1976. Prédétermination de la dormance des graines de *Capsella bursa pastoris* L. au moment de leur dissémination. C.R. Columa, V^{ème} Coll. Int. Ecol. Biol. Mauvaises herbes, Dijon, 311-318.
72. Ecochard R., Gallais A., Paul M.H. et Planchon C., 1979. Héritabilité et réponse à la sélection de caractères physiologiques liés au rendement chez le Soja. *Ann. Amélioration Plantes*, 29 (5) . 493-514.
73. Egli D. B., Org J.H., et Pfeiffer J.W., 1984. Génotype variation for duration of seedfill in Soybean, *Crop Science*, Vol. 24, May-June; 587-592.
74. Evenari M., 1956. Seed germination. *Radiation Biology*, vol. II ed McGraw-Hill, New York, 519-549.
75. Evenari M., 1957. Les problèmes physiologiques de la germination. *Bull. Soc. Franç. Physiol. Vég.*, 3, 213-225.
76. Evenari M., 1965. Light and seed dormancy. *Differentiation et développement*. W. Rurlqnd, ed Spinger-Verlag, Berlin, 804-847.
77. Ewaubi B., Mignolianal H., et Obigbesan G., 2001. Segregation for seed weight, poldlength and days to flowering following a cowé a cross. *The Journal of Tropical Crop Sciences and Productions* (3).
78. Fournier F., 1961. Les Quatre Flores de la France. Corce comprise (Générale, Alpines, Méditerranéenne, Littorale). Ed. P. Lechevalier, Paris, 574 p.
79. Gadouche L. 1999. Etude de l'héritabilité et approche numérique de la taxonomie chez le genre *Scorpiurus* L. Mémoire DES Génétique UTHB Alger 1-85
80. Gallais A., 1973. Sélection pour plusieurs caractères. Synthèse Critique et généralisations *Ann. Amélioration Plantes*, 23 (3), .183-208.
81. Gallais A., 1990. Théorie de la sélection en amélioration des plantes. Ed. Masson, Paris, 588p.
82. Gallais *et al.* 2003. Applications biotechnologiques INRA France 378p.
83. Gaussen M. & F. Bagnouls, 1947.- Carte des précipitations (6 feuilles) : moyenne annuelle ramenée à la période 1913-1947. Gouvernement Général d'Algérie.
84. Ghachi N., 1994. Evaluation de six populations de *Scorpiurus* en fonction de la dose de semis. Thèse d'Ingenieur INES Agonomie Chlef. 1-62.
85. Ghérardi M., Mangin B., Goffinet B., Bonnet.and Hugurt T., 1998. A method to measure genetic distance between allogamous populations of alfalfa (*Medicago sativa*) using RAPD molecular markers. *Theo. Appl. Genet.*, 96: 106-412.
86. Gilbert et Shaw, 1979 – The effect of heat treatment on hard – seededness of *Stylosanines scabra* , *S. hamata* , C.V verano and *S. viscosa*, cpi 34904, tropical grasslands, 13,3 171- 157.
87. Goumiri R., et Abdelguerfi A., 1989. Contribution à l'étude des espèces spontanées de la tribu des *Hedysarées* en Algérie: Analyse chimiques du fourrage au stade végétatif. *Ann. Inst. Nat. Agron. El Harrach* 13(2); 558-567
88. Goumiri et Abdelguerfi 1991. Les espèces spontanées de la tribu des *Hedysarées* en Algérie analyse chimique du forages au stade végétatif. IV^{ème} congrés international des terres de parcours. 22-26 avril. Montpellier 233-234.
89. Gounot M. 1969.- Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Edit. Masson et Cie, Paris. 1-305.
90. Grange A., 1980. Vieillissement des graines de *Phaseolus vulgaris* (L.) var. *Contender*. Effets sur la germination, la vigueur, la teneur en eau et la variation des formes d'azote. *Physiol. Vég.*, 18(4) .579-586.
91. Grange A., Miege M.N., Manen J.F. et Miege J., 1980. Vieillissement des graines de *Phaseolus vulgaris* (L.) var. *Contender*. II. Effets sur BAPAses et les inhibiteurs de trypsine. *Physiol. Vég.*, 18(4) .587-596.

92. Grellet F., et Guitton Y., 1976. Métabolisme des histones au cours des premières heures du développement de l'embryon de pois. (*Pisum sativum* L.). Physiologie végétale, Ed. Gauthier-Villard Paris 14(3), . 453-465.
93. Greuter W., Burdet H.M. & G. Long, 1989.- *Med-Checklist*, **4** : 174. Conservatoire et des Jardins botaniques de la ville de Genève.
94. Guittonneau, 1975 – Flore du bassin Méditerranéen. Essai de systématique. Ed. CNRS. 195-205
95. Guy R., 1993. Faculté germinative des semences. Revue Suisse agricole 25, 2, 106-107.
96. Haferkamp E, 1977. Physiological development of lehmann lovegrass seeds during the initial hours of imbibition . *Agron . j* , 69, 2 295- 299.
97. Harbone, J.B. et Simmonds N.W. 1964. The natural distribution of phénolic aglycones. In: Biochemistry of phénolic compounds. (eds. J.B. Harborne). Academic Press, London and New York 77-127.
98. Harlan J. R., 1972. Toward a rational classification of cultivated plants. *taxon*, 20, 4, 509-517.
99. Hassen H., A. Zoghلامي & S. Sassi, 1994. Contribution à l'étude de quelques espèces spontanées de légumineuses pastorales en Tunisie centrale : Répartition géographique et relation avec le milieu environnant. *Ann. de l'INAT*, **67** (1-2) : 203-222.
100. Hermite M.A 1992. La circulation des ressources génétiques végétales. C.I.H.J.P. Paris 517-526.
101. Heyn S. et Raviv C., 1966. Expérimental taxonomie studies in the genus *Scorpiurus* (*papilionaceae*). Bulletin of the torrey botanical club, 93 (4) . 259-267.
102. Hopkins W. G., 2003. Physiologie végétale. De BOECK. 514p.
103. Huon, 1983 – Variation biologique et structure des populations végétales. Premières journées scientifiques, USTHB/Univ. Rennes I, Alger 16 et 17 Avril, 1p
104. Idu M. et Asortir C.O., 1999. Effect of oven-heat and boiling on the germination and seedling development of *Dichrostachys cinerea* (L.) wight and Arn (*Facaceae*). *Agronomie*, 19,(8), .671-676.
105. Jacquard A. et Serre J.L., 1977. La génétique peut-elle être quantitative. *La recherche*, 79, .590-591.
106. Jahandiez E. & R. Maire, 1932. *Catalogue des plantes du Maroc (Spermaphytes et Ptéridophytes). Dicotyledones et Archichlamydées*, **2** : 422-423, Alger, 2, Imp. Minerva.
107. Jasse Y., Monin J., Cornu A., Dommenguez P., 1979. Etude préliminaire des possibilités de germination chez les semences de *Pétunia*. Ed. Gauthier Villars, Paris. *Physiol. Végé.*, 17(1), .27-43.
108. Jasse Y. et Monin J., 1980. Etude de la germination des semences de *Petunia*: existence de corrélations chimiques entre les téguments et l'embryon entouré de "l'albumen". *Physiol. Vég.*, 18 (4); 617-630.
109. Jaritz G.1982 – Amélioration des herbages et cultures fourragères dans le nord Ouest de la Tunisie : Etude particulière des prairies de trèfles et de graminées avec *Trifolium subterraneum* shriftenreihe der GTZ, 119.
110. Jaritz G. 1994. L'amélioration pastorale et du système de la production fourragère à Chtouka près d'Azemmour. *Al Awamia*, **84** : 97-128.
111. Journet E.P., Carreau V., Gouzy J., Thoquet P., Rosenberg C., Barker D., Huguet T., Denarie J. et Gamas P., 2001. La légumineuse modèle *Medicago truncatula* : approches génomiques et perspectives. Ecole thématique biologie végétale. 9 p.
112. Kabouche S., Bouzerzour H., Benmahammed A., et Hassous M.L., 2001. Les nouvelles variétés d'orge et les risques climatiques des hautes plaines de l'Est: Cas de région de Sétif. *Céréaliculture*, 1 (35) .4-12.
113. Kaniewski K. & J. Miszkziel, 1979. Histogenesis of the Pericarp in Species of *Scorpiurus* L. *Bull. Acad. Polonaise des Sciences, série des sciences biologiques* CI. II., 27 (6) : 509-517.
114. Karssen C.M., 1982. Indirect effect of abscisic acid induction of secondary dormancy in lettuce seeds. *Physiol. Plant.*, 54, 258-266.
115. Khouatmiani K. 2004. Contribution à l'étude de la variabilité et de l'héritabilité des caractères des gousses, des graines et de la germination chez le genre *Scorpiurus* Thèse Mag Physiologie Végétale Université de Chlef 1-120.

116. Kirkbrick J. H., 2003. Fruits and seeds of Genera in Subfamily faboidea (Fabaceae). Volume 1. Technical bulletin, N° 1890. USDA.
117. Lamotte M., 1968. Biologie générale. II. Lois et mécanismes de l'héritabilité. Ed. DOIN, 300 p.
118. Larpent J. P., 2000. Introduction à la nouvelle classification bactérienne. Les principaux groupes bactériens. Ed Tec et Doc, Paris, 280p.
119. Larpent, *et al* 1997. Rôle du phytochrome dans la germination et la croissance du protonéma de *Tetraphis pellucia* (L) Rabent . *physiol . vég* , 10, 13, 553- 558.
120. Le Cohec F., 1972. Les méthodes de calcul du coefficient d'héritabilité en amélioration des plantes (Revue Bibliographique). *Ann. Amélior. Plantes*, 22(1), 115-125.
121. Le Deunff Y. et Chaussat R., 1968. Etude de la dormance secondaire des semences chez *Rumex crispus* L. *Ann. Physiol. Vég.*, 10 (4), 227-236.
122. Le Deunf 1976. Mise en évidence du phytochrome chez les semences de *rumex crispus* L. *physiol. Vég.* 9, 2, 201-208.
123. Lesins K.A, 1970. Interspecific crosses involving alfalfa. V. *Medicago saxatilis* .x. *M. sativa* with reference to *M. canullata* and *M. rhodopea*. *Can .J. Genet. Cytol.* 12: 80-86.
124. Lesins K.A et Gillies C.B, 1972. Taxonomy and cytogenetics of *Medicago .Alfalfa sc.* *Technol. Amer. Soc. Agr., Madison- wisc.*, 53-86.
125. Le Houerou H.N., 1959. Recherche écologique sur la végétation de la Tunisie méridionale. Univ. Alger 79 p.
126. Lewak S., Rychter A., Zarska-Maciejewska B., 1975. Metabolic aspect of embryonal dormancy un Apple seeds. *Physiol. Veg.*, 13(1) 13-22.
127. Linne C., 1753. *Species plantarum*.Vol.II. (eds. Bernard Quaritch Ltd). . 808-810. Ray society. London (1959).
128. Lodhi M.A., Ye G. N. et Weeden. 1994. A simple and efficient method for DNA extraction from grapevine cultivars and *Vitis* species. *Plant Mol. Biol. rep.* 12(1):6-13.
129. Maun M.A., Cavers P.B., 1971. Seed production and dormancy in *Rumex crispus* L.
130. II. The effect of removal of various proportions of flowers et anthesis. *Can. J. Bot.*, 49, . 1841-1848.
131. Marrakchi M., Abdelkefi A. et Boussaid M., 1992. Ressources génétiques et biotechnologiques dans les pays en voie de developpement : exemple de la Tunisie. C.I.H.J.P. Paris 507-515.
132. Melsh J. et McClelland M., 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Research* 18 : 7213-7218.
133. Messaoud –Djebara S., 1993. Contribution à l'étude systématique de trois légumineuses spontanées du genre *Scorpiurus* en Algérie. Thèse Ing. INES Chlef, 57p.
134. M'hammedi-Bouzina M., 1992. Contribution à l'étude des graines de quelques légumineuses fourragères spontanées en Algérie. Thèse de magister INA. El Harrach, 105p.
135. M'hammedi-Bouzina M., Abdelguerfi A., Berrekia R. et Guittonneau G.G., 1989a. Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Scorpiurus* L. en Algérie. III. Dureté et germination des graines de 17 populations de *S. vermiculatus*: Relation avec les conditions du milieu d'origine. *Ann. Inst. Agron., El Harrach*, vol. 13 N°2, 330-334.
136. M'hammedi-Bouzina M., Abdelguerfi A., BERREKIA R. et Guittonneau G.G., 1989b. Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Scopiurus* L. en Algérie. IV. Dureté et germination des graines chez 35 populations de deux sous-espèces de *S. muricatus*; Relation avec les conditions du milieu d'origine. *Ann. Inst. Nat. Agron. El Harrach*, Vol. 13 N°2, 335-342.
137. M'hammedi bouzina M., Abdelguerfi A. et Berrekia R., 1989c. Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Scorpiurus* L. en Algérie: II.Dureté et germination des graines chez 29 populations de *S.muricatus* subsp.*sulcatus* (L.) Thell. *In Proceeding du 16 ème Congrès International des Herbages*, 1:193-194.
138. M'Hammedi Bouzina M. and Abdelguerfi A., 1990. Study on hardness and germination of *Scorpiurus* seeds in relation to conditions of the native area. *In 6th Meeting of the FAO European Sub-Network on Mediterranean Pastures and Fodder Crops. Bulletin* 6:87-90.
139. M'Hammedi Bouzina M., Abdelguerfi A. et Guittonneau G.G., 1991. Les espèces spontanées du genre *Scorpiurus* L. en Algérie : Germination de *S.vermiculatus* espèce pastorale du nord algérien. *In proceeding du IVème Congrès International sur les Terres de Parcours*, 1:279-280.

140. M'Hammedi Bouzina M., Abdelguerfi-Laouar M. Abdelguerfi M. et Guittonneau G.G. 2005. Autoécologie et distribution du complexe d'espèces *Scorpiurus muricatus* (*S. sulcatus*- *S. subvillosus*) en Algérie - *Acta Bot. Gallica* 2005 152 (1) 11-23.
141. Mounoulou J. Sarr C et Lamy F., 1992. Complexes d'espèces, flux de gènes et ressources génétiques des plantes. C.I.H.J.P. Paris 01-03.
142. Negre R., 1961. Petites flores des régions du Maroc occidental. C.N.R.S., Paris 337-374.
143. Nieto-Lopez R.M., 2000. Evaluation and characterisation of a collection of wild Spanish populations of the genera *Elymus* and *Thinopyrum* using morphological and agronomical traits, 20, INRA, EDP, Science 111-122.
144. Olivier L. et Chauvet M., 1992. La conservation *in situ* de la diversité des espèces végétales. Complexes d'espèces et flux de gènes et ressources génétiques des plantes. C.I.H.J.P. Paris 467-476.
145. Ouzzane A, 1988. Contribution à l'étude du développement du système racinaire chez quelques légumineuses spontanées d'intérêt fourrager en Algérie. *Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach*, vol. 13, N° 2, 568- 580.
146. Pfeiffer T.W. et Egli D.B., 1988. Héritabilité of seed-filing period estimates in Soybeans, published in *Crop Science* 28; 921-925.
147. Perino CL. et Côme D., 1977. Influence de la température sur les phases de la germination de l'embryon de pommier (*Prunus malus* L.), *physiol. Vég.*, 1977, 15(3); 469-474.
148. Pelmont J., 1995. Bactéries et environnement. Ed POU. 549p.
149. Perino C. et Côme D., 1977. influence de la température sur les phases de la germination de l'embryon de pommier (*Pirus malus* L.). *Physiol.Vég.*, 19, 469-474.
150. Pernes J., 1983. Points de vue génétique sur la domestication des céréales. *La Recherche* 146 (août), 4. 910-919.
151. Pernes J., 1984. Données nouvelles de l'histoire des plantes cultivées. *Bulletin de la société botanique du nord de la France*, 37 (1-2): 41-45.
152. Perino C.L. et Côme D., 1979. Conditions de germination de l'embryon de pommier et croissance de la racine et de l'hypocotyle de la plante. *Physiol. Vég.*, 17(4), 829-838.
153. Picard J. et Berthaut J., 1965. Le manque de fertilité chez le trèfle violet auto tetraploïde, *Ann. Amélior. Plantes*, 15 (3); 327-332.
154. Pilate-Andre .S, Lamy. F et Sarr. A. 1992. Etude de la région Adh du mil (*Pennisetum typhoides*) par utilisation des techniques RFLP. C.I.H.J.P. Paris 352-356.
155. Plages J.N., 1992. Ressources génétiques et création variétale. C.I.H.J.P. Paris 491-494.
156. Poliansky G., 1986. Principes de génétique et de sélection. 230-297 In *biologie générale*. Ed. MIR, Moscou; 366p.
157. Pottier-Alapetite G., 1979. Flore de la Tunisie. Angiospermes-Dicotylédones. Apétales-Dialypétales. Première Partie:. Publications Sc. Tunisiennes 1-651.
158. Proserpi J. M., P. Boumard, M. Aangevain & P. Mansat, 1991. Répartition et adaptation écotypique de *Medicago* spp. annuelles en Méditerranée occidentale. *In Proc. 4th Int. Rangel. Congr.* (Montpellier), 1: 413-416.
159. Pueppke S. G. et Broughton W. J., 1999. *Rhizobium* sp. Strain NGR234 and *R. fredii* USDA 257 Share exceptionally Broad, Nested Host Ranges. *MPMI* vol 12, N° 12 N°4, 293-318.
160. Pulschen L., 1992. Effects of Two Underseed Species, *Medicago polymorpha* L. and *Scorpiurus muricatus* L., on the Yield of Main Crop (Durum Wheat) and Subsequent Crop (Teff) Under Humid Moisture Regimes in Ethiopia. *J. Agronomy & Crop Sc. (Berlin)*, 168 : 249-254.
161. Quezel P. et Santa S. 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. Ed., CNRS, Paris; 565p.
162. Rether B., delmas G. et Laouedj A. 1993 Isolation of polysaccharide-free DNA from plants. *Plant Mol. Biol. Rep.* 11(4) : 333-337.
163. Rollier M., Côme D., Simond-Cote, 1977. Etude de la germination des semences de tournesol. In *Informations Techniques*. CTIOM, Jan-Fev. (54); 3-28.
164. Rollin P. 1963. Influence de la lumière et de la température sur la germination. Thèse Doct. Etat Paris 182p.
165. Rollin P., 1966. La physiologie de la germination. *MONSTAINAIGNAN (S.M.)*; 64p.

166. Rollin P., 1975a. Influence de quelques inhibiteurs sur la respiration et la germination des akènes de *Bidens radiata*. *Physiol. Végé.* 13 (3), 369-382.
167. Rollin P., 1975b. Le phytochrome et le rôle de la lumière dans la germination 45-47 In "la germination des semences", Ed. Gauthier Villars, 232p.
168. Saddiki S., 1999. Utilisation du *Bradyrhizobium japonicum* comme rhizobactérie favorisant la croissance des plantes du maïs. Mémoire. <http://www.collectionscanada.ca/obj/s4/f2/dsk2/ftp01/MQ44955.pdf>.
169. Sanagho S., 1977. Contribution à l'étude des rhizobiums de quelques espèces de légumineuses spontanées de la région de Bamako Mali. *Cah. OSTROM sér. Biol.*, vol XII, n° 2. 145-165.
170. Saugier D., 1992. Biodiversité et changements globaux. Complexes d'espèces et flux de gènes et ressources génétiques des plantes. C.I.H.J.P. Paris 277-279.
171. Sarr A. et Gorenflot, 1979. La variation chromosomique et phénotypique au sein de populations de Maïs du Sénégal. *Rev. Cytol. Biol. Végét.-Bot.*, 2, 183-197.
172. Scrugli A. & E. Bocchieri, 1976. Numeri cromosomici per la flora Italiana : 263-269. *Informatore botanico Italiana*, 8 (2) : 216-223.
173. Seltzer P., 1946. *Le climat de l'Algérie*. Ed. Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie. 130-140.
174. Sambrook J., Fritsch E.F. et Maniatis T. 1989. *Molecular cloning, a laboratory manual*. 2nd ed. (eds. c. Nolan). Cold Spring Harbor Laboratory Press.
175. Senn H.A., 1938. Chromosome number relationship in leguminosae. *Bibliogr. Genet.* 12: 175-336
176. Shure M., Wessler S. and Fedoroff N. 1983. Molecular identification and isolation of the "Waxy" locus in maize *Cell* 35: 225-233.
177. Stansfield W., 1984. *Génétique, cours et problèmes*. Ed. Mac Graw Hill. 281 p.
178. Talavera S. & E. Dominguez, 2000. *Scorpiurus* In : *Flora Iberica*, Castroviejo S. et al. (eds.). Edit. Real Jardin Botánico, C.S.I.C., Madrid, VII (2) : 935-941.
179. Tazi M. & A. Birouk, 1994.- Distribution des espèces autochtones d'intérêt fourrager et pastoral dans les zones arides et semi-arides du Maroc. In : *Amélioration Pastorale et Production Fourragère dans le Maghreb. Séminaire Régional, Meknès (Maroc) 19-20/02/1993*. Eds. M. Tazi et A. El Gharbaoui. 27-37.
180. Tedonken Pamo E., Yonke S., Onana J., 1977. Evaluation des principes espèces fourragères introduites dans l'Adamaoua camerounais. Note de recherche cahier "Agriculture", vol. 6 n°3; 203-207.
181. Teoule E., Fusion de protoplaste et variabilité génétique. C.I.H.J.P. Paris 269-277/194.
182. Tissaoui T. et Côme D., 1975. Mise en évidence de trois phases physiologiques différentes au cours de la "germination" de l'embryon de pommier non dormant, grâce à la mesure de l'activité respiratoire. *Physiol. Vég.* 13(1) . 95-102.
183. UICN, 2005. *Stratégie mondiale de la biodiversité*. Imprimerie Chirat France. 259 p.
184. Van Geff A., 1992. Une introduction aux essais de germination "tiré des normes de l'association internationale d'essais de semences." 175-199. In *Technologie de la Production de Semences*, (ICARDA). Ed. Srivastava J.P. et Simarski L.T. 321p.
185. Vavilov N.I., 1951. *Studies in the origin of cultivated plants*. Institut de botanique appliquée et d'amélioration des plantes. Leningrad. 1926.
186. Villax E. J., 1963. La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale. INRA; Rabat. Les cahiers de la recherche Agronomique. N°17, 641p.
187. Villers T.A., 1972. Ageing and the longevity of seeds in field condition. In *seed Ecology* (Hedydecker)
188. Veuille M., 1992. Une mesure moléculaire de la sélection naturelle. *La recherche*, 24, 251; 202-204.
189. Vidotto F. et Ferrero A., 2000. Germination behaviour of red rice (*Oryza sativa L.*) seeds in field and laboratory conditions. *Agronomie*, 20, 375-382.
190. Welsh J. and Mclelland M. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Research* 18: 7213-7218.
191. Williams J.G.K., Kubelik A.R., Rafalski K.J. et Tingey S.V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *nucleic Acids Research* 18: 6531-6535.

192. Wojterski T., 1985. Guide de l'excursion internationale de phytosociologie, Algérie du nord. Association Internationale pour l'étude de la végétation. INA, 17-19.
193. WRI, UICN et PNUE, 1994. Stratégie mondiale de la biodiversité. BRG Paris. 259p
194. Xu L.M. et Chen G.C., 1995. *Bradyrhizobium liaoningensis* sp.nov isolated bacteria by sequencing of 16S rRNA gene using PCR and ADN sequencer. FEMS microbial. Letters, 107: 115-120.
195. Yahia M'hammed I., 1994. Contribution à l'étude systématique du genre *Scorpiurus* L., Phénologie et comportement dans la région de Chlef, Thèse Ing. INEs Chlef. 84p.
196. Younsi A., 1996. Variabilité des gousses et des graines du genre *Scorpiurus* L. en relation avec le comportement des populations, Thèse Magister INA, El Harrach; 182p.
197. Younsi A. 1991 - Etude du comportement de populations spontanées de différents espèces de légumineuses fourragères et pastorales. These Ing. Agro. INA. El Harrach 79 p.
198. Younsi A., Abdelguerfi et Bouazza L., 1993. Etude de la floraison de trois espèces du genre *Scorpiurus* L. Relations avec les conditions d'origine. Options Méditerranéennes Ciheam 245-248.
199. Zeghouane O., 1991. Etude de la variabilité génétique de quelques génotypes de lentille (*Lens culinaris* Medik) en vue de leur sélection. Céréaliculture, Ed. ITGC, Dec. 1991(25); 21-27.
200. Zielinski J., 1991. *Scorpiurus vermiculatus* (Fabaceae) rediscovered in Greece.
i. Willdenowia, 20; 39-41.
201. Zoghalmi A., H. Hassen, M.D. Robertson & B. Reid, 1995.- Observations sur la répartition et l'écologie des espèces de *Trifolium* et de *Scorpiurus* au nord de la Tunisie. *El Awamia*, 90: 115-120.