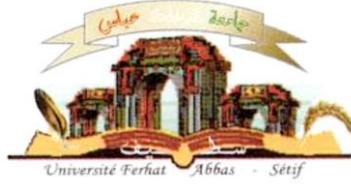


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1  
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département des Sciences Agronomiques

N°...../SNV/2023

## THÈSE

Présenté par

**BOUGRINE HOCINE**

Pour l'obtention du diplôme de

**DOCTORAT 3<sup>ème</sup> CYCLE**

**Spécialité : Amélioration de la production végétale**

### THÈME

Le genre *Vicia* en Algérie : caractérisation morphologique,  
éco-géographique et biochimique

Soutenue publiquement le .../.../2023

#### Devant le jury :

Président	<b>HAFSI Miloud</b>	Pr. Univ .Sétif 1
Directeur	<b>MEBARKIA Amar</b>	Pr. Univ .Sétif 1
Co-Directrice	<b>BECHKRI Sakina</b>	MCA. Univ. Constantine 1
Examineur	<b>SLIMANI Ali</b>	Pr. Univ. El-Tarf
Examineur	<b>BAHLOULI Fayçal</b>	Pr. Univ. Borj Bou Arreridj
Examineur	<b>DJELLAL Farid</b>	MCA. Univ .Sétif 1

*Laboratoire d'Amélioration et de Développement de la production Végétale et Animale  
(LADPVA)*

# SOMMAIRE

Remerciements .....	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Liste des abréviations.....	
ملخص.....	
Résumé.....	
Abstract.....	
INTRODUCTION .....	1
1 ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
1.1 Les fourrages .....	4
1.1.1 Importance des fourrages.....	4
1.1.2 Situation fourragère dans le monde : .....	4
1.1.3 Situation fourragère en Algérie.....	4
1.2 Les légumineuses .....	5
1.2.1 Présentation .....	5
1.2.2 Symbiose rhizobienne et fixation d'azote .....	6
1.2.3 Intérêt agronomique .....	7
1.2.4 Intérêt économique.....	7
1.2.5 Intérêt écologique .....	8
1.3 Le genre <i>Vicia</i> .....	8
1.3.1 Taxonomie.....	8
1.3.2 Le sous-genre <i>Cracca</i> ( <i>Vicilla</i> sensu Kupicha).....	9
1.3.3 Le sous genre <i>Vicia</i> .....	9
1.3.4 Conflit taxonomique du genre <i>Vicia</i> :.....	10
1.3.5 Morphologie des Vesces de la flore Algérienne : <i>Vicia</i> L. (Vesce, «Djilbans », «Djilbana») .....	10
1.3.6 L'espèce <i>Vicia sativa</i> L.....	11
1.3.7 L'espèce <i>Vicia monantha</i> L.....	14
1.3.8 L'espèce <i>Vicia narbonensis</i> L. ....	15
1.3.9 L'espèce <i>Vicia peregrina</i> L.....	17

1.4	Contraintes au développement de Vesces.....	17
1.4.1	Contraintes abiotiques des vesces.....	17
1.4.2	Phénomène de déhiscence .....	18
1.4.3	Phénomène de verse.....	19
1.5	Importance de la diversité génétique pour la création variétale .....	20
1.6	Situation des Vesces en Algérie.....	21
2	MATERIEL ET METHODES.....	26
2.1	ESSAI 1 : Diversité génétique associée aux traits morphologiques, paramètres éco-géographiques et aux analyses physico-chimiques du sol de plusieurs accessions du genre <i>Vicia</i> L. en zone semi-aride de Sétif. ....	26
2.1.1	Introduction.....	26
2.1.2	Matériel et Méthodes .....	27
2.2	ESSAI 2 : Caractérisation agro-morphologique et étude de la qualité fourragère de 8 taxa spontanées du genre <i>Vicia</i> L. collectées à travers plusieurs sites de la province de Sétif et ses régions limitrophes. ....	37
2.2.1	Introduction.....	37
2.2.2	Matériels et méthodes.....	38
2.3	ESSAI 3 : Réponse morphologique, physiologique et biochimique de 7 accessions de Vesce sous conditions stressantes (contrainte saline).....	49
2.3.1	Introduction.....	49
2.3.2	Matériels et Méthodes.....	50
3	RESULTATS ET DISCUSSION .....	57
3.1	ESSAI 1 : Diversité génétique associée aux traits morphologiques, paramètres éco-géographiques et aux analyses du sol de plusieurs accessions du genre <i>Vicia</i> L. en zone semi-aride de Sétif. ....	57
3.1.1	Paramètres morphologiques.....	57
3.1.2	Paramètres éco-géographiques .....	65
3.1.3	Conclusion .....	70
3.2	ESSAI 2 : Caractérisation agro-morphologique et étude de la qualité fourragère de 8 taxa spontanées du genre <i>Vicia</i> L. collectées à travers plusieurs sites de la province de Sétif et ses régions limitrophes. ....	72
3.2.1	Paramètres agronomiques et morphologiques quantitatifs.....	72
3.2.2	Caractères morphologiques .....	79
3.2.3	Caractères chimiques liés à la Valeur nutritionnelle.....	84

3.2.4	Conclusion .....	90
3.3	ESSAI 3 : Réponse morphologique, physiologique et biochimique de 7 accessions de Vesce sous conditions stressantes (contrainte saline).....	91
3.3.1	Caractères liés à la germination .....	91
3.3.2	Paramètres de croissance .....	96
3.3.3	Paramètres physiologiques et biochimiques .....	105
3.3.4	Réponse morphologique, physiologique et biochimique des accessions étudiées sous le traitement 4g/l NaCl.....	118
3.3.5	Réponse morphologique, physiologique et biochimique des accessions étudiées sous le traitement 8g/l NaCl.....	121
3.3.6	Réponse morphologique, physiologique et biochimique des accessions étudiées sous le traitement 12g/l NaCl.....	123
3.3.7	Conclusion : .....	126
4	CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES : .....	127
	REFERENCES.....	131
	ANNEXE.....	160

## **REMERCIEMENTS**

*Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude avant tout à Allah le Tout-Puissant de m'avoir donné la force, le courage, la santé et la patience pour pouvoir accomplir ce travail.*

*J'exprime mes sincères remerciements et toute ma considération à Mr Miloud HAFSI (Professeur au Département des Sciences Agronomiques, Université Ferhat Abbas/Sétif) qui m'a fait l'honneur de présider le présent jury.*

*C'est un devoir d'exprimer toute ma gratitude et ma grande reconnaissance à mon Directeur de thèse Mr Amar MEBARKIA (Professeur au Département des Sciences Agronomiques, Université Ferhat Abbas/Sétif) et ma Co-directrice Mme Sakina BECHKRI (Maître de conférences à la faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Constantine 1). Leurs orientations à tout moment et leurs soutiens au besoin, m'ont été très précieuses pour l'avancement et la finalisation de ce travail.*

*Mes plus vifs remerciements et toute ma considération aux membres Mr. Ali SLIMANI (Professeur à l'Université Chadli Ben Djedid/ El-Tarf) Mr. Farid DJELLAL (Maitre de Conférences au Département des Sciences Agronomiques, Université Ferhat Abbas/Sétif) Mr Fayçal BAHLOULI (Professeur à l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy/Borj Bou Arreridj) qui ont bien voulu accepter d'être membres de ce jury et de me faire l'honneur de juger ce travail.*

*Ma gratitude va aussi aux Mme Farida BENIA et MR Amar MEBARKIA, directeurs du laboratoire dans lequel ce travail a été effectué, sans oublier bien sur le défunt Mr Bakhouche HOUCHER qui nous a toujours encouragé et motivé*

*Comme je présente mes sincères remerciements à tous les membres de LADPVA et plus particulièrement aux ingénieurs Mr Redha BENHARKAT et Mr Nacer SOUALILI, je ne saurais jamais assez-vous remercier.*

*Ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à ma formation et la réalisation de ce Travail*

## Liste des tableaux

### Etude bibliographique :

**Tableau 1** : conditions climatiques des 5 campagnes agricoles depuis 2016/2017.....24

### Partie expérimentale :

**Tableau 2** : Origines, affiliations et dates de collecte de 69 accessions du genre *Vicia* L ...28

**Tableau 3** : traits morphologiques notés par des valeurs ordinales.....33

**Tableau 4** : origines, affiliations et coordonnées géographiques de 28 accessions de *Vicia* L.....41

**Tableau 5** : traits morphologiques notés par des valeurs ordinales.....42

**Tableau 6** : informations sur la taxonomie et l'origine géographique des accessions étudiées.....51

**Tableau 7** : Niveau de similarité et distance euclidienne des 69 accessions de Vesces basés sur le profilage morphologiques.....60

**Tableau 8** : variabilité intra groupe des 7 clusters générés à partir de la classification hiérarchique.....63

**Tableau 9** : Niveau de similarité et distance euclidienne des 69 accessions de Vesces basés sur le profilage éco-géographique.....67

**Tableau 10** : Analyse de variance effectuée sur les 28 accessions étudiées.....73

**Tableau 11** : variabilité intra-groupe des accessions de Vesces étudiées.....82

**Tableau 12** : variabilité intergroupes des accessions de vesce étudiées.....83

**Tableau 13** : carrés moyens de l'analyse de variance des caractères de germination.....91

**Tableau 14** : valeurs moyennes de l'effet principale « accession » des variables liées à la germination.....91

**Tableau 15** : valeurs moyennes de l'effet principal « dose » des variables liées à la germination.....91

**Tableau 16** : carrés moyens de l'analyse de variance des paramètres de croissance.....96

<b>Tableau 17 :</b> valeurs moyennes de l'effet principale « accession » sur les paramètres de croissance.....	97
<b>Tableau 18 :</b> valeurs moyennes de l'effet principal « dose » sur les paramètres de croissance.....	97
<b>Tableau 19 :</b> carrés moyens de l'analyse de variance des paramètres physiologiques et biochimiques.....	105
<b>Tableau 20 :</b> valeurs moyennes de l'effet principale « accession » sur les paramètres physiologiques et biochimiques.....	105
<b>Tableau 21 :</b> valeurs moyennes de l'effet principal «dose» sur les paramètres physiologiques et biochimiques.....	106
<b>Tableau 22 :</b> comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la variable teneur relative en eau.....	106
<b>Tableau 23 :</b> comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la variable teneur en chlorophylle A.....	110
<b>Tableau 24 :</b> comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la variable teneur en chlorophylle B.....	110
<b>Tableau 25 :</b> comparaison des moyennes de l'effet principal Dose sur la variable teneur en chlorophylle A.....	110
<b>Tableau 26 :</b> comparaison des moyennes de l'effet principal Dose sur la variable teneur en chlorophylle B.....	111
<b>Tableau 27 :</b> comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la teneur en proline.....	114
<b>Tableau 28 :</b> comparaison des moyennes de l'effet principal Dose sur la teneur en proline.....	115
<b>Tableau 29 :</b> comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la teneur en sucres solubles.....	117
<b>Tableau 30 :</b> comparaison des moyennes de l'effet principal Dose sur la teneur en sucres solubles.....	117
<b>Tableau 31 :</b> contribution des variables pour la construction des facteurs de l'ACP sous les différentes doses de salinité.....	119

## Liste des figures

### Etude bibliographique :

<b>Figure 1</b> : symbiose rhizobium-légumineuses fixatrice d'azote (Faghire Mustapha, 2012).....	5
<b>Figure 2</b> : morphologie de la plante de vesce (Otto Wilhelm Thomé - 1885).....	11
<b>Figure 3</b> : morphologie de la fleur des Vesces.....	11
<b>Figure 4</b> : fleurs, foliole et graines de l'accession 19D de l'espèce <i>V. sativa</i> spp. <i>obovata</i> (source auteur).....	12
<b>Figure 5</b> : fleurs et graines de l'accession 5 de <i>V.monantha</i> L. (source auteur).....	14
<b>Figure 6</b> : fleur et foliole de l'accession 28 de l'espèce <i>V. narbonensis</i> L. (source auteur).....	15
<b>Figure 7</b> : fleur de l'accession 18 de <i>Vicia peregrina</i> L. (source auteur).....	16
<b>Figure 8</b> : superficie consacrée aux cultures fourragères artificielles dont l'association Vesce/Avoine dans la zone semi-aride de Sétif durant les cinq dernières années.....	21
<b>Figure 9</b> : production totale des fourrages artificiels dont l'association Vesce/Avoine au niveau de la région semi-aride de Sétif durant les cinq dernières années.....	22
<b>Figure 10</b> : rendement moyen /hectare des fourrages artificiels dont l'association Vesce/Avoine dans la région semi-aride de Sétif durant les cinq dernières Années.....	23
<b>Figure 11</b> : corrélation entre le rendement fourrager et la pluviométrie durant les cinq dernières années au niveau de la région de Sétif.....	25

### Partie expérimentale :

<b>Figure 12</b> : Origines géographiques de 69 accessions de vesce.....	31
<b>Figure 13</b> : essai expérimentale en pots de l'année 2019/2020.....	32
<b>Figure 14</b> : test de pré germination (scarification) appliqué sur les accessions étudiées...32	
<b>Figure 15</b> : Origines géographiques de 28 accessions de vesce.....	39
<b>Figure 16</b> : système racinaire de l'accession 28 de l'espèce <i>Vicia narbonensis</i> L. au stade pleine floraison.....	45

<b>Figure 17</b> : stade de maturité des deux accessions 34 a et 19 a des sous espèces <i>angustifolia</i> et <i>obovata</i> .....	46
<b>Figure 18</b> : détermination de la teneur en matières minérales totales (cendres) à l'aide de la méthode d'incinération au four à moufle.....	47
<b>Figure 19</b> : détermination de la teneur en azote par la méthode de Kjeldahl.....	47
<b>Figure 20</b> : La détermination des fibres brutes à l'aide du fibertec.....	48
<b>Figure 21</b> : système racinaire de quelques accessions soumises à différentes doses de salinité.....	52
<b>Figure 22</b> : mesure de la surface foliaire à l'aide du logiciel Image J.....	53
<b>Figure 23</b> : extraction de la chlorophylle à l'aide de l'acétone 80%.....	54
<b>Figure 24</b> : séparation de la solution en deux phases suite à l'ajout du toluène lors du dosage de la proline.....	55
<b>Figure 25</b> : cercle des variables de l'ACP appliquée sur les traits phénotypiques.....	57
<b>Figure 26</b> : dendrogramme de la classification hiérarchique basée sur les traits phénotypique.....	63
<b>Figure 27</b> : biplot de l'ACP appliquée sur les paramètres éco-géographiques.....	66
<b>Figure 28</b> : dendrogramme de la classification hiérarchique basée sur les paramètres éco-géographiques.....	69
<b>Figure 29</b> : A/ relation entre le rendement en grain et le stade de remplissage chez l'espèce <i>V. monantha</i> L.....	77
<b>B/</b> relation entre le rendement en fourrage et le nombre de jours à la fauche chez l'espèce <i>V. sativa</i> spp. <i>Obovata</i>	
<b>C/</b> relation entre le rendement en fourrage et le nombre de jours à la fauche chez l'espèce <i>V. narbonensis</i> L.	
<b>D/</b> relation entre le rendement en grain et le stade de maturité chez l'espèce <i>V. peregrina</i> L.	
<b>Figure 30</b> : corrélation entre les variables à intérêt agronomique.....	78
<b>Figure 31</b> : diagramme de rendement en grain et en fourrage des 28 accessions étudiées.....	79
<b>Figure 32</b> : Cercle des variables de l'analyse en composante principale.....	80
<b>Figure 33</b> : Cercle des individus de l'analyse en composante principale.....	81

<b>Figure 34</b> : classification hiérarchique des accessions étudiées basée sur le cumul des traits quantitatifs et qualitatifs.....	81
<b>Figure 35</b> : teneur en matières minérales totales de la partie aérienne des accessions étudiées.....	85
<b>Figure 36</b> : teneur en matières minérales totales du grain des accessions étudiées.....	86
<b>Figure 37</b> : teneur en matières azotées totales de la partie aérienne des accessions étudiées.....	87
<b>Figure 38</b> : teneur en matières azotées totales du grain des accessions étudiées.....	88
<b>Figure 39</b> : teneur en fibres brutes de la partie aérienne des accessions étudiées.....	89
<b>Figure 40</b> : teneur en fibres brutes du grain des accessions étudiées.....	90
<b>Figure 41</b> : valeurs moyennes de l'effet principal « Accession » de la variable pourcentage de germination sur les accessions de vesce étudiées.....	93
<b>Figure 42</b> : valeurs moyennes de l'effet principal « Dose » de la variable pourcentage de germination sur les accessions de vesce étudiées.....	93
<b>Figure 43</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession*Dose) de la variable pourcentage de germination sur les accessions de vesce étudiées.....	93
<b>Figure 44</b> : valeurs moyennes de l'effet principal « Accession » de la variable vitesse de germination sur les accessions de vesce étudiées.....	95
<b>Figure 45</b> : valeurs moyennes de l'effet principal « Dose » de la variable vitesse de germination sur les accessions de vesce étudiées.....	95
<b>Figure 46</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession*Dose) de la variable vitesse de germination sur les accessions de vesce étudiées. ....	95
<b>Figure 47</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession*Dose) de la variable hauteur aérienne sur les accessions de vesce étudiées.....	99
<b>Figure 48</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession*Dose) de la variable longueur racinaire sur les accessions de vesce étudiées.....	99
<b>Figure 49</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession*Dose) de la variable poids sec aérien sur les accessions de vesce étudiées.....	101
<b>Figure 50</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession*Dose) de la variable poids sec racinaire sur les accessions de vesce étudiées.....	102

<b>Figure 51</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession*Dose) de la variable surface foliaire sur les accessions de vesce étudiées.....	103
<b>Figure 52</b> : valeurs moyennes de l'effet principale dose de la variable surface foliaire sur les accessions de vesce étudiées.....	104
<b>Figure 53</b> : valeurs moyennes de l'effet principal « Accession » de la variable teneur relative en eau sur les accessions de vesce étudiées.....	107
<b>Figure 54</b> : valeurs moyennes de l'effet principal dose de la variable perméabilité membranaire sur les accessions de vesce étudiées.....	108
<b>Figure 55</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction « Accession*Dose » de la variable chlorophylle A sur les accessions de vesce étudiées.....	113
<b>Figure 56</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction « Accession*Dose » de la variable chlorophylle B sur les accessions de vesce étudiées.....	113
<b>Figure 57</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction « Accession*Dose » de la variable teneur en proline sur les accessions de vesce étudiées.....	116
<b>Figure 58</b> : valeurs moyennes de l'effet interaction « Accession*Dose » de la variable teneur en sucres solubles sur les accessions de vesce étudiées.....	118
<b>Figure 59</b> : Biplot de l'ACP appliquée sur les indices de tolérance de la dose faible par rapport au témoin.....	121
<b>Figure 60</b> : comparaison des moyennes (LSD) des pourcentages de diminution des variables les plus discriminantes de la dose faible par rapport au témoin.....	121
<b>Figure 61</b> : Biplot de l'ACP appliquée sur les indices de tolérance de la dose modérée par rapport au témoin.....	122
<b>Figure 62</b> : comparaison des moyenne (LSD) des pourcentages de diminution des variables les plus discriminantes de la dose modérée par rapport au témoin.....	123
<b>Figure 63</b> : Biplot de l'ACP appliquée sur les indices de tolérance de la dose forte par rapport au témoin.....	124
<b>Figure 64</b> : comparaison des moyennes (LSD) des pourcentages de diminution des variables les plus discriminantes de la dose forte par rapport au témoin.....	124

## **Liste des abréviations :**

<b>UFL/an :</b>	unité fourragère lait/année
<b>SAU :</b>	surface agricole utilisée
<b>M.A.D.R :</b>	ministère d'agriculture et de développement rural
<b>V :</b>	Vicia
<b>FAO :</b>	organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>ICARDA :</b>	centre international de recherche agricole dans les zones arides
<b>Ha :</b>	hectare
<b>Qx :</b>	quintaux

## ملخص

في المناطق شبه القاحلة والجافة في الجزائر ، تعتبر الثروة الحيوانية جزءاً لا يتجزأ من أنظمة الإنتاج. من المعروف أن إنتاج الأعلاف في هذه المنطقة لا يزال يهيمن عليه بشكل رئيسي جمعية البيقية / الشوفان التي على الرغم من كل الجهود المبذولة لتحسينها ، إلا أن إنتاجها لا يزال منخفضاً ولا يمكن أن يلبي الاحتياجات المتزايدة للقطيع. نتيجة لذلك ، حددت دراستنا لنفسها أهدافاً لجمع أكبر عدد من المدخلات التلقائية الموجودة في هذه المنطقة ، بهدف توصيفها من خلال عدة مناهج ، وهي: المورفولوجية والبيئية والجغرافية والكيميائية الحيوية ، من أجل تعزيزها أولاً من ناحية التنوع و أيضاً من ناحية من ناحية التكيف. في هذا السياق ولتحقيق هذه الأهداف ، عرضنا الأنواع المجموعة لثلاثة اختبارات تجريبية تحت ظروف خاضعة للرقابة. الأول يتعلق بدراسة مدى التنوع الجيني ضمن هذه المدخلات من خلال الوصفات الزراعية والظاهرية المرتبطة بمعايير جغرافية إيكولوجية مختلفة. بينما ركز الاختبار الثاني على التوصيف الزراعي وتقييم بعض المعايير المتعلقة بالقيمة الغذائية. أخيراً ، ركز الاختبار الأخير على الاستجابة المورفولوجية والفسولوجية والكيميائية الحيوية لهذه المدخلات تحت ضغط الملوحة.

أظهرت نتائجنا اختلافات كبيرة للعديد من الصفات المورفولوجية التي كانت تعتبر متغيرات رئيسية لتحديد وتوصيف أنواع جنس *Vicia L*. وبالمثل ، كان أداء هذه المدخلات جيداً جداً من الناحية الزراعية ، سواء بالنسبة لإنتاج الأعلاف (أفضل محتوى = 3.10 جرام / نبات) و الحبوب (أفضل محتوى = 5.83 جم / نبات). لوحظ اتساع كبير في المراحل الفينولوجية (الفاصل الزمني 29 يوماً) ، والحساسية للانحناء (الفاصل 75 ٪) ودرجة تفكك الفصوص لهذه الموارد ، والتي من الواضح أنها سمات ذات أهمية هائلة للمربين. بشكل عام ، تساهم نتائجنا بشكل فعال في توسيع حدود النطاقات المذكورة من قبل الباحثين الذين سبق لهم العمل على البيقية في الجزائر.

أيضاً ، من وجهة النظر التغذوية ، فإن الاختلافات الملحوظة لمحتويات النيتروجين والألياف والمعادن والمواد العضوية ، تقدم معلومات قيمة تسمح وتسهل إنتاج تين ذا قيمة غذائية عالية. في النهاية ، تظهر دراسة تحمل هذه الأنواع للملوحة أن التحليل متعدد المتغيرات (PCA) المطبق على مؤشرات التحمل واستخدام نسب التخفيض أثبت أنه مثير للاهتمام للغاية ويجعل من الممكن تصنيف الأفراد المتحملة والحساسة بمزيد من الدقة نتيجة لتوليف المتغيرات المختلفة المدروسة. وبالمثل ، فإن هذه الأساليب تجعل من الممكن تسليط الضوء على المتغيرات الأكثر فعالية التي يمكن استخدامها مباشرة عند تحديد الأنماط الجينية المتحملة (في حالتنا النوع 33)

**الكلمات المفتاحية:** المدخل، التوصيف، الجغرافيا البيئية، مورفولوجي، الكيمياء الحيوية، التحمل، الملوحة.

## RESUME

Dans les régions semi-arides et arides d'Algérie, l'élevage fait partie intégrante des systèmes de production. Il est connu que la production fourragère dans cette région demeure toujours majoritairement dominée par l'association Vesce/Avoine qui, malgré tous les efforts consentis à son amélioration, sa production reste faible et ne peut répondre aux besoins sans cesse croissants du cheptel. De ce fait, notre étude s'est fixée comme objectifs de collecter le maximum d'accessions spontanées présentes dans cette région, dans le but de les caractérisées à travers plusieurs approches à savoir : morphologique, éco-géographique et biochimique, afin de les valoriser d'une part en termes de diversité et d'autre part en matière d'adaptation. Dans ce contexte et afin de répondre à ces objectifs, nos accessions ont fait l'objet de trois essais expérimentaux en pots et sous conditions contrôlées. Le premier a concerné l'étude de l'ampleur de la diversité génétique au sein de ces accessions par des descripteurs agronomiques et phénotypiques associée aux différents paramètres éco géographiques. Tandis que le deuxième essai a porté sur la caractérisation agronomique et l'appréciation de certains paramètres liées à la valeur nutritionnelle. En fin, le dernier essai s'est intéressé à la réponse morphologique, physiologique et biochimique de ces accessions sous contrainte saline. Nos résultats ont montré des variations importantes pour plusieurs traits morphologiques qui ont été jugés comme variables clés pour l'identification et la caractérisation des espèces du genre Vicia L. De même, ces accessions ont été très performantes agronomiquement, tant pour la production fourragère (meilleure teneur=3.10g/plant) et en grain (meilleure teneur=5.83g/plant). Une grande amplitude s'est observée chez les stades phénologiques (intervalle de 29 jrs), la sensibilité à la verse (intervalle 75%) et le degré de déhiscence de ces ressources, qui sont bien évidemment des traits d'une importance colossale pour les sélectionneurs. Globalement, nos résultats contribuent de façon efficace à l'expansion des limites des aires de répartitions cités précédemment par les chercheurs qui ont déjà travaillé sur les vesces en Algérie. Egalement, du point de vue nutritionnel, les variations observées pour les teneurs en azote, en fibres, en minéraux et en matière organique, présentent des informations précieuses permettant et facilitant la production d'un foin de haute valeur nutritionnelle. En fin, l'étude de la tolérance de ces accessions à la salinité montre que l'analyse multivariée (ACP) appliquée sur les indices de tolérance et l'utilisation des pourcentages de diminution s'avèrent très intéressantes et permettent de classer les individus tolérantes et sensibles avec plus de précision, et ce à cause de la combinaison des différents paramètres étudiés. Pareillement, ces méthodes permettent de ressortir les variables les plus efficaces qui peuvent être utilisées de manière directe lors de l'identification des génotypes tolérants (en l'occurrence l'accession 33).

**Mots clés :** Accession, Caractérisation, éco-géographique, morphologique, biochimiques, tolérance, salinité.

## ABSTRACT:

In the semi-arid and arid regions of Algeria, livestock is an integral part of production systems. It is known that fodder production in this region is still mainly dominated by the Vetch/Oats association, which, despite all the efforts made to improve it; its production remains low and cannot meet the ever-increasing needs of the herd. As a result, our study has set itself the objectives of collecting the maximum number of spontaneous accessions present in this region, with the aim of characterizing them through several approaches, namely: morphological, eco-geographical and biochemical in order to enhance them, on the one hand, in terms of diversity and on the other hand in terms of adaptation. In this context and in order to meet these objectives, our accessions were the subject of three experimental tests in pots and under controlled conditions. The first concerned the study of the extent of genetic diversity within these accessions by agronomic and phenotypic descriptors associated with different eco-geographical parameters. While the second test focused on the agronomic characterization and the assessment of certain parameters related to nutritional value. Finally, the last test focused on the morphological, physiological and biochemical response of these accessions under saline stress. Our results showed significant variations for several morphological traits that were considered as key variables for the identification and characterization of species of the genus *Vicia* L. Similarly, these accessions performed very well agronomically, both for fodder production (best content=3.10g/plant) and in grain (best content=5.83g/plant). A great amplitude was observed in the phenological stages (interval=29 days), the sensitivity to lodging (interval=75%) and the degree of dehiscence of these resources, which are obviously traits of colossal importance for breeders. Overall, our results contribute effectively to the expansion of the limits of the ranges cited above by researchers who have already worked on vetches in Algeria. In addition, from the nutritional point of view, the variations observed for the nitrogen, fiber, mineral and organic matter contents, present valuable information allowing and facilitating the production of hay of high nutritional value. In the end, the study of the tolerance of these accessions to salinity shows that the multivariate analysis (PCA) applied to the indices of tolerance and the use of the percentages of reduction prove to be very interesting and make it possible to classify the tolerant individuals and sensitive with more precision, due to the combination of the different parameters studied. Similarly, these methods can highlight the most effective variables that can be used directly when identifying tolerant genotypes (in our case accession 33).

Key words: Accession, Characterization, eco-geographical, morphological, biochemical, tolerance, salinity.

## INTRODUCTION :

Par la nature de son climat, de son relief et de ses formations végétales, par les habitudes et les pratiques de sa population humaine, l'Algérie est un pays à vocation pastorale et fourragère en premier. Malheureusement, le cheptel est sous-alimenté, la production fourragère est très limitée et les ressources pastorales restent aléatoires (Abdelguerfi, 1987).

Ainsi, pour entretenir et nourrir des élevages de plus en plus importants, les éleveurs et agriculteurs se heurtent à plusieurs problèmes, principalement l'insuffisance des ressources fourragères et leur irrégularité, lesquelles sont accentuées par le réchauffement climatique. Ils n'ont à leur disposition que des ressources fourragères assez limitées constituées principalement par les chaumes de céréales, de la végétation spontanée des jachères pâturées et des parcours forestiers sur-pâturés et dégradés (Zirmi-Zembri, 2021 ; Abdelguerfi, 1987). En parle d'un déficit fourrager avoisinant les 4.57 milliards d'UFL/an (Bencharali *et al.*, 2021).

D'année en année, la superficie allouée à la production fourragère diminue. En 2019, la sole totale réservée aux fourrages a été estimée par 959 841 ha, soit seulement 11% de surface agricole utile (SAU). Cette dernière est représentée par **28.50% de fourrages naturels** (Prairies naturelles et Jachères fauchées), **46.86% de fourrages artificiels secs** (Vescs-Avoines, Luzernes, Céréales reconverties et Divers) et **24.64% de fourrages artificiels verts** (Orge, Avoine, Seigle en vert et Autres) (M.A.D.R, 2019). De ce fait, les répercussions sont très intenses et se manifestent à travers les faibles productions animales et en particuliers la production laitière (Abdelguerfi *et al.*, 2008).

Malgré tous les efforts consentis à son amélioration, la production de l'association Vesce-Avoine reste faible et ne peut répondre aux besoins sans cesse croissants du cheptel, cela est due principalement à la gamme variétale très faible (le nombre de variétés utilisées se limitent uniquement à une seule qui est la Languedoc appartenant à l'espèce *Vicia sativa* L.) et l'inadaptation du matériel végétal aux différentes zones agro-écologiques de l'Algérie (Mebarkia et Abdelguerfi, 2007).

Plusieurs espèces appartenant au genre *Vicia* L. ont démontré leur importance économique (El-Bok, 2014 ; Abozeid *et al.*, 2017 ; Martin *et al.*, 2018 ; Issolah *et al.*, 2022). Regrettablement, malgré leur nombre important et leur diversité considérable, très peu de

travaux ont été entrepris en Algérie sur la caractérisation de ces ressources spontanées aussi bien sur le plan agro-phénotypique qu'écologique et biochimique.

Durant leurs études sur les habitats naturels de quelques espèces de Vesces en Algérie, Bechkri et Kheilifi, (2016) et Issolah *et al.* (2022) ont mis en évidence que la présence des Vesces spontanées couvre la quasi-totalité des étages bioclimatiques du nord Algérien, avec un effet évident de ces derniers sur la fréquence d'abondance et de rareté des différentes espèces.

De plus, ces espèces seraient de véritables ressources alimentaires énergétiques et protéiques, ou elles peuvent contribuer à équilibrer les rations de base des ruminants et à améliorer leur appétibilité (Kahlaoui *et al.*, 2021). Bien qu'elle diffère d'une espèce à l'autre, leur richesse en matières azotées totales, en fibres et en éléments minéraux est connue mondialement et a été documentée par plusieurs auteurs, tandis qu'au niveau national, personne n'a encore travaillé sur cet aspect notamment pour les accessions spontanées.

Le froid, la sécheresse et la salinité sont les facteurs limitants les plus importants qui affectent considérablement la production des cultures de Vesces dans plusieurs régions du monde. Puisque la région semi-aride de Sétif est connue comme étant une région à forte contraintes climatiques, la tolérance des vesces demeure toujours un critère de sélection très important (Ratinam *et al.*, 1994).

Outre le problème chronique du déficit fourrager que connaît notre pays depuis des années, la flore est aujourd'hui très sérieusement menacée, en raison de la forte régression des milieux naturels sous l'action de l'homme, mais aussi parce que cette région serait l'une des plus exposées aux changements climatiques globaux (Médail et Quézel, 2005).

Pour cette raison, la nécessité de conserver et de valoriser les ressources phytogénétiques locales font l'unanimité de tous les intervenants et cela ne peut se faire qu'en étudiant la diversité génétique et en mettant des stratégies de conservations de ces espèces (Bechkri, 2017).

Les objectifs de notre étude consistent en premier lieu à l'évaluation de l'ampleur de la diversité génétique des accessions spontanées de Vesces par le biais de descripteurs phénotypiques et agronomiques en essayant d'élaborer une caractérisation éco-géographiques des habitats naturels de ces ressources qui, en l'occurrence s'étendaient sur

toute la province de Sétif et ses régions limitrophes. De plus, le présent travail envisage à estimer les performances agronomiques et nutritives de certaines accessions à la fois en plante entière et en grain. Enfin, ces travaux seront renforcés par l'étude du comportement morphologique, physiologique et biochimique de ces ressources sous contrainte saline.

Dans ce contexte et pour répondre à tous ces objectifs, notre travail est centré autour de 3 principaux chapitres :

- Le premier abordera l'étude de diversité génétique associée aux traits morphologiques, paramètres éco-géographiques et aux analyses du sol de plusieurs accessions du genre *Vicia L.* en zone semi-aride de Sétif.
- Le second traite la qualité fourragère et les performances agronomiques de 8 taxa spontanées du genre *Vicia L.* collectées à travers plusieurs sites de la province de Sétif et ses régions limitrophes.

Enfin, le dernier chapitre s'intéresse à l'évaluation morphologique, physiologique et biochimique de 7 accessions de Vesces soumises à différentes concentrations de stress salin (NaCl).

# **1 ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **1.1 Les fourrages**

### **1.1.1 Importance des fourrages**

Les fourrages sont produits pour répondre, en quantité et en qualité, aux besoins alimentaires des animaux d'élevage herbivores. D'une importance capitale dans le développement durable des régions chaudes, la production fourragère est le principal levier de la productivité des systèmes d'élevage. Elle joue également un rôle essentiel dans les systèmes qui allient productions végétales et animales et dans de nombreux systèmes agro écologiques intégrant des plantes fourragères (Klein *et al.*, 2014).

### **1.1.2 Situation fourragère dans le monde :**

L'importance du secteur de l'élevage en tant que plus grand utilisateur de terres dans le monde et source de moyens de subsistance et de croissance économique ont fait l'objet d'une attention considérable ces dernières années (Herrero *et al.*, 2013).

L'interdiction des farines de viande dans l'alimentation des ruminants dans l'Union européenne (Ramos-Morales *et al.*, 2010) ainsi que dans d'autres régions du monde amplifie la pression exercée sur les éleveurs pour qu'ils produisent des protéines alternatives locales pendant très longtemps (Huang *et al.*, 2020).

### **1.1.3 Situation fourragère en Algérie**

En Algérie, au cours des dernières décennies, la région steppique a connu une profonde évolution. C'est la population humaine qui a triplé, passant de 4 millions en 1977 à 12 millions en 2009 (ONS, 2011), augmentant la pression des usages agricoles (élevage et cultures) et non agricoles des parcours. De plus, le nombre d'animaux présents sur ces parcours a également augmenté de 6 millions en 1968 à 20 millions en 2014 (Yabrir *et al.*, 2015), ce qui aurait contribué à la baisse de la disponibilité fourragère spontanée dans la steppe (Le Houérou, 1995 ; Daoudi *et al.*, 2013 ; Hammouda *et al.*, 2013).

Les réformes foncières successives ont permis une expansion des cultures, des villes et villages au détriment des pâturages.

L'utilisation massive de concentrés dans l'alimentation des animaux, ainsi que l'association culture-pastoralisme (cf. agro-pastoralisme), ont permis à certains éleveurs de garantir l'alimentation de leurs animaux sans effectuer régulièrement de grands déplacements, se contenter des pâturages collectifs et privés disponibles dans leur région d'origine (Aïdoud *et al.*, 2006 ; Ghozlane *et al.*, 2009).

Cet ensemble de changements que la steppe a subi ces derniers temps a considérablement réduit les mouvements de grands troupeaux et change constamment les habitudes des locaux (Abbad et Genin, 2004).

## **1.2 Les légumineuses**

### **1.2.1 Présentation**

La famille des Fabaceae (Leguminosae) est l'une des plus grandes familles du Règne plantae qui est composé d'environ 751 genres répartis en 19 500 espèces (Lewis, 2005). Les fabacées appartiennent à la famille des légumineuses qui est largement consommée par les humains dans le monde entier et elle est également largement utilisée comme fourrage pour les animaux (Mekky, 2020).

Les Leguminosae se séparent en trois sous-familles : les Papilionoideae (480 genres, environ 14000 espèces), les Caesalpinioideae (170 genres, environ 2000 espèces) et les Mimosoideae (80 genres, environ 3200 espèces). Cette famille inclue des cultures pour les grains, des oléagineux, des pâturages et des fourrages, des plantes ornementales et des plantes médicinales (Talukdar, 2013).

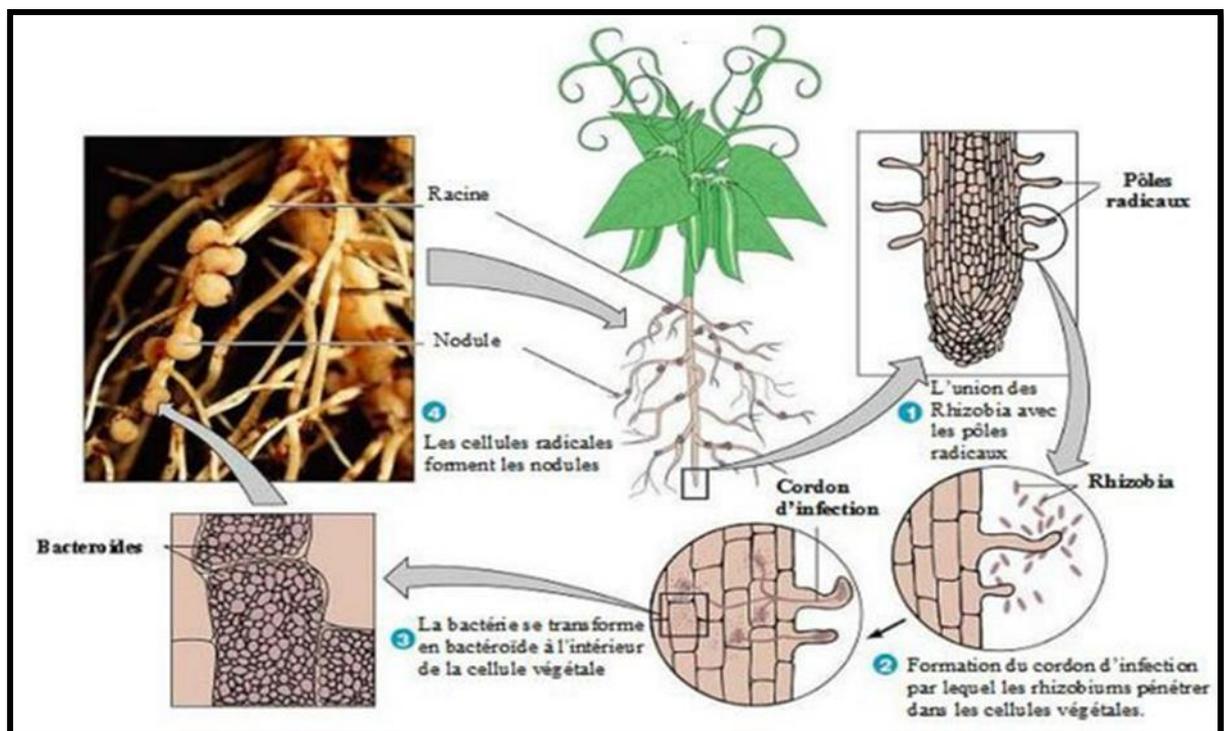
Les fabacées sont considérées comme la deuxième famille après les graminées en termes d'importance agricole basée sur la superficie récoltée et la production totale. Cette famille occupe une place centrale dans les systèmes de production en tant que tête de rotation incontournable par leur reliquat azoté (Hadj Omar, 2008).

D'un point de vue alimentaire, il est d'usage de distinguer les légumineuses fourragères cultivées essentiellement pour leur production de matières vertes (Luzerne, trèfle, vesce...) et les légumineuses alimentaires exploitées principalement pour leurs graines riches en protéines (fèves, féverole, pois, haricot, lentille et pois chiche) (Abdelguerfi et Ramdane, 2003).

## 1.2.2 Symbiose rhizobienne et fixation d'azote

Les légumineuses peuvent acquérir l'azote grâce à leur aptitude à établir une symbiose avec des bactéries du sol collectivement appelées Rhizobium. Les bactéries de la famille des Rhizobiacées peuvent infecter les racines des légumineuses entraînant la formation de structures appelées nodosités ou nodules. Par ces nodules, la plante hôte (la légumineuse) offre un micro habitat exceptionnellement favorable à la bactérie tout en lui procurant des substrats carbonés provenant de la photosynthèse. Le processus de la fixation, lui-même, consiste en la réduction de l'azote atmosphérique  $N_2$  sous forme ammoniacale. Cette réaction est catalysée par un complexe enzymatique appelé nitrogénase d'origine bactérienne (Downie, 2005).

Cette association à bénéfice réciproque entre la légumineuse et les bactéries est appelée symbiose fixatrice de l'azote atmosphérique. Dans ce cas, les légumineuses ne nécessitent pas l'apport d'engrais azotés, à la différence des céréales ou des oléo-protéagineux comme le colza et le tournesol.



**Figure 1** : symbiose rhizobium-légumineuses fixatrice d'azote (Faghire Mustapha, 2012).

### **1.2.3 Intérêt agronomique**

A l'instar de leur effet sur la fertilité des sols et leur richesse en protéines, les légumineuses jouent un rôle important dans l'amélioration physico-chimique du sol en laissant une masse importante de matière organique, elles augmentent la porosité du sol et la quantité d'eau retenue ainsi que la qualité d'agrégats et de micro-agrégats qui sont stables (Hadj Omar, 2008).

Les légumineuses fourragères sont particulièrement efficaces pour améliorer la structure du sol en raison de leurs systèmes racinaires larges et profonds et de leurs périodes de croissance plus longues (FAO, 2016).

D'autre part, les plantes de la famille des légumineuses enrichissent le sol en azote ; en réorganisant l'azote minéral, elles évitent les pertes par lessivage qui risqueraient de se produire sur sol nu (Gauthier, 1991).

Les légumineuses présentent ce remarquable avantage de réduire fortement tout recours à la fertilisation azotée. De plus, en raison du fonctionnement de la symbiose, tout l'azote minéralisé sous la culture de légumineuse sera préférentiellement capté. Ceci conduit à une absence totale de lessivage au cours de la culture (Huyghe, 2006 et Hadj Omar, 2008).

La culture des Légumineuses représente donc le meilleur moyen de produire des protéines tout en respectant l'environnement : c'est un exemple de culture dans le cadre d'une agriculture durable (Medoukali, 2016).

### **1.2.4 Intérêt économique**

La production des engrais azotés demande beaucoup d'énergie : l'énergie nécessaire à la production chimique d'une tonne d'engrais azoté par l'industrie, est de 2.5 tonnes de pétrole. Leur coût ne cesse donc d'augmenter proportionnellement au prix du pétrole (Medoukali, 2016).

Pour les trois plus importantes céréales cultivées : blé, riz et maïs, il est nécessaire de prélever entre 20 et 40 kg d'azote/ha du sol dans une période de culture de 3 à 5 mois pour chaque tonne de graines produit (Peoples *et al.*, 1995). Selon Danso (1995), l'azote de la fixation symbiotique a une contribution plus importante pour la croissance des plantes par rapport à celui des engrais azotés appliqués dans l'agriculture des pays en développement

Dans les pays en voie de développement la fixation symbiotique de l'azote revêt une importance économique particulière comme moyen d'amélioration de la fertilité puisque le recours aux engrais chimiques n'est pas économiquement supportable, la culture de légumineuses pourrait être un débouché intéressant pour une production de protéines plus économique et plus autonome (Marrou, 1987), et contribuer fortement au développement de l'économie rurale (Stebler, 1984).

### **1.2.5 Intérêt écologique**

La fertilisation azotée des plantes joue un rôle important dans l'accroissement de l'effet de serre et est économiquement ruineux tout en créant une pollution importante car souvent les nitrates sont lessivés lors des pluies et atteignent la nappe phréatique (Link *et al.*, 2006). Les légumineuses assurent la durabilité des systèmes fourragers qui les comprennent. Leur culture nécessite très peu d'intrants chimiques. De ce fait, elles contribuent à la diversité de la flore, notamment en région de grandes cultures ; mais aussi de la faune, car les peuplements fourragers pérennes sont des réservoirs pour la disponibilité alimentaire/ou de reproduction de plusieurs espèces animales (insectes, oiseaux, etc....) (Guilbot, 1999 ; Clere et Bretagnolle, 2001).

## **1.3 Le genre *Vicia***

### **1.3.1 Taxonomie**

Le genre *Vicia* a une importance économique considérable : deux espèces, *V. faba* et *V. ervilia*, appartiennent aux premières plantes domestiquées du monde et sont des composantes caractéristiques du complexe de plantes alimentaires du Proche-Orient du Néolithique tardif ; la féverole reste l'une des légumineuses à grains les plus répandues dans les régions tempérées du monde. Le genre comprend quelques autres cultures vivrières mineures et plus d'une douzaine de plantes fourragères, parmi lesquelles la plus importante, *V. sativa*, cultivée dans de nombreux pays de l'ancien et du nouveau monde (Hanelt et Mettin, 1989).

Allkin *et al.* (1986) a mentionné que Le genre *Vicia* L. (Leguminosae, Viciae) comprend environ 166 espèces principalement situés en Europe, en Asie et en Amérique du Nord, et s'étendant jusqu'à l'Amérique du Sud tempérée et l'Afrique tropicale. Tandis que Hanelt et Mettin (1989), ont mentionné un nombre d'espèces de Vesce entre 180 et 210 largement distribué dans la zone tempérée de l'hémisphère nord et en Amérique du Sud extratropicale. Le taux le plus élevée de diversité des espèces se trouve dans la région

méditerranéenne et le Caucase. En revanche, Les centres mineurs se trouvent en Sibérie méridionale et en Amérique du Sud.

Historiquement, les espèces de *Vicia* ont été regroupés en trois ou quatre grands groupes d'espèces : « *Cracca* », « *Vicia* », « *Ervum* » et parfois "Faba". Kupicha (1974, 1976 et 1981) a entrepris la réversion la plus complète du genre *Vicia*, et sur la base de la présence ou l'absence des stipules nectarifères, le nombre de fleurs par inflorescence et les longueurs relatives des pédoncules par rapport à la feuille sous-jacente, parvient à diviser les quatre groupes d'espèces seulement en deux sous genres, *Vicilla* et *Vicia* (Mebarkia, 2011).

### **1.3.2 Le sous-genre *Cracca* (*Vicilla* sensu Kupicha)**

Le sous-genre se caractérise par la possession de plusieurs états de caractères primitifs (moins dérivés), par exemple : croissance pérenne, grappes à nombreuses fleurs à long pédoncule et stipules simples. Ce sous-genre est phylogénétiquement un assemblage assez hétérogène avec grandes variations de nombreux caractères. Il comprend la majeure partie des espèces de *Vicia* (140 à 160 espèces) qui sont souvent des plantes herbacées vivaces grimpantes avec des vrilles. La distribution du sous-genre *Cracca* couvre presque la superficie totale du genre, et les limites de distribution sont principalement constituées à partir des espèces de *Cracca*. L. (Hanelt et Mettin, 1989 ; Bechkri, 2016). Le sous genre *Vicilla* divisé en 17 sections renferme les espèces *Vicica villosa*, *Vicia ervillia*, *Vicia benghalensis* et *Vicia hirsuta* (Mebarkia, 2011).

### **1.3.3 Le sous genre *Vicia***

Kupicha (1976) a suggéré que le sous-genre *Vicia* est plus petit et cohérent que *Vicilla*, contenant 38 espèces divisées en 5 sections. Ce groupe contient les espèces les plus importantes sur le plan agricole comme *V. faba* (section *Faba*), *V. sativa* (section *Vicia*) et *V. narbonensis* (section *Narbonensis*) (Osman, 2020). Kupicha a fourni la description suivante pour le sous-genre *Vicia* :

Plantes annuelles ou vivaces. Feuilles hypo stomatiques à hypo-amphistomatiques, paripennées, généralement tendrilleuses, parfois mucronées ; stipules monomorphe, toujours avec une fosse nectarifère glandulaire sur le côté abaxial. Inflorescence 1 à plusieurs fleurs, pédoncule très rarement plus long que la feuille sous-jacente, généralement plus courte que la fleur, fleur parfois sessile à l'aisselle des feuilles. Calice régulier ou irrégulier. Vexillum

platonychioïde ou sténonychioïde, rarement pubescent sur la surface abaxiale. Légume non stipitée, contenant un tissu parenchymateux « laineux » bien développé entre graines ; gousses oblongues, rhomboïdales ou linéaires. Graines à hiles longs à courts ; testa lisse ou rarement rugueux ; cristallin près du hile ou sur le côté opposé de la graine ; canavanine absente (Maxted, 1993).

Le sous-genre *Vicia* est moins large et ne comprend pas plus de 40 à 50 espèces. Ces dernières sont presque exclusivement annuelles et très rarement pérennes. Il est, morphologiquement, moins variable, que le sous-genre *Cracca* (Bechkri, 2016).

La distribution de l'espèce est également plus limitée ; elle couvre principalement la région méditerranéenne et les pays du Proche et Moyen-Orient de la région floristique Irano-touranienne (Hanelt et Mettin, 1989).

#### **1.3.4 Conflit taxonomique du genre *Vicia* :**

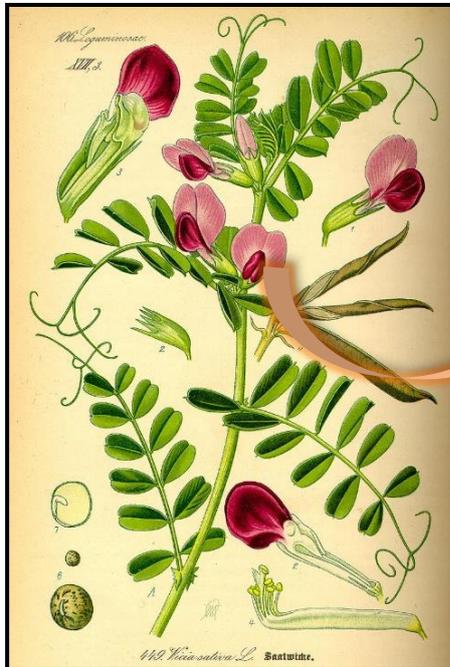
Le traitement taxonomique du genre *Vicia* a été controversée et discutable quant à la délimitation des variétés morphologiques, des sous-espèces et des espèces. Le traitement monographique du genre *Vicia* par Kupicha (1976) classe les espèces de Vesces en deux sous-genres, *Vicia* et *Vicilla* (Shur) Rouy, sur la base de la présence ou l'absence de taches nectarifères sur les stipules et la longueur relative du pédoncule et de la fleur.

Cependant, selon Tzvelev (1987) le nom du sous-genre *Cracca* Peterman a priorité et doit être utilisé à la place de *Vicilla*, avec *Cracca* et *V. cracca* L. comme section et espèce du sous-genre, respectivement (Leht et Jaaska, 2020). De plus, Les débats se focalisent autour de deux complexes *V. sativa* et *V. narbonensis*. Bechkri (2016) a noté que les botanistes ne s'accordent pas sur le rang et le nombre de taxa appartenant à chacun de ces deux complexes (Stankevich 1978 ; Zohary et Plitmann 1979 ; Maxted, 1995 ; Potokina, 1997 ; Davis et Plitmann, 1970 ; Schäfer, 1973 ; Maxted, 1993a ; Bennet et Maxted, 1997).

#### **1.3.5 Morphologie des Vesces de la flore Algérienne : *Vicia* L. (Vesce, «Djilbans », «Djilbana»)**

Les Vesces (*Vicia* L.) sont des herbacées dont les plantes matures sont souvent grimpantes grâce à leurs vrilles caractéristiques (**figure 2**). Les tiges ne sont pas ailées, ce qui permet généralement de les différencier des Gesses (*Lathyrus* L.). Les fleurs sont des Papilionacées (**figure 3**), composées de cinq pétales (un étendard, deux ailes et une carène comprenant deux pétales soudés), solitaires ou en racèmes. Les fruits sont des gousses contenant des graines (Bechkri, 2017).

Calice à 5 dents subégales. Etamines diadelphes (1-9) ou monadelphes vers la base. Gousse de forme variable, comprimée, aplatie, déhiscente. Graines globuleuses ou comprimées. Feuilles paripennées à rachis se terminant souvent par une vrille ou une soie ; stipulées (Quezel et Santa, 1962).



**Figure 2 :** morphologie de la plante de vesce (Otto Wilhelm Thomé - 1885)



**Figure 3 :** morphologie de la fleur des Vescs.

### 1.3.6 L'espèce *Vicia sativa* L.

#### 1.3.6.1 Description morphologique :

Calice de 1 cm à dents rectilignes. Folioles ovales ou lancéolées variables. Fleurs purpurines à ailes violacées, isolées ou par 2-3 à l'aisselle des feuilles, longues de 20-30 mm (**figure4**). Gousses plus ou moins cylindriques de 40-60 X 6-10 mm, non stipitées. Espèce très polymorphe (Quezel et Santa, 1962).

#### 1.3.6.2 Complexité taxonomique du groupe *Vicia sativa* L. :

Ce groupe est taxonomiquement compliqué puisque les distinctions morphologiques entre les taxons dans le complexe *V. sativa* sont souvent mal exprimées, les espèces occupent des habitats plus ou moins similaires, et la plupart d'entre elles sont réparties sympatriquement. Certains auteurs ont reconnu huit espèces distinctes dans cet agrégat (Fedchenko, 1948 ; Mettin et Hanelt, 1964 ; Hanelt et Mettin, 1966 ; Tzvelev, 1987) à savoir.

: *V. sativa* L., *V. angustifolia* Reichard, *V. cordata* Wulf. ex Hoppe, *V. macrocarpa* (Moris) Bertol., *V. amphicarpa* Dorth., *V. incisa* Bieb., *V. pilosa* Bieb., *V. segetalis* Thuill.



**Figure 4** : fleurs, foliole et graines de l'accession 19D de l'espèce *V. sativa* spp. *obovata* (source auteur)

D'autres taxonomistes la considèrent comme une seule espèce *V. sativa* L. *sensu lato* avec certaines sous-espèces et variétés (Ball, 1968 ; Davis et Plitmann, 1970 ; Stankevich, 1978 ; Zohary et Plitman, 1979 ; Maxted, 1995) a savoirs :

A. Plante portant à sa base des rejets souterrains blanchâtres, grêles, écailleux

ssp. *amphicarpa* (L.) Batt.

✓ Plante sans rejets souterrains, blanchâtres .....b

B. Fleurs de 20-30 mm en général par 2 ; graines de 3-5 mm.

ssp. *obovata* Gaudin

- Fleurs de 15-20 mm, en général isolées ; graines de 2-3 mm ....c

C. Plante à folioles nettement pubescentes, gousses brunes

ssp. *consobrina* (Pomel) Maire

✓ Plante glabrescente ; gousses noires .....d

D. Folioles cunéiformes obovales. Feuilles inférieures sans vrilles

ssp. *cordata* (Will) Batt.

- ✓ Folioles linéaires lancéolées. Feuilles toutes terminées en vrille

ssp. *angustifolia* (L.) Gaudin

*Vicia sativa* est largement cultivée dans les régions tempérées et subtropicale. Par contre, la sous espèce *amphicarpa* a une distribution plus restreinte. Elle est localisée principalement dans les régions les plus sèches de la méditerranée, l'Asie occidentale et a été introduite en Australie. Cette culture est caractérisée par des gousses souterraines et produit une meilleure régénération naturelle après pâturage (Mebarkia, 2011).

### 1.3.6.3 Utilisations et vertus de l'espèce *Vicia sativa* L. :

L'utilisation de la Vesce commune dans les systèmes d'élevage fourragers s'est considérablement développée dans de nombreux pays du monde (Rahmati *et al.*, 2012 ; Huang *et al.*, 2019) en partie pour sa bonne aptitude à la plantation là où d'autres légumineuses annuelles ou vivaces sont mal cultivées (Francis *et al.*, 1999 ; Nan *et al.*, 2006), mais aussi parce que c'est une culture fourragère à forte concentration protéique (Larbi *et al.*, 2011).

La Vesce commune (*Vicia sativa* L.) est l'une des fourrages annuels autogames les plus importants économiquement (Dong *et al.*, 2016).

La vesce commune a été acceptée en Turquie, en Australie, en Nouvelle-Zélande, dans le plateau Qinghai-tibétain de Chine et d'autres parties du monde car elle peut être utilisée comme fourrage, culture de couverture, foin, engrais vert, et aussi pour la production d'ensilage (Cakmakci *et al.*, 2006).

En tant que légumineuse, elle pousse bien dans les mélanges avec des céréales et a la capacité de fixer l'azote (Fracchiolla *et al.*, 2018).

Si elle est bien gérée, elle peut également réduire l'incidence des maladies des monocotylédones au cours de la prochaine campagne agricole (Cakmakci *et al.*, 2006).

Parmi les plantes du genre *Vicia*, l'espèce *V. sativa* L. est la plus cultivée au monde. La superficie plantée de cette dernière a atteint 579 684 ha en Turquie (Firincioglu *et al.*, 2014).

En tant que plante largement distribuée, la Vesce commune est l'une des espèces les plus variables génétiquement et phénotypiquement (Firincioglu *et al.*, 2009). La

disponibilité de matériel génétiquement diversifié et approprié est importante pour les programmes de sélection végétale pour développer de nouvelles variétés (Dong *et al.*, 2019).

#### 1.3.6.4 Production mondiales :

La Vesce commune est la légumineuse avec la dixième production mondiale la plus élevée avec 823238 tonnes (FAO 2016). La vesce commune est originaire du sud de l'Europe. Cette espèce est principalement utilisée dans la nutrition animale (FAO, 1994) et l'Ethiopie, la Russie et le Mexique sont les plus grands producteurs de Vesces (FAO, 2014).

#### 1.3.7 L'espèce *Vicia monantha* L.

Plantes annuelles ou vivaces à souche non traçante et non entièrement pubescentes, cendrées. Fleurs en grappes fournies souvent très denses et toujours bien plus longues que la feuille correspondante (**figure5**). Feuilles à 6-8 paires de folioles plus ou moins alternes, bien plus petites et surtout plus étroites. Fleurs d'un violet bleuâtre. Gousses aplaties de 20-40 X 8-12 mm, glabres, Espèce polymorphe (Quezel et Santa, 1962).

a) Fleurs de 17-20 mm. Gousses de 35-40 X 10-12 mm

ssp. *calcarata* (Desf.) Maire

b) Fleurs de 14-16 mm. Gousses de 25-30 X 8 mm

ssp. *cinerea* (M.B.) Maire



**Figure 5** : fleurs et graines de l'accession 5 de *V. monantha* L. (source auteur).

Plante herbacée de 50 à 65 cm de hauteur, à feuilles couchées à érigées. 4-7 paires de folioles, rachis des feuilles avec vrilles, folioles médianes étroitement linéaires à oblancéolées ou oblongues-elliptiques. Stipules des folioles médianes, semi-hastate-bipartites à peu dentées, 4- 5 x 1- 1,5 mm, sans nectarifère. Pédoncule plus long que les

fleurs, 40-70 mm et 2 fleurs. Pédicelle 1-2 mm. Fleurs 15-17 millimètres. Calice de 5-6 mm, un peu gibbeux, à embouchure oblique, pubescent ; les dents distinctement plus court que le tube. Corolle violette. Standard à 15- 16 x 7- 8 mm, de couleur violette, glabre, ailes 14- 15 x 2- 2,5 mm, de couleur violette, glabre, carène 10- 13 x 2- 2,5 mm, de couleur violet pâle, glabre, tube staminal 10 mm, style 2 mm. Légume oblongue linéaire, glabre 30- 38 x 9- 11 mm, Graines 4-6. Graines 4 x 4 mm, brun pâle, à surface plate, noires marbré, hile court (Kaplan, 2020).

*Vicia monantha* est une espèce de plante sauvage qui est originaire de la région de l'Afrique du Nord, notamment l'Algérie et l'Égypte. Elle se caractérise par sa remarquable résistance aux conditions environnementales sévères. Des plantes sauvages pareilles sont considérées comme une excellente source de gènes liés au stress en attente de leur isolement et leur identification (Abd el Maksoud *et al.*, 2021).

### 1.3.8 L'espèce *Vicia narbonensis* L.

Feuilles pourvues de vrilles. Fleurs d'un pourpre plus ou moins noirâtre sur les ailes, en général par 1-2, grandes (20-22 mm). Gousses de 5-6 X 1-1,2 cm, à faces glabres, denticulées-tuberculées sur les sutures (Quezel et santa, 1962) (**figure 6**).



**Figure 6** : fleur et foliole de l'accession 28 de l'espèce *V. narbonensis* L. (source auteur)

*Vicia narbonensis* L. fait partie des espèces qui ont été domestiquées au cours des premiers siècles de l'agriculture (Bryant et Hugues, 2011). Elle est originaire du Nord-Ouest de l'Asie mais ensuite elle a été étendue au bassin méditerranéen.

Depuis les années 90, la culture de *V. narbonensis* est devenue plus populaire en Australie et est toujours utilisée comme légumineuse polyvalente pour le grain, le fourrage et l'engrais vert dans les zones de faible à moyenne pluies (Dafwa, 2005).

La Vesce narbonnaise est une légumineuse fourragère prometteuse avec une bonne résistance à la sécheresse, au froid et aux pucerons. Les parties vertes sont utilisées comme fourrage, pâturées ou coupées pour le foin (El-Bok *et al.*, 2015).

Comme légumineuse fixatrice d'azote, la Vesce narbonnaise est de plus en plus utilisée comme engrais vert ainsi que comme culture piège pour la mauvaise herbe parasite *Orobanche crenata* (Kroschel, 2001).

La Vesce narbonnaise est une légumineuse annuelle à tiges pubescentes épaisses, anguleuses et dressées pouvant pousser sans support (Ecocrop, 2013 ; Bryant et Hughes, 2011).

Le système racinaire est bien développé ; le fruit est une gousse contenant plusieurs graines lisses, souvent appelées haricots narbon qui mesurent 5,5 à 6 mm de large et sont de couleur brune (Ecocrop, 2013 ; Bryant et Hugues, 2011 ; Hyppa, 2000).

En dépit de ces nombreux avantages, cette culture demeure toujours parmi les espèces fourragères les moins cultivées dans le Sud de l'Europe, l'Ouest Asiatique et dans la Méditerranée et plus particulièrement en Algérie (Mebarkia, 2011).



**Figure 7** : fleur de l'accession 18 de *Vicia peregrina* L. (source auteur)

### **1.3.9 L'espèce *Vicia peregrina* L.**

Calice de 5-6 mm de long, à dents supérieures récurvées vers le haut. Folioles linéaires de 10-20 X 1-3 mm, émarginées-apiculées au sommet. Fleurs violet pâle de 13-15 mm, solitaires (**figure 7**). Gousses très aplaties, de 30-40 X 8-12 mm stipitées (Quezel et santa, 1962).

*Vicia peregrina*, connue en Turquie sous le nom de "Culban", est une légumineuse largement disponible dans le sud de la Méditerranée de ce pays. La principale utilisation de la culture de *V. peregrina* est sa consommation comme fourrage pour le bétail (Buyukcapar et Kamalak, 2006).

*V. peregrina* est une espèce polymorphe qui varie avec respect de plusieurs caractères végétatifs et reproducteurs y compris la taille des folioles, la longueur du pédicelle, la taille des gousses, la taille des graines, le nombre de graines et la couleur des graines. Elle est commune en Méditerranée et dans les régions irano-turaniennes du sud de l'Europe vers l'est jusqu'en Asie centrale. Aujourd'hui, elle pousse comme mauvaise herbe dans les champs cultivés. La gousse contient généralement trois à sept graines subglobulaires, de 3–7 mm de diamètre (Davis et Plitman 1970 ; Zohary 1972 et Melamed *et al.*, 2008).

Très peu de travaux ont été entrepris sur cette espèce au niveau mondiale. De plus, En Algérie, aucune étude n'a été menée et cette culture reste presque inconnue et marginalisée.

## **1.4 Contraintes au développement de Vesces**

### **1.4.1 Contraintes abiotiques des vesces**

La plus grande incidence prévue de la sécheresse causée par le changement climatique (Alessandri *et al.*, 2014) affectera la productivité des systèmes agro-élevage en région méditerranéenne (Volaire *et al.*, 2014), où la sécheresse à la fin du printemps et en été est le principal stress (Annicchiarico *et al.*, 2011).

La sécheresse est considérée comme la principale cause des faibles rendements des cultures en Algérie (Bellague *et al.*, 2016).

Outre le déficit hydrique, la salinisation est également fréquente dans les environnements méditerranéens (Fagnano et Maggio, 2018), en raison de la présence de sols

naturellement salins (Small, 2010) ou à l'irrigation avec de l'eau salée (Pecetti *et al.*, 2013), avec des répercussions sur l'économie des pays touchés (Achir *et al.*, 2020).

La croissance des plantes dans les sols salins est principalement affectée par la disponibilité réduite de l'eau en raison de la pression osmotique élevée. Les plantes affectées par le sel sont rabougries avec des feuilles de couleur vert foncé, qui dans certains cas, sont plus épaisses et plus succulentes que la normale (Orak et Ateş, 2005).

Très peu d'études sont disponibles sur l'évaluation du comportement de la Vesce commune sous contraintes salines. Larbi *et al.* (2011) a mentionné que la Vesce commune est une légumineuse fourragère qui est modérément sensible à la salinité et un taux élevé de cette dernière affecte considérablement la culture. Les résultats d'Aydinoğlu *et al.* (2019) ont démontré qu'une salinité élevée diminuait le pourcentage de germination et la croissance des semis de vesce commune. De même, plusieurs autres auteurs ont constaté que les différents niveaux de salinité affectent de manière significative les Vesces en réduisant la viabilité des graines, la croissance et le développement des plantes (Odat *et al.*, 2021 ; Demir et Aril, 2003).

Notre étude sera la première à évaluer le comportement morphologique physiologique et biochimique des espèces *V. narbonensis* L., *V. monantha* L., et *V. peregrina* L. soumises sous contrainte saline, ou personne n'a jamais encore travaillé là-dessus.

#### **1.4.2 Phénomène de déhiscence**

Le problème d'égrenage affecte considérablement les cultures de Vesces à maturité, ce qui augmente le coût des semences et provoque des mauvaises herbes dans les champs, réduisant l'utilisation de cette culture notamment en rotation avec les céréales. Peu d'études publiées ont évalué la déhiscence des gousses dans le genre *Vicia*.

Renzi *et al.* (2017) a documenté 15 à 46 % d'égrenage de gousses dans une race locale argentine évaluée à un endroit sur deux ans.

Chez la Vesce commune (*Vicia sativa* L.), la déhiscence des gousses variait largement (3 à 96 %) entre les diverses lignées (Abd El Moneim, 1993 ; Dong *et al.*, 2017 et kissing *et al.*, 2020).

Mebarkia (2011) a rapporté des taux d'égrenages moyens à faibles sur le matériel génétique de Vesces utilisé lors de son travail.

Les études génétiques pour la réduction de l'aptitude à l'égrenage ont été réalisées par des croisements à travers plusieurs Backcross entre des écotypes de Vesces sauvages qui ne s'égrènent pas et des lignées de Vesces améliorées ayant des caractères agronomiques intéressants

Les résultats ont révélé que ce problème est conditionné par un seul gène récessif. L'incorporation de ce gène dans des lignées prometteuses a été réalisée par rétrocroisements, autofécondation et ensuite sélection des écotypes qui ne s'égrènent.

Après cinq générations de rétrocroisement, des lignées supérieures (136, 1416 et 2014) ont été sélectionnées avec des rendements en grain supérieurs à 2 tonnes/ha (Abd el Moneim, 1992).

### **1.4.3 Phénomène de verse**

La plupart des espèces de Vesce sont susceptibles de verser notamment quand ces dernières seront cultivées pour la production de semences et ce à cause de leur tiges faibles et minces. La croissance végétative excessive et la verse des Vesces cultivées pour les graines interfèrent avec la production de grain élevée et la récolte facile. (Tan et Temel, 2005).

Andrzejewska *et al.* (2006) évaluait le degré de verse de l'espèce *Vicia sativa* L. cinq fois au cours de la période de croissance. Selon le même auteur, la verse était présente du début de floraison jusqu'à l'atteinte de la maturité, s'intensifiant dans la dernière phase de croissance. L'idée des sélectionneurs pour la création de nouvelles variétés de Vesce commune est centrée sur la restriction de la longueur de la tige ce qui conduit au raccourcissement de la phase de floraison, à une maturation homogène, à moins de verse, et par conséquent, à une récolte plus facile. Chez la plupart des espèces des plantes cultivées, la longueur de la tige est liée à la tendance à la verse, cependant, la relation n'est pas valable pour la Vesce commune, tout comme pour les cultivars de *Pisum sativum* L. (Andrzejewska *et al.*, 2002).

Outre la longueur de la tige, l'épaisseur et la rigidité sont des facteurs colossaux déterminants la prédisposition de la verse chez les Vesces. Dong *et al.* (2019) a trouvé que les génotypes de Vesces les plus résistants à la verse sont ceux qui détiennent les scores les plus élevés de l'épaisseur de la tige.

D'où la croissance de la Vesce commune dans les peuplements mixtes reste le seul moyen efficace d'empêcher la verse. Olszewski *et al.* (2001) a noté que dans d'autres expériences qui testées la verse de la Vesce commune, les notes étaient plus élevées que celles de ses propres recherches. Le classement de verse avec des niveaux de sévérité est en grande partie subjectif, et les résultats de différentes expériences peuvent être difficiles à comparer. Dans ce cas, il est plus légitime d'utiliser ce qu'on appelle l'indice de verse (van de Wouw *et al.*, 2003), c'est-à-dire le rapport de la hauteur du conopée sur la longueur de la tige (Andrzejewska *et al.*, 2006).

Empêcher la verse peut rendre l'environnement à l'intérieur du couvert végétal plus favorable à la pénétration du soleil, ce qui peut améliorer la production et la distribution des produits de la photosynthèse dans les accessions non versées de vesces.

En l'occurrence, aucun travail n'a été mené sur la verse des Vesces en Algérie, notre étude demeure toujours pionnière sur cet aspect.

### **1.5 Importance de la diversité génétique pour la création variétale**

Le germoplasme est considéré comme la matière première génétique utilisée pour développer de nouveaux cultivars supérieurs (Fehr, 1987). La diversité génétique présente dans le germoplasme fournira donc la base génétique pour le développement des cultivars.

L'utilisation efficace de la variation génétique présente dans une collection de matériel génétique dépend de la disponibilité d'informations sur les différents traits présents dans l'accession (Beuselinck et Steiner, 1992).

La caractérisation des collections du matériel génétique fournira des informations utiles pour les programmes de sélection végétale (McIvor et Bray, 1983). Les études de la variation présente dans les collections de matériel génétique ont été réalisées sur de nombreuses espèces végétales pour une large gamme de traits ou d'attributs.

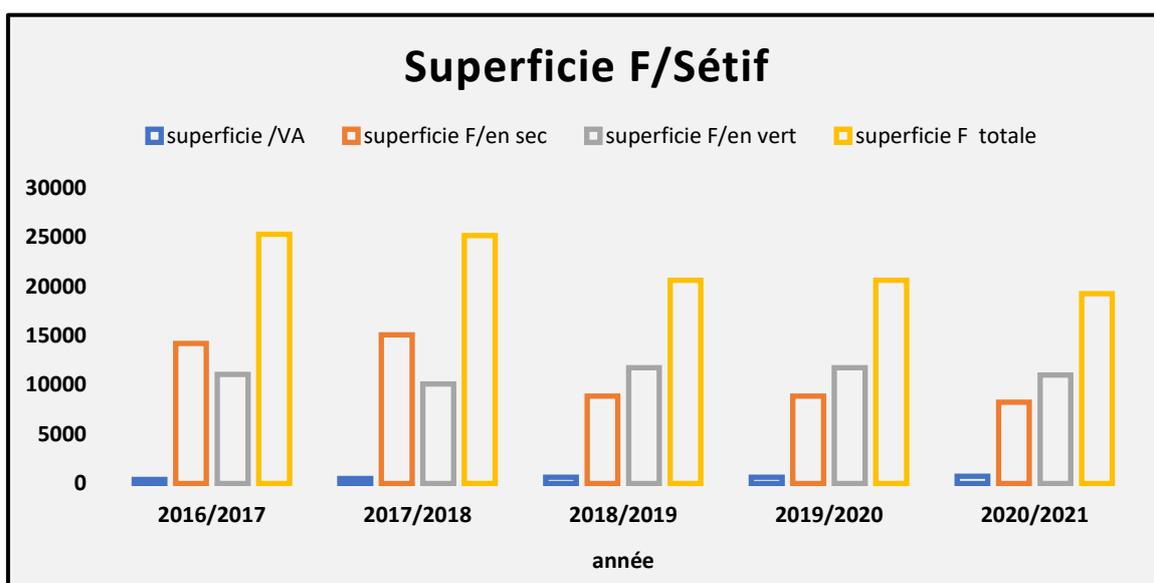
La caractérisation des attributs morphologiques des plantes a été signalée chez le blé dur (*Triticum turgidum* L. conv. *durum*) (Pecetti *et al.*, 1992), pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) (Huaman 1984), fétuque élevée (Veronesi et Falcinelli, 1988), la luzerne (Rumbaugh *et al.*, 1988), le trèfle rouge (Kouame et Quesenberry 1993) et trèfle blanc (Jahufer *et al.*, 1997).

En Algérie, un seul travail de caractérisation (Bechkri, 2017) a été élaboré sur les accessions spontanées du genre *Vicia*. Ce qui est bien évidemment très peu pour les sélectionneurs intéressés par cette culture.

## 1.6 Situation des Vesces en Algérie

En Algérie, les Vesces sont utilisées uniquement en association avec l'avoine pour la production de foin.

Au niveau de la Wilaya de Sétif, durant les cinq dernières années, les fourrages artificiels en sec ont occupé une superficie moyenne de l'ordre de **11050.2 Ha** dont seulement **5.94%** sont présentés par l'association Vesce/Avoine. La superficie consacrée à cette culture a connu une légère augmentation ces dernières années et passe de **407 Ha** en (2016/2017) à **744 Ha** en (2020/2021). Malgré cela, cette superficie reste très faible par rapport à la superficie totale consacrée aux cultures fourragères à Sétif (**figure 8**). De même, en 2003, il a été mentionné que 70% de la production fourragère était dominée par cette culture.



**Figure 8** : superficie consacrée aux cultures fourragères artificielles dont l'association Vesce/Avoine dans la zone semi-aride de Sétif durant les cinq dernières années.

Pareillement, une tendance à la hausse a été remarquée en termes de production totale de cette culture et passe de **5035 qx** en (2016/2017) à **24250, 33110, 32595 et 36336 qx** au cours des quatre campagnes agricoles qui suivent. Mais quand même, sa production demeure toujours négligeable en comparaison avec la production fourragère consommée aussi bien

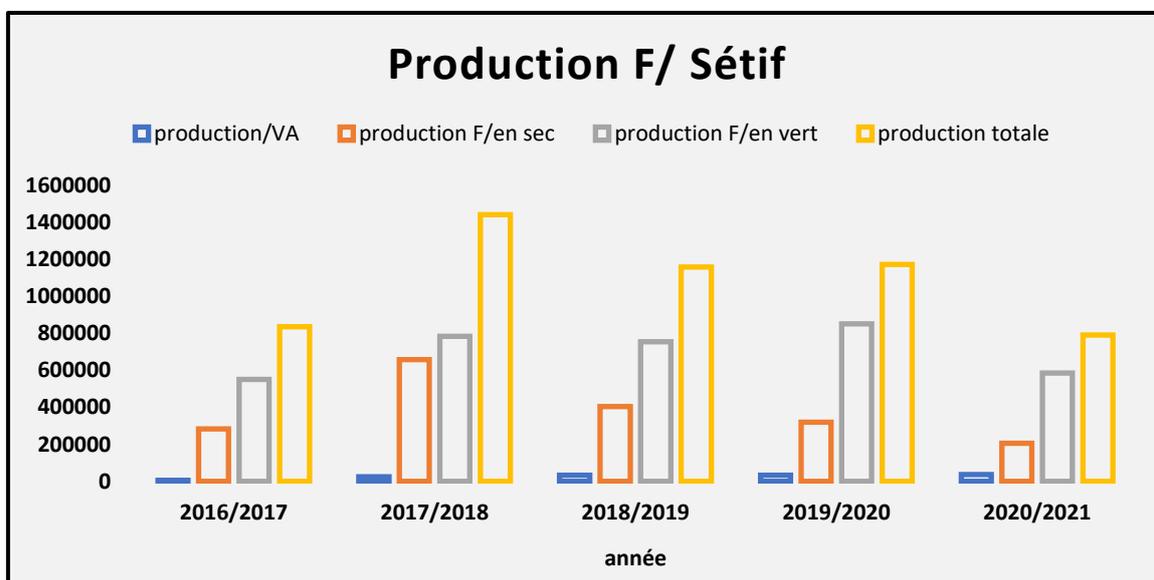
en sec qu'en vert et totale (**figure 9**). Ceci est dû à plusieurs contraintes qui entravent son développement, parmi eux, on cite :

\*Non maîtrise de la récolte et le mauvais appariement entre les deux espèces

\*L'inadaptation du matériel végétale et l'utilisation d'une seule variété (Languedoc) malgré l'existence de plusieurs variétés locales (Chélif, Draa el Mizane, Kabylie, Hongrie, Roumanie et Bulgarie)

\*Non maîtrise de la production de semence et le prix élevé de cette dernière sur le marché

\*Non-respect des proportions et des stades de la fauche (FAO, 2003).



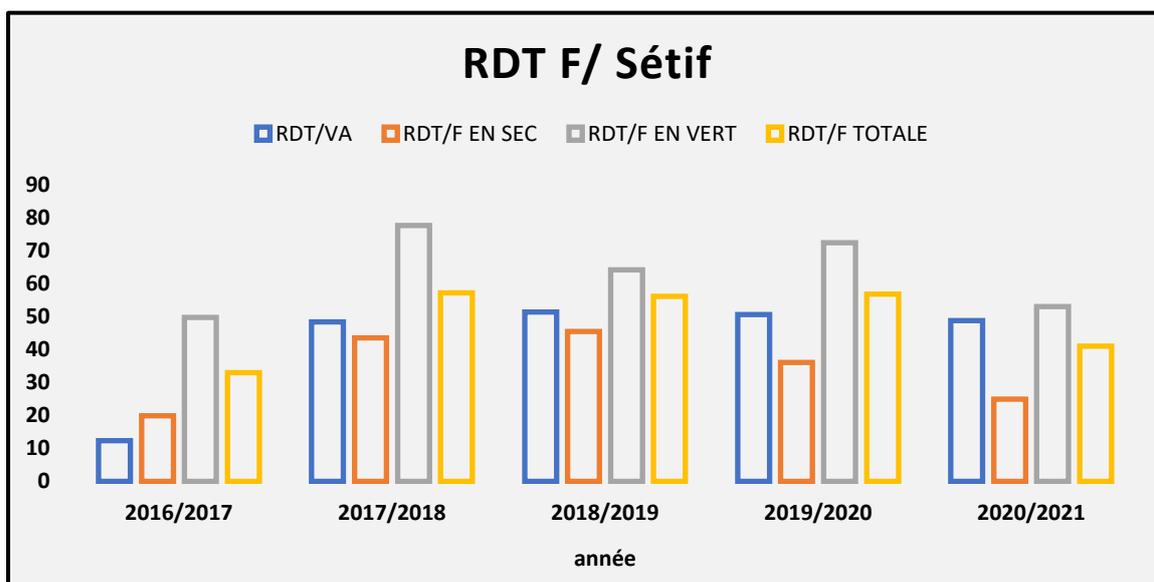
**Figure 9** : production totale des fourrages artificiels dont l'association Vesce/Avoine au niveau de la région semi-aride de Sétif durant les cinq dernières années.

A la lumière de ces résultats, les chercheurs peuvent s'intéresser à plusieurs axes de recherches afin de participer au développement de cette culture à savoir :

- Collection et valorisation des Vesces spontanées en vue d'enrichir le germoplasme
- Étude du comportement de ce germoplasme en culture pure
- Étude des différentes proportions et appariements possibles en vue d'obtenir un foin de quantité et de qualité.

L'estimation du rendement moyen / hectare des différents types de fourrages artificiels cultivé dans la région de Sétif, montre que ce dernier fluctue d'une année à l'autre et semble dépendre grandement des conditions climatiques de chaque année (**figure 10**)

C'est ce qui nous a incités à établir des corrélations entre le rendement et la pluviométrie des campagnes agricoles étudiées.



**Figure 10** : rendement moyen /hectare des fourrages artificiels dont l'association Vesce/Avoine dans la région semi-aride de Sétif durant les cinq dernières Années.

Le rendement moyen le plus faible des quatre types de fourrages s'est observé durant les campagnes (2016/2017) et (2020/2021). Ces dernières ont affichés les valeurs les plus faibles de la pluviométrie annuelle (136 et 265 mm) (**tableau1**). En contrepartie, la campagne (2017/2018) a enregistré la plus grande valeur de pluviométrie (452) et par conséquent, le plus grand rendement.

Les rendements fourragers totale et en vert ont présenté des coefficients de corrélation significatifs (1%) et positifs très élevés avec la pluviométrie annuelle, soit respectivement ( **$r=0.9387$** ) et ( **$r=0.9397$** ).

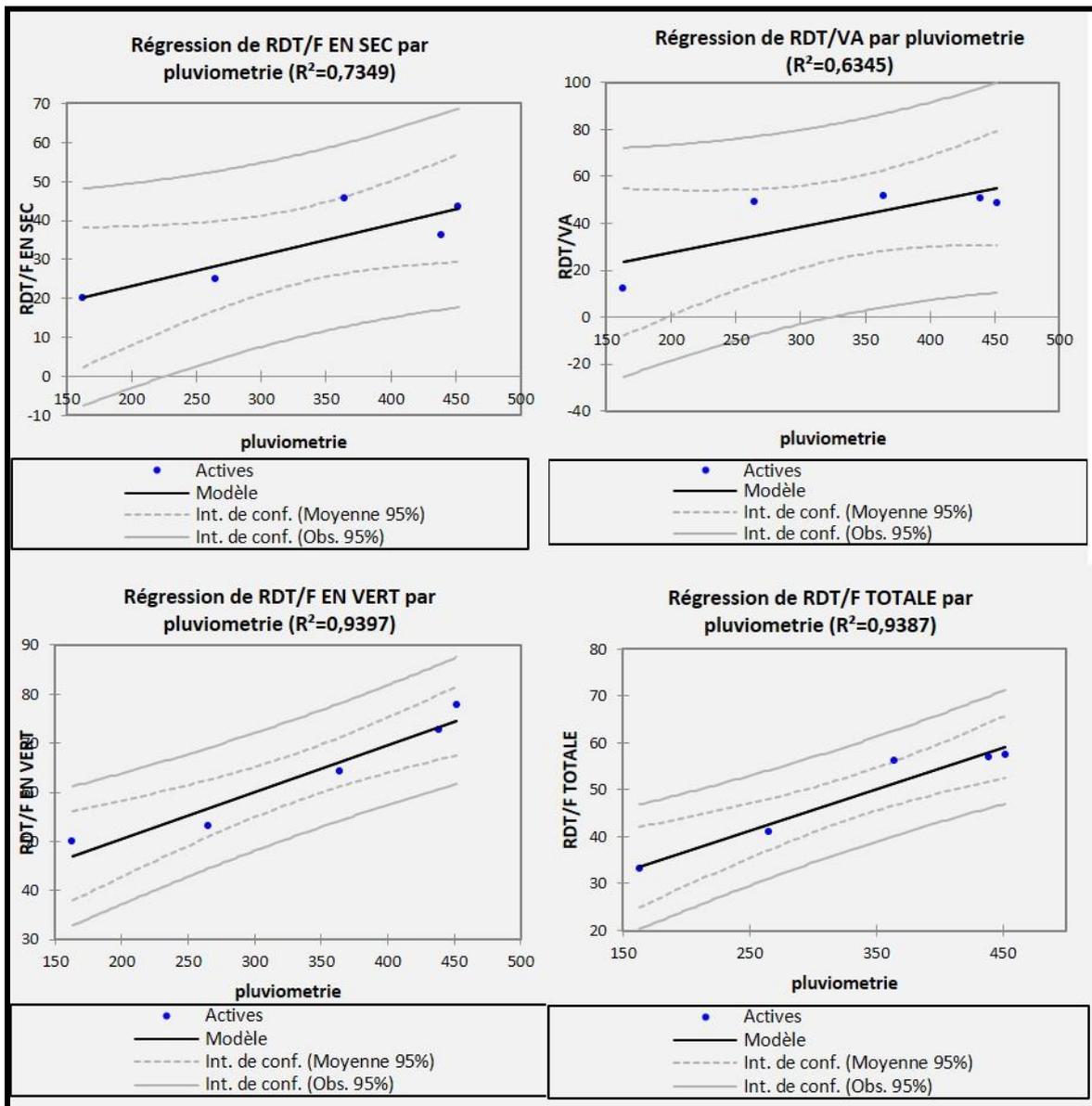
En contrepartie, les rendements fourragers en sec et de l'association Vesce/Avoine ont affichés des coefficients de corrélation plus faibles ( **$r=0.7349$** ) et ( **$0.6345$** ) et au seuil significatif qui dépasse les 10%, pourtant, cela n'empêche pas l'influence colossale des conditions climatiques sur leurs rendements (**figure 11**).

Ces données orientent la sélection vers les cultivars les plus résistants à la sécheresse, puisque les conditions climatiques auxquelles notre région est exposée ces dernières années deviennent un facteur limitant. En outre, le coefficient de corrélation le plus faible enregistré entre le rendement de la Vesce/Avoine et la pluviométrie, nous laisse supposer que

l'amélioration de ce dernier semble être contrôlée par plusieurs facteurs qui doivent être combinés entre eux.

**Tableau 1 : conditions climatiques des 5 campagnes agricoles depuis 2016/2017**

mois	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	Tot
<b>2016/2017</b>	12	15	30	7	*	20	0	6	9	56	0	8	163
Précipitations (mm)													
<u>T moy/M</u>	20.1	18	10.1	7.2	*	7.8	10.8	12.8	20	24.4	27.5	27.3	
Tem max/M	27.7	25.2	16.2	12.6	*	14.5	18	19.7	28	32.1	35.4	35.7	
Tem min/M	14.1	11.8	4.9	2.8	*	2.2	4.1	6.3	12.7	17.4	19.3	20.2	
<b>2017/2018</b>	32	10	56	56	14	23	89	79	52	40	1	*	452
précipitations (mm)													
<u>T moy/M</u>	20.2	15	8.5	8.5	6.1	4.4	8.6	12.5	14.9	20.8	28.3	22.9	
Tem max/M	28	22.2	14.7	14.7	12.1	9.6	13.8	19	21.3	28.2	36.4	30.5	
Tem min/M	13.5	9.1	3.6	3.6	1.1	0.1	4.2	6.5	9.5	13.3	20.3	16.4	
<b>2018/2019</b>	25	64	26	26	77	*	27	44	59	0	11	5	364
précipitations (mm)													
<u>T moy/M</u>	21.6	14.1	9.3	9.3	3.4	*	8.8	11.8	14.4	25.6	27.8	26.5	
Tem max/M	28.5	19.4	14.6	14.6	7.7	*	15.2	18.2	20.9	33.6	35.7	34.4	
Tem min/M	16	9.6	4.6	4.6	-0.5	*	3.4	6.3	8.1	17.2	19.8	19.6	
<b>2019/2020</b>	76	26	90	*	13	0	51	64	7	13	*	99	439
précipitations (mm)													
<u>T moy/M</u>	21	15	8.1	*	5.4	8.9	9.2	13	19.2	21.9	26.3	26.7	
Tem max/M	27.9	22.1	12.5	*	11.1	16.8	14.8	19.3	26.6	29.5	34.3	34.7	
Tem min/M	15.4	10.3	4.2	*	0.3	1.9	4.4	8	11.8	14.5	18.5	19.4	
<b>2020/2021</b>	24	6	45	*	17	7	44	15	79	2	0	26	265
précipitations (mm)													
<u>T moy/M</u>	19.4	13.6	10.8	6	5.9	9.3	8.5	12.9	18.7	25.2	27.9	27.6	
Tem max/M	26.9	21.6	16.9	10.5	11.3	16.4	14.7	20.1	25.8	33.2	36.4	30.7	
Tem min/M	14	7.6	6.2	2.3	1.3	3.4	3.5	7.1	12.1	18.1	19.9	20.3	



**Figure 11 :** corrélation entre le rendement fourrager et la pluviométrie durant les cinq dernières années au niveau de la région de Sétif

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 ESSAI 1 : Diversité génétique associée aux traits morphologiques, paramètres éco-géographiques et aux analyses physico-chimiques du sol de plusieurs accessions du genre *Vicia* L. en zone semi-aride de Sétif.

#### 2.1.1 Introduction

Dans les régions semi-arides et arides d'Algérie, l'élevage fait partie intégrante des systèmes de production. Cependant, les ressources alimentaires disponibles ne suffisent pas à répondre aux besoins croissants du troupeau, et une forte dégradation des terres pâturées a entraîné un déficit alimentaire, surtout en fin d'été et au début de l'hiver (Mebraska, 2007). Aujourd'hui, la valorisation des espaces pastoraux par les cultures fourragères est un axe de développement essentiel pour accompagner la pérennité des systèmes mixtes céréales/élevage.

Les espèces annuelles du genre *Vicia* L. sont utilisées en agriculture depuis très longtemps. On sait que l'espèce *V. sativa* L. était cultivée à l'époque romaine et utilisée comme engrais vert et fourrage pour l'alimentation du bétail (Erskine *et al.*, 1994).

Le nombre d'espèces du genre *Vicia* varie considérablement. Il est estimé à environ 150 par Kupicha (1976) et à environ 210 par Hanelt et Mettin (1989). Kupicha (1976) avait divisé le genre en deux sous-genres, *Vicia* et *Vicilla*, avec 22 sections. Sur la base des traits phénotypiques, Maxted (1993) a subdivisé le sous-genre *Vicia* en 9 séries, 38 espèces, 14 sous-espèces et 22 variétés (Dong *et al.*, 2016).

La Vesce commune (*V. sativa* L.) est l'une des espèces les plus variables génétiquement et phénotypiquement du genre *Vicia* (Firincioglu *et al.*, 2009). C'est une importante légumineuse fourragère annuelle autogame et une culture de couverture hivernale couramment cultivée (Sattell *et al.*, 1998). Elle est également utilisée pour le pâturage, l'ensilage et le foin (Dong *et al.*, 2017).

La Vesce est maintenant répandue dans de nombreuses régions du monde, y compris le bassin méditerranéen, l'Asie occidentale et centrale, l'Asie orientale, l'Inde et les États-Unis (Sattell *et al.*, 1998). En tant que légumineuse, elle pousse bien en mélange avec des céréales et a la capacité de fixer l'azote (Fracchiolla *et al.*, 2018).

Afin d'améliorer les performances des plantes sous différentes contraintes environnementales, les informations sur l'ampleur de la variation génétique fourniront une base pour décider de la sélection des caractères et des stratégies de sélection associées (Annese *et al.*, 2006 ; Firincioglu *et al.*, 2009 ; Dong, 2019).

Pour enrichir notre germoplasme en Vesces et dans un contexte de transition climatique et d'augmentation de la demande alimentaire, notre étude vise à analyser les traits morphologiques et agronomiques de 69 accessions spontanées appartenant au genre *Vicia* L. collectées sur 31 sites de la province de Sétif en Algérie. L'objectif de ce travail est d'étudier l'étendue de la diversité génétique de ces accessions en essayant de déterminer leurs préférences d'habitat et d'élaborer des cartes de répartition géographique pour répondre au vif intérêt de caractériser et de conserver les ressources génétiques des écotypes locaux et de faciliter l'utilisation de ce matériel génétique dans les programmes de sélection.

## **2.1.2 Matériel et Méthodes**

### **2.1.2.1 Présentation de la région d'étude**

La province de Sétif qui couvre 6 549 km<sup>2</sup> (0,27% du territoire national) est située dans la partie Est de l'Algérie, entre 35,0° et 36,5° de latitude Nord et 5° et 6° de longitude Est. Un climat continental semi-aride avec un hiver froid et humide et un été sec et chaud est caractéristique de cette région et ce à cause des montagnes, qui sont principalement orientées ouest-est, réduisant les influences méditerranéennes (Rouabhi *et al.*, 2019).

La pluviosité moyenne annuelle est de l'ordre de 450 mm. Celle-ci connaît toutefois des variations intra et interannuelles très importantes. Les périodes de sécheresse notamment printanières ont été très nombreuses au cours des 20 dernières années (Mebarkia, 2011).

La Province est traditionnellement subdivisée en trois zones agro-écologiques. Le Nord caractérisé par une topologie montagneuse et des terres accidentées (Rouabhi *et al.*, 2019) avec des sols verticaux noirs et profonds, une texture argileuse à argilo-limoneuse (Lahmar, 1993) et une pluviométrie annuelle de 600 mm. La zone d'étude centrale ou zone de plaines ; caractérisé par de vastes plaines propices aux activités agro-pastorales. La zone sud comprenait la chaîne montagneuse de Boutaleb, culminant à 1886 m (Djaouti, 2010) où la pluviométrie annuelle ne dépasse pas 300 mm (Baldy, 1974) et les sols sont calcaires bruns. L'insuffisance et l'irrégularité des précipitations, qui tombent entre octobre et février, affectent considérablement les cultures. En outre, les vents chauds saisonniers (sirocco)

survenant en fin de cycle végétatif pourraient augmenter la température et l'évapotranspiration (Souidi *et al.*, 2010 ; Rouabhi *et al.*, 2019).

### 2.1.2.2 Matériel végétal :

La présente étude porte sur 69 populations spontanées de Vesces collectées à travers 31 régions géographiques différentes dans la province de Sétif (Est algérien). Les dates de collecte, les origines et les coordonnées géographiques de chaque accession sont présentées dans le **tableau 2**.

Les gousses mûres et sèches de chaque plante sont récoltées individuellement et stockées dans des sacs en papier ; ceux-ci sont étiquetées, hermétiquement scellées et conservées à température ambiante jusqu'à leur utilisation. Un échantillon de sol (0-20 cm) a été prélevé pour chaque site dans le but de procéder à des analyses physico-chimiques.

**Tableau2** : Origines, affiliations et dates de collecte de 69 accessions du genre *Vicia* L.

code	Accession	espèce	longitude	latitude	altitude	Date	Localité (N° site)
1A	1	V. monantha spp. calcarata	36°08'09.1"N	5°21'55.1"E	968	01/06/2019	Cimetière el Khier (1)
1B	2	V. monantha spp. calcarata	36°08'09.1"N	5°21'55.1"E	968	01/06/2019	Cimetière el Khier
1C	3	V. monantha spp. cinerea	36°08'09.1"N	5°21'55.1"E	968	01/06/2019	Cimetière el Khier
1D	4	V. monantha spp. cinerea	36°08'09.1"N	5°21'55.1"E	968	01/06/2019	Cimetière el Khier
1E	5	V. monantha spp. cinerea	36°08'09.1"N	5°21'55.1"E	968	01/06/2019	Cimetière el Khier
1F	6	V. monantha spp. cinerea	36°08'09.1"N	5°21'55.1"E	968	01/06/2019	Cimetière el Khier
2A	7	V. monantha spp. cinerea	35°58'30.5"N	5°14'11.0"E	926	12/06/2019	Kasr El Abtal (2)
3A	8	V. monantha spp. cinerea	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	01/06/2019	Rmada (3)
(3B)	9	V. monantha spp. cinerea	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	01/06/2019	Rmada
3C	10	V. monantha spp. calcarata	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	01/06/2019	Rmada
3D	11	V. monantha spp. calcarata	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	01/06/2019	Rmada
3E	12	V. monantha spp. cinerea	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	01/06/2019	Rmada
3F	13	V. monantha spp. calcarata	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	01/06/2019	Rmada
3G	14	V. monantha spp. calcarata	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	01/06/2019	Rmada
3H	15	V. monantha spp. calcarata	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	01/06/2019	Rmada
3I	16	V. monantha spp. calcarata	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	01/06/2019	Rmada

<b>4A</b>	17	V. monantha spp. calcarata	36°11'46.2"N	5°30'51.9"E	1120	09/06/2019	Ouled Saber (4)
<b>4B</b>	18	V. monantha spp. cinerea	36°11'46.2"N	5°30'51.9"E	1120	09/06/2019	Ouled Saber
<b>4C</b>	19	V. monantha spp. calcarata	36°11'46.2"N	5°30'51.9"E	1120	09/06/2019	Ouled Saber
<b>5A</b>	20	V. monantha spp. cinerea	36°13'30.7"N	5°16'54.7"E	1012	27/06/2019	El Bouhaira (5)
<b>6A</b>	21	V. monantha spp. calcarata	36°06'40.3"N	5°19'44.1"E	924	01/06/2019	Mezloug (6)
<b>6B</b>	22	V. monantha spp. cinerea	36°06'40.3"N	5°19'44.1"E	924	01/06/2019	Mezloug
<b>6C</b>	23	V. monantha spp. calcarata	36°06'40.3"N	5°19'44.1"E	924	01/06/2019	Mezloug
<b>6D</b>	24	V. monantha spp. cinerea	36°06'40.3"N	5°19'44.1"E	924	01/06/2019	Mezloug
<b>7A</b>	25	V. peregrina	35°56'30.0"N	5°44'11.4"E	900	11/06/2019	Ouled Abbas (7)
<b>8A</b>	26	V. sativa spp. obovata	36°16'50.3"N	5°38'12.7"E	987	15/06/2019	Beni Fouda (8)
<b>8B</b>	27	V. sativa spp. obovata	36°16'50.3"N	5°38'12.7"E	987	15/06/2019	Beni Fouda
<b>9A</b>	28	V. monantha spp. calcarata	36°06'26.3"N	5°11'41.5"E	861	19/06/2019	Ain Zada (9)
<b>10B</b>	29	V. peregrina	36°10'18.4"N	5°18'45.5"E	1001	14/06/2019	Timaloka (10)
<b>10C</b>	30	V. sativa spp. obovata	36°10'18.4"N	5°18'45.5"E	1001	14/06/2019	Timaloka
<b>11B</b>	31	V. monantha spp. calcarata	36°08'32.0"N	5°29'44.8"E	1012	09/06/2019	Tiner (11)
<b>13A</b>	32	V. peregrina	35°55'55.4"N	5°28'26.2"E	932	11/06/2019	Ain Lahdjar (12)
<b>13B</b>	33	V. monantha spp. cinerea	35°55'55.4"N	5°28'26.2"E	932	11/06/2019	Ain Lahdjar
<b>13C</b>	34	V. peregrina	35°55'55.4"N	5°28'26.2"E	932	11/06/2019	Ain Lahdjar
<b>14A</b>	35	V. sativa spp. obovata	36°17'43.4"N	5°39'54.9"E	974	13/06/2019	Djemila 1 (13)
<b>14B</b>	36	V. sativa spp. obovata	36°17'43.4"N	5°39'54.9"E	974	13/06/2019	Djemila 1
<b>15A</b>	37	V. sativa spp. cordata	36°26'13.2"N	5°22'14.3"E	940	20/06/2019	Tizi Nbachar (14)
<b>18A</b>	38	V. peregrina	36°13'18.5"N	5°27'27.8"E	1136	15/06/2019	Cimetière Haider (15)
<b>19A</b>	39	V. sativa spp. obovata	36°18'29.5"N	5°20'06.6"E	1265	27/06/2019	Takouka (16)
<b>19B</b>	40	V. sativa spp. obovata	36°18'29.5"N	5°20'06.6"E	1265	27/06/2019	Takouka
<b>19C</b>	41	V. sativa spp. obovata	36°18'29.5"N	5°20'06.6"E	1265	27/06/2019	Takouka
<b>19D</b>	42	V. sativa spp. obovata	36°18'29.5"N	5°20'06.6"E	1265	27/06/2019	Takouka
<b>20A</b>	43	V. monantha spp. cinerea	36°09'37.8"N	5°33'03.7"E	1049	09/06/2019	El Hamalat (17)
<b>21A</b>	44	V. sativa spp. obovata	36°12'38.0"N	5°39'05.7"E	875	13/06/2019	Galta Zarga (18)

<b>21B</b>	45	V. sativa spp. obovata	36°12'38.0"N	5°39'05.7"E	875	13/06/2019	Galta Zarga
<b>22A</b>	46	V. monantha spp. cinerea	36°09'03.2"N	5°35'49.7"E	991	09/06/2019	Bir Abdellah (19)
<b>23A</b>	47	V. monantha spp. calcarata	36°01'55.2"N	5°36'17.6"E	931	06/06/2019	Bir el Arch (20)
<b>24A</b>	48	V. monantha spp. cinerea	36°01'55.2"N	5°36'17.6"E	941	06/06/2019	Rmada2 (21)
<b>25A</b>	49	V. peregrina	35°56'12.3"N	5°53'28.5"E	906	06/06/2019	Oum Laadjoul (22)
<b>25B</b>	50	V. peregrina	35°56'12.3"N	5°53'28.5"E	906	06/06/2019	Oum Laadjoul
<b>26A</b>	51	V. monantha spp. calcarata	36°03'30.9"N	5°15'41.6"E	902	01/06/2019	Hamam Ouled Yeless (23)
<b>27A</b>	52	V. sativa spp. obovata	36°18'23.2"N	5°45'15.3"E	1085	13/06/2019	Djemila 2 (24)
<b>27B</b>	53	V. sativa spp. obovata	36°18'23.2"N	5°45'15.3"E	1085	13/06/2019	Djemila 2
<b>27C</b>	54	V. sativa spp. angustifolia	36°18'23.2"N	5°45'15.3"E	1085	13/06/2019	Djemila 2
<b>28A</b>	55	V. sativa spp. obovata	36°27'09.6"N	5°23'07.0"E	857	20/06/2019	Memlla (25)
<b>28B</b>	56	V. sativa spp. obovata	36°27'09.6"N	5°23'07.0"E	857	20/06/2019	Memlla
<b>28D</b>	57	V. sativa spp. obovata	36°27'09.6"N	5°23'07.0"E	857	20/06/2019	Memlla
<b>29A</b>	58	V. monantha spp. cinerea	36°06'43.5"N	5°28'43.6"E	986	06/06/2019	Guedjal (26)
<b>30A</b>	59	V. peregrina	36°18'53.5"N	5°24'50.6"E	1222	27/06/2019	Thniat El Tine (27)
<b>30B</b>	60	V. sativa spp. obovata	36°18'53.5"N	5°24'50.6"E	1222	27/06/2019	Thniat El Tine
<b>30C</b>	61	V. peregrina	36°18'53.5"N	5°24'50.6"E	1222	27/06/2019	Thniat El Tine
<b>30D</b>	62	V. monantha spp. calcarata	36°18'53.5"N	5°24'50.6"E	1222	27/06/2019	Thniat El Tine
<b>31A</b>	63	V. sativa spp. obovata	36°12'26.0"N	5°12'29.6"E	911	19/06/2019	El Mahdia (28)
<b>31B</b>	64	V. sativa spp. obovata	36°12'26.0"N	5°12'29.6"E	911	19/06/2019	El Mahdia
<b>31C</b>	65	V. sativa spp. obovata	36°12'26.0"N	5°12'29.6"E	911	19/06/2019	El Mahdia
<b>33A</b>	66	V. sativa spp. consobrina	36°17'17.5"N	5°07'06.3"E	1095	25/06/2019	Beni Oussin (29)
<b>34A</b>	67	V. sativa spp. angustifolia	36°15'50.2"N	5°40'54.8"E	894	13/06/2019	Tachouda (30)
<b>34B</b>	68	V. sativa spp. obovata	36°15'50.2"N	5°40'54.8"E	894	13/06/2019	Tachouda
<b>35A</b>	69	V. monantha spp. calcarata	36°18'28.2"N	5°18'57.4"E	1187	27/06/2019	Ain Abassa (31)



**Figure 12 : Origines géographiques de 69 accessions de vesce (source auteur)**

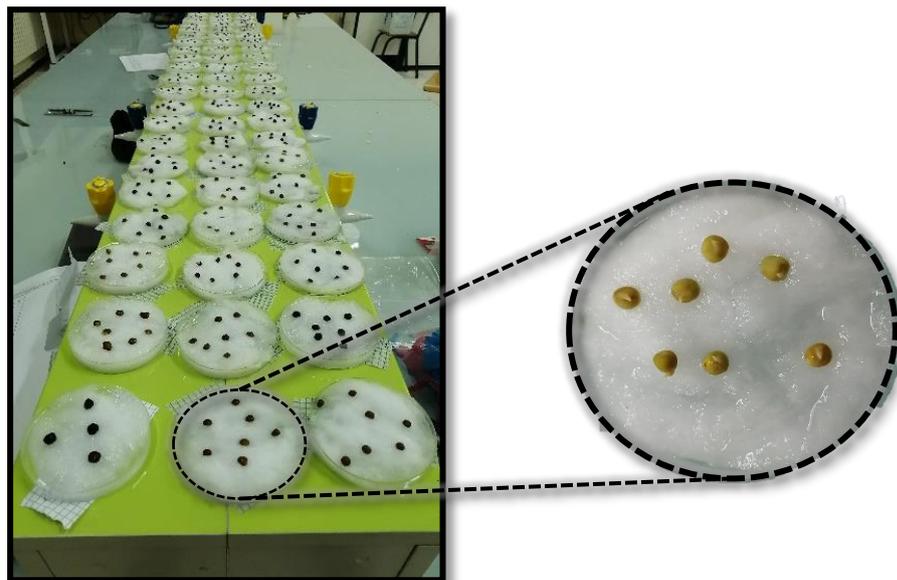
### 2.1.2.3 Protocole expérimental :

Un essai expérimental en pot a été mené du 29 décembre 2019 au 1er juin 2020 en conditions de serre à la ferme expérimentale de l'Université de Sétif (36°12'05.7"N 5°21'58.0"E). Chaque pot contient du gravier au fond, 1/3 de terreau commercial et de la terre végétale tamisée à l'aide d'un tamis à mailles d'environ 3 mm (**figure 13**).



**Figure 13** : essai expérimentale en pots de l'année 2019/2020(source auteur).

Un test mécanique de pré-germination (scarification) a été réalisé *in vitro* afin de surmonter la rigidité de la cuticule des espèces de Vesce. 7 graines scarifiées de chaque accession ont été trempées dans de l'eau distillée pendant 24 heures avant d'être laissées germer sur papier wattman dans des boîtes de pétri, à l'obscurité et à température ambiante (**figure 14**). Les graines étaient considérées comme germées et prêtes à être semées lorsque la longueur de la radicule se rapprochait du diamètre de la graine. Seules trois graines de chaque accession ont été repiquées ce qui nous donne un total de 207 individus.



**Figure 14** : Test de pré germination (scarification) appliqué sur les accessions étudiées (source auteur)

### 2.1.2.4 Paramètres morphologiques :

Au total, 81 caractères morphologiques ont été observés dans cette étude avec 8 stades phénologiques axés sur la levée, 3 feuilles, 5 feuilles, la ramification, le début de la floraison, la pleine floraison, la pleine formation des gousses et la maturité complète. Soixante-treize attributs morphologiques quantitatifs et qualitatifs concernant les tiges, les feuilles, les fleurs, les gousses et les graines ont été examinés et mesurés à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un pied à coulisse numérique. Les caractères ont été sélectionnés à partir d'études taxonomiques (Leht, 2002 ; Van De Wouw, 2003 ; Kadry, 2013 ; Holling, 1978), d'articles (Bouabid *et al.*, 2018 ; Sallam *et al.*, 2015 ; Bechkri, 2016), de la description de l'UPOV (1988) pour la Vesce commune (**tableau 3**). L'identification de l'espèce a été faite à l'aide de la clé de Quezel et Santa (1962).

**Tableau 3 :** traits morphologiques notés par des valeurs ordinales.

Tige :
Forme de la tige (STF) : 0 mince 1 rigide
Couleur du bord de la tige (SEC) : 0 verte 1 pourpre
Pubescence de la tige (SP) : 0 glabre 1 clairsemé 2 dense
Élévation des poils de la tige (SHE) : 0 ascendant 1 opposé
Longueur des poils de la tige (SHL) : 0 court 1 long
Couleur du nœud de la tige (SNC) : 0 verte 1 pourpre
Porte-greffe rampant (rhizome) (CRS) : 0 absent 1 present

Feuille :
Forme relative des folioles (LRSh) : 0 : toutes de même taille 1 : formes différentes
Taille relative des folioles (LRS) : 0 : toutes de même taille 1 : plus grandes à la base
Consistance de la foliole (LCo) : 0 : fine 1 : normale 2 : charnue
Couleur abaxiale de la foliole (LAC) : 0 : pâle 1 : identique à adaxiale
Position de la foliole inférieure (LLP) : 0 : à la base du rachis 1 : plus haut
Point le plus large de la foliole (LBP) : 0 : au sommet 1 : au milieu 2 : à la base
Forme de l'apex de la foliole (LAS) : 0 : aigu 1 : obtus 2 : tronqué 3 : emarginé 4 : obcordé 5 : mucroné
Dents de l'apex de la foliole (LAD) : 0 : pas 1 : une dent 2 : deux dents
Base de la foliole (LB) : 0 : arrondie 1 : aigue
Marge de la foliole (LM) : 0 : entière 1 : dentée 2 : ondulée
Pubescence de la marge de la foliole (LMH) : 0 : glabre 1 : poilue
Densité des poils sur la face adaxiale de la foliole (LADHD) : 0 : glabre 1 : clairsemée 2 : dense
Élévation des poils de foliole (LHE) : 0 : ascendant 1 : opposé
Densité des poils sur la face abaxiale de la foliole (LABHD) : 0 : glabre 1 : clairsemée 2 : dense

Fleurs :
Longueur du pédoncule (PL) : 0 : inférieur ou égale à la feuille 1 : plus long que la feuille
Motif de couleur de l'étendard (SCP) : 0 : absent 1 : tache de couleur différente 2 : veines de couleur différentes 3 : dos de couleur différente 4 : plus foncé
Couleur de l'étendard (SC) : 0 : blanche 1 : jaune 2 : violet ou bleuté
Forme du sommet de l'étendard (SASh) : 0 : fortement émarginé 1 : légèrement émarginé 2 : droit
Pubescence de l'étendard (STP) : 0 : glabre 1 : pubescent 2 : dos pubescent
Motif de couleur des ailes (WCP) : 0 : absent 1 : pointe de couleur différente 2 : veines de couleur différente 3 : taches de couleur différentes
Couleur des ailes (WC) : 0 : blanche 1 : jaune 2 : violet ou bleuté 3 : blanche avec une pointe violet
Longueur des ailes (WL) : 0 : ¼ plus courte que l'étendard 1 : un peu plus courte que l'étendard 2 : plus longue que l'étendard
Couleur du carène (KC) : 0 : blanc 1 : jaune 2 : pourpre
Motif de couleur du carène (KCP) : 0 : absent 1 : pointe foncé 2 : plus foncé
Longueur du carène (KL) : 0 : plus petit que les ailes 1 : égale ou plus long que les ailes
Forme de la base du calice (CBSH) : 0 : non gibbeuse 1 : légèrement gibbeuse 2 : fortement gibbeuse
Forme de la bouche du calice (CMSH) : 0 : droite 1 : légèrement oblique 2 : fortement oblique
Pubescence du calice (CH) : 0 : glabre 1 : seulement dents de calice 2 : entièrement pubescent
Densité des poils du calice (CHD) : 0 : clairsemé 1 : dense
Couleur du calice (CC) : 0 : vert 1 : pourpre à la base 2 : dents pourpre 3 : base foncée 4 : violet
Longueur des dents du calice (CTL) : 0 : identique 1 : inégale
Longueur des dents supérieures du calice (CupTL) : 0 : plus longues que le tube 1 : plus courtes que le tube
Longueur des dents inférieures du calice (ClowTL) : 0 : plus longues que le tube 1 : plus courtes que le tube
forme des dents supérieures du calice (CupTSh) : 0 : triangulaire 1 : lancéolée 2 : subulée
forme des dents inférieures du calice (CupTSh) : 0 : triangulaire 1 : lancéolée 2 : subulée

Légume :
Forme de la gousse (LS) : 0 : linéaire 1 : oblong 2 : elliptique 3 : circulaire 4 : ovale 5 : obovale
Pubescence de la gousse (LP) : 0 : glabre 1 : dense 2 : seulement sur suture
Surface de la gousse (Lsur) : 0 : lisse 1 : légèrement nervurée 2 : fortement nervurée
Couleur de la gousse (LC) : 0 : noir 1 : brun 2 : brune jaunâtre 3 : jaune 4 : noir jaunâtre
Forme du bec de la gousse (LBS) : 0 : droit 1 : courbé vers le haut 2 : courbé vers le bas
Densité des poils (HD) : 0 : clairsemé 1 : dense
Ornementation de couleur rouge (RCO) : 0 : absent 1 : points rouges 2 : veines rouges 3 : veines foncés 4 : taches rouges

Graine :
Forme de la graine (SS) : 0 : sphérique 1 : cubique 2 : elliptique
Surface de la graine (Ssur) : 0 : lisse 1 : ridée
Brillance de la graine (SF) : 0 : brillant 1 : variable 2 : mat

Couleur de la graine (SC) : 0 : noir 1 : brun 2 : rouge-brun 3 : jaunâtre 4 : gris
Motifs de couleur de la graine (SCM) : 0 : absent 1 : présent
Couleur du fond de tégument (GCT) : 0 : blanchâtre 1 : vert grisâtre 2 : brun grisâtre 3 : brun
Ornements brunes (BO) : 0 : absent 1 : mouchetures 2 : taches 3 : points et taches
Zone d'ornementation brune (ABO) : 0 : absent 1 : petite 2 : moyenne 3 : large
Ornements beige (BeO) : 0 : absent 1 : mouchetures 2 : taches 3 : points et taches
Zone d'ornementation beige (ABeO) : 0 : absent 1 : petite 2 : moyenne 3 : large
Ornements noire bleuté (BBO) : 0 : absent 1 : mouchetures 2 : taches 3 : points et taches
Zone d'ornementation noire bleuté (ABBO) : 0 : absent 1 : petite 2 : moyenne 3 : large
Couleur du cotylédon (CC) : 0 : brun grisâtre 1 : orange
Hile :
Longueur du hile (HL): 0: long (70-80%) 1: intermédiaire (20-40%) 2: court (moins de 20%) (20-40%)

#### 2.1.2.5 Paramètres éco-géographiques

La latitude, la longitude et l'altitude de chaque site ont été recueillies à l'aide d'un système de positionnement global (GPS) et de l'application Google Earth Pro.

#### 2.1.2.6 Facteurs édaphiques :

Les analyses de sol des échantillons prélevés sur chaque site visité ont été effectuées à partir des méthodes cités par Mathieu et Pieltain (2003) et ont porté sur :

- ❖ **Le pH eau** : sa détermination a été effectuée sur une suspension de sol (rapport sol/solution = 1/2,5).
- ❖ **La conductivité électrique en mS** : Les mesures ont été réalisées sur une suspension de sol (rapport sol/solution = 1/5).
- ❖ **Le calcaire total en %** : La détermination a été réalisée par la méthode du calcimètre de Bernard.
- ❖ **Le dosage du phosphore en ppm** : La détermination de phosphore assimilable a été réalisée par la méthode d'Olsen.
- ❖ **Le dosage de l'azote en %** : Cette détermination a été faite par la méthode de Kjeldahl.
- ❖ **Le dosage du carbone organique en %** : déterminé par la méthode d'Anne.
- ❖ **La teneur en matière organique %** : Le taux de matière organique était déduit par la formule : Carbone organique \* 1,72.
- ❖ **Analyses statistiques :**

Les données recueillies sur le cumul des paramètres de rendement, des traits morphologiques et des stades phénologiques ont été traitées à l'aide d'une Analyse en

Composante Principale (ACP) afin de déterminer les variables les plus ségrégantes aussi bien au niveau inter qu'intra spécifique. La classification hiérarchique basée d'une part sur les traits morphologiques et d'autre part sur les paramètres éco-géographiques a été réalisée pour classer les accessions qui partagent les mêmes caractéristiques dans des groupes similaires en se basant sur leur degré de ressemblance. En fin un test de Mantel basé sur la corrélation de Pearson a été effectué pour apprécier l'influence des paramètres éco-géographiques sur les traits morphologiques. Ces analyses ont été réalisées à l'aide des logiciels XLSTAT version 2020.5.1 et MINITAB version 19.1.1.0.

## **2.2 ESSAI 2 : Caractérisation agro-morphologique et étude de la qualité fourragère de 8 taxa spontanées du genre *Vicia* L. collectées à travers plusieurs sites de la province de Sétif et ses régions limitrophes.**

### **2.2.1 Introduction**

Le bassin Méditerranéen est le berceau de diversification d'un grand nombre d'espèces d'intérêt fourrager et/ou pastoral. A l'ICARDA, 24% des accessions du germoplasme conservé sont constituées par les espèces fourragères dont la majorité provient de l'Afrique du Nord et de l'Ouest de l'Asie (Bechkri, 2017). Ce germoplasme fourrager a été largement utilisé dans les programmes d'amélioration des autres régions du monde. Plusieurs caractères de ces ressources génétiques, comme le haut rendement et la résistance aux stress abiotiques (froid, sécheresse) et biotiques (maladies, insectes), ont servi de base génétique dans des programmes d'amélioration (Abdelguerfi et Abdelguerfi-Laouar, 2004).

De tout temps, l'élevage en Algérie a gardé un caractère traditionnel. Le problème majeur réside dans le fait que l'idée de "cultiver de l'herbe" n'est pas encore admise par les agriculteurs (Abdelguerfi *et al.*, 1987). L'élevage est séparé de la culture, et on ne cultive pas pour les animaux. Il s'agit donc de vulgariser cette notion puis d'envisager pour chaque région, en fonction de son type d'élevage et les potentialités des ressources végétales locales, un programme de production fourragère (Bechkri, 2017). Les ressources génétiques locales peuvent jouer un rôle très important dans les travaux d'amélioration et de sélection, offrant des caractéristiques intéressantes pour l'agriculture. Cependant, la description et la connaissance de ces génotypes sont un préalable à leur utilisation (Marchenay et Lagarde, 1987). Traditionnellement, la diversité du matériel génétique est évaluée par des descripteurs morphologiques, qui restent le seul type de marqueur légitime accepté par l'Union internationale pour la protection des nouvelles variétés de plantes (UPOV, 2009 et Ghixari *et al.*, 2014).

Le nombre d'espèces décrites dans le genre *Vicia* L. varie significativement. Il est estimé à environ 150 par Kupicha (1976) et à environ 210 par Hanelt et Mettin (1989). Les espèces annuelles du genre *Vicia* L. sont utilisées en agriculture depuis très longtemps. Il est connu que l'espèce *Vicia sativa* L., a été cultivée du temps des romains et utilisée comme engrais vert et comme fourrage pour l'alimentation des bovins (Erskine *et al.*, 1994). En effet, une seule espèce de Vesce est utilisée dans les différentes zones agro écologiques de l'Algérie : *Vicia sativa* L. et une seule variété : la *Languedoc*. Cette culture n'a pas montré de réelles possibilités d'adaptation dans les régions à forts contrastes climatiques du fait d'un manque de diversité (Mebarkia et Abdelguerfi, 2007). La méconnaissance des pratiques de

préservation et de conservation, le surpâturage, les mauvaises pratiques agricoles et l'inexistence d'infrastructures de conservation ont causé la disparition d'un grand nombre de variétés locales. Il est important de mentionner la régression voire la disparition de plusieurs variétés de Vesces améliorées et sélectionnées durant la période coloniale (INRAA, 2006).

Depuis Quezel et Santa (1962), très peu de travaux ont été entrepris pour l'étude des ressources phytogénétiques locales du genre *Vicia* L. en Algérie. Comme la caractérisation de ces ressources est la première étape vers l'amélioration de leur utilisation, l'objectif de ce travail consiste à évaluer la performance et le et le potentiel de ces accessions à la fois en plante entière (biomasse végétative) et en grains tout en essayant de mesurer l'ampleur de leur polymorphisme génétique à base de caractères phénotypiques pour répondre au vif intérêt concernant la collecte, la caractérisation et la conservation des écotypes locaux afin de faciliter l'utilisation de ce germoplasme dans les programmes de sélection et de contribuer à l'adaptation de l'agriculture au changement climatique.

## **2.2.2 Matériels et méthodes**

### **2.2.2.1 Matériel végétal et site de collecte :**

L'étude a porté sur la caractérisation morphologique, agronomique et nutritionnelle de 28 accessions spontanées appartenant au genre *Vicia* L. collectées à travers différentes régions géographiques s'étalant sur quasiment toute la région semi-aride de Sétif (22 sites) et ses régions limitrophes (**Figure 15**). Les gousses mures et bien sèches de ces populations ont été conservées individuellement dans des sacs en papier étiquetés et hermétiquement bien fermés à l'obscurité et à température ambiante jusqu'à leur utilisation. Les origines, affiliations et coordonnées géographiques sont indiquées dans le **tableau 4**



**Figure 15** : Origines géographiques de 28 accessions de vesce (source auteur)

### 2.2.2.2 Protocole expérimental :

Un essai expérimental en pots a été mené du 24/12/2020 jusqu'au 08/06/2021 en randomisation totale avec 6 répétitions/accession et sous condition de serre à la ferme expérimentale de l'université Ferhat Abbas el Bez, Sétif (36° 12' 05"N, 5° 21' 58"E). En vue de lever leur dormance, 14 graines saines et uniformes de chaque accession ont été scarifiées et trempées pendant 24h dans de l'eau distillée avant de les laisser germer à l'obscurité et à température ambiante sur des boîtes de pétri numérotées et tapissées avec du papier filtre. Seulement 6 graines de chaque accession ont été maintenues pour repiquage à raison d'une graine par pot contenant du gravier au fond, 1/3 de terreau commercial (universel) et 2/3 de la terre végétale criblée à l'aide d'un tamis avec des mailles d'environ 3mm, ce qui nous donne un total de 168 individus.

### 2.2.2.3 Observations et mesures :

Trois répétitions ont donné lieu à une caractérisation morphologique, agronomique et phénologique globale allant de la tige jusqu'à la graine en passant par les feuilles, les fleurs, les stipules, les vrilles et les gousses, tout en prenant les mesures nécessaires sur les paramètres de rendement à savoir : nombre de gousse/plant, nombre de graine/gousse, rendement en grain, PCG (poids de cent grains) et biomasse totale. Le reste des répétitions ont subi des évaluations prises à la fois sur le système aérien et racinaire de chaque population. Les analyses chimiques (matières azotées totales, matières minérales totales, matière organique et fibres brutes) ont concerné à la fois la biomasse aérienne et la graine. Les attributs phénotypiques quantitatifs et qualitatifs ont été notés et mesurés lors de notre étude à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un pied à coulisse digital. Durant la campagne d'essai, une lutte chimique a été appliquée à l'aide d'un insecticide (chlorciryne) à raison de 200ml / Hl pour diminuer l'effet dévastateur des pucerons noirs et de la chenille des prairies.

Le désherbage a été effectué manuellement dès le semis jusqu'à la récolte. L'identification des espèces a été réalisée à l'aide de la clé de Quezel et Santa (1962). La sélection des caractères (**tableau 5**) a été faite à partir des études taxonomiques (Leht, 2005 ; Van De Wouw, 2003 ; kadry, 2013 ; Leht, 2002 ; Holling, 1978), des travaux (Bouabid, 2018 ; Sallam, 2015 and Bechkri, 2016) et de la description de L'UPOV (1988) pour la Vesce commune.

**Tableau 4** : origines, affiliations et coordonnées géographiques de 28 accessions de *Vicia L.*

Accessions	Espèces	Code	Longitude	Latitude	Altitude	localités
1	<i>Vicia sativa</i> spp. cordata	3	36°38'56.9"N	5°25'03.8"E	66	Ziama 1
2	<i>V. sativa</i> spp. cordata	4	36°39'44.1"N	5°27'46.7"E	46	Ziama 2
3	<i>V. sativa</i> spp. cordata	5	36°28'01.8"N	5°17'08.7"E	576	Kharata
4	<i>V. sativa</i> spp. obovata	34b	36°15'50.2"N	5°40'54.8"E	894	Tachouda
5	<i>V. narbonensis</i>	Nar 4				ICARDA Syrie
6	<i>V. sativa</i> spp. cordata	15	36°27'09.6"N	5°23'07.0"E	830	Memlla
7	<i>V. sativa</i> spp. consobrina	16	36°17'01.3"N	5°29'58.0"E	1297	Chirhom
8	<i>V. sativa</i> spp. angustifolia	27c	36°18'23.2"N	5°45'15.3"E	1085	Djemila 2
9	<i>V. sativa</i> spp. angustifolia	34a	36°15'50.2"N	5°40'54.8"E	894	Tachouda
10	<i>V. sativa</i> spp. obovata	33	36°17'17.5"N	5°07'06.3"E	1327	Beni Hocine
11	<i>V. sativa</i> spp. obovata	BBA	36°16'55.2"N	4°40'11.7"E	1093	Colla
12	<i>V. sativa</i> spp. obovata	31a	36°10'11.5"N	5°13'33.0"E	969	El Mahdia
13	<i>V. sativa</i> spp. obovata	30b	36°18'53.5"N	5°24'50.6"E	1242	Thniat el Tin
14	<i>V. sativa</i> spp. obovata	8a	36°16'50.3"N	5°38'12.7"E	761	Beni Fouda

15	V. sativa spp. obovata	14a	36°17'43.4"N	5°39'54.9"E	974	Djemila 1
16	V. peregrina	7a	35°56'30.0"N	5°44'11.4"E	900	Ouled Abbas
17	V. peregrina	10b	36°10'18.4"N	5°18'45.5"E	1012	Timaloka
18	V. peregrina	25a	35°56'12.3"N	5°53'28.5"E	903	Oum Laadjoul
19	V. peregrina	18a	36°13'18.5"N	5°27'27.8"E	1166	Sidi Haider
20	V. peregrina	30a	36°18'53.5"N	5°24'50.6"E	1242	Thniat el Tin
21	V. monantha ssp. Cinerea	2	35°58'30.5"N	5°14'11.0"E	926	Kasr el Abtal
22	V. monantha ssp. Calcarata	3a	35°59'07.6"N	5°33'60.0"E	955	Rmada
23	V. monantha ssp. Calcarata	5	36°13'30.7"N	5°16'54.7"E	1035	Bouhaira
24	V. monantha ssp. Calcarata	29	36°06'43.5"N	5°28'43.6"E	983	Guedjal
25	V. monantha ssp. Calcarata	26	36°03'31.4"N	5°15'41.6"E	902	OuledYeless
26	V. narbonensis	Nar 1				ICARDA Syrie
27	V. narbonensis	Nar 2				ICARDA Syrie
28	V. narbonensis	Nar 3				ICARDA Syrie

**Tableau 5** : traits morphologiques notés par des valeurs ordinales.

Tige
Forme de tige (STF) : 0 élancée      1 moyenne      2 rigide
Couleur du bord de la tige (SEC) : 0 vert      1 violet

Pubescence de la tige (SP) : 0 glabre    1 clairsemée    2 dense
Élévation des poils de la tige (SHE) : 0 ascendant    1 appuyé
Longueur des poils de la tige (SHL) : 0 court    1 long
Couleur du nœud de la tige (SNC) : 0 vert    1 violet
Feuille :
Taille relative des folioles (LRS) : 0 toutes de même taille    1 plus grande à la base des feuilles
Consistance foliole (LCo) : 0 mince    1 normale    2 charnue
Couleur abaxial de foliole (LAC) : 0 pâle    1 identique à adaxial
Position de la foliole inférieure (LLP) : 0 à la base du rachis    1 plus haut
Point le plus large de la foliole (LBP) : 0 à l'apex    1 au milieu    2 à la base
Apex de la foliole denté (LAD) : 0 pas    1 une dent    2 deux dents
Base de la foliole (LB) : 0 arrondie    1 aiguë
Marge de la foliole (LM) : 0 entière    1 dentée    2 ondulée
Couleur marge feuillet (LMC) : 0 vert    1 violet
Marge des folioles (LMH) : 0 glabre    1 poilu
Densité foliaire axiale (LADHD) : 0 glabre    1 clairsemée    2 dense
Élévation du poil de la foliole (LHE) : 0 ascendant    1 appuyé
Densité des poils abaxial de la foliole (LABHD) : 0 glabre    1 clairsemé    2 dense
Vuille :
Présence de vrilles (TP) : 0 absente    1 présente    2 dans certaines feuilles seulement
Vrilles ramifiées (TB) : 0 non ramifiées    1 ramifiées
Longueur des vrilles (TL) : 0 court    1 long
Densité du poil des vrilles (DHT) : 0 glabre    1 clairsemé    2 dense
Couleur des vrilles (TC) : 0 vert    1 doré
Stipule :
Taille de la stipule (SS) : 0 petit (plus court que 6 mm)    1 grand (plus long que 6 mm)
Stipule tache nectarifère (SNS) : 0 absente    1 foncée    2 pâle
Bord de la stipule (SE) : 0 entier    1 denté    2 (2-3) partite    3 (4-5) partite
Couleur du bord de la Stipule (StEC) : 0 vert    1 violet
Stipule du couple (Spa) : 0 identique    1 différent
Fleur :
Motif de couleur standard (SCP) : 0 : absent    1 : tache de couleur différente    2 : veines de couleur différente    3 : dos de couleur différente    4 : plus foncé

Couleur d'étendard (SC) : 0 : blanc    1 : jaune    2 : violet ou bleuté
Forme de l'apex d'étendard (SAsH) : 0 fortement émarginé 1 légèrement émarginé 2 droit
Présence de Mucron (MucP) : 0 absent    1 présent
Pubescence d'étendard (STP) : 0 : glabre    1 : pubescent    2 : pubescent à l'arrière
Motif de couleur des ailes (WCP) : 0 : absent 1 : pointe de couleur différente 2 : nervures de couleur différente 3 : tache de couleur différente
Couleur des ailes (WC) : 0 : blanc 1 : jaune    2 : violet ou (bleuté)    3 : blanc avec pourpre
Longueur de l'aile (WL) : 0 : ¼ plus courte que la norme 1 : peu plus courte que la norme 2 : plus longue que la norme
Couleur du carène (KC) : 0 : blanc 1 : jaune    2 : violet (bleuâtre) plus long que la norme
Longueur de carène (KL) : 0 : plus courte que les ailes    1 : égale ou plus longue que les ailes
Forme de la bouche du calice (CMSH) : 0 : droit    1 : légèrement oblique    2 : fortement oblique
pubescence du calice (CH) : 0 : glabre 1 : dents du calice seulement 2 : couverture générale
Densité des cheveux du calice (CHD) : 0 : clairsemé 1 : dense
Couleur du calice (CC) : 0 : vert 1 : violet à la base 2 : violet des dents 3 : foncé à la base 4 : violet
Longueur des dents du calice (CTL) : 0 : égal    1 : égal
Longueur des dents supérieures du calice (CupTL) : 0 : plus long que le tube 1 : plus court que le tube
Longueur des dents inférieures du calice (ClowTL) : 0 : plus long que le tube 1 : plus court que le tube

#### 2.2.2.4 Paramètres morphologiques quantitatifs :

- ❖ Nombre de ramifications primaires.
- ❖ Longueur du pétiole : mesurée depuis la base du pétiole au point d'attache de la première foliole.
- ❖ Nombre de paires de folioles par feuille : compté sur les feuilles situées au niveau du premier nœud productif
- ❖ Longueur de la feuille : mesurée depuis la base du pétiole au point d'attache des folioles apicales
- ❖ Nombre de fleurs par plant : compté au stade 100% floraison
- ❖ Nombre de gousses par plant : prises au stade maturité complète

- ❖ Hauteur naturelle de la culture exprimée en centimètres : mesurer du collet jusqu'au sommet de la plante sans étendre la tige.
- ❖ Longueur de la tige exprimée en centimètres : mesurer du collet jusqu'à l'apex de la plante en étendant la tige.
- ❖ Indice de verse exprimer en pourcentage : évaluer par le rapport de la hauteur naturelle / la longueur de la tige
- ❖ Poids de cent grains en grammes
- ❖ Biomasse aérienne totale exprimée en grammes : évaluer par le poids de la partie aérienne incluant les gousses et les graines
- ❖ Rendement en grain par plant exprimé en gramme.
- ❖ Longueur, largeur et épaisseur de la gousse prises à l'aide d'un pied à coulisse digital exprimé en mm
- ❖ Nombre de grains par gousse
- ❖ Hauteur aérienne à la fauche exprimée en centimètres : prises au stade pleine floraison.
- ❖ Longueur racinaire à la fauche exprimée en cm : prises au stade pleine floraison **(figure16)**.
- ❖ Nombre de feuilles par plant compté au stade plein floraison.
- ❖ Poids sec et teneur en matière sèche aérienne et racinaire :

Matière sèche = (PES/PE) \*100

PES = poids de l'échantillon sec

PE = poids de l'échantillon humide



**Figure 16** : système racinaire de l'accession 28 de l'espèce *Vicia narbonensis L.* au stade pleine floraison (source auteur).

### 2.2.2.5 Stades phénologiques :

- ❖ **Début de floraison** : estimée par le nombre de jours de la date de semis jusqu'à l'apparition de la première fleur (inflorescence)
- ❖ **Pleine floraison** : estimée par le nombre de jours depuis la date de semis jusqu'à l'apparition de toutes les fleurs (maximum d'inflorescences)
- ❖ **Début formation de gousses** : appréciée par le nombre de jours depuis la date de semis jusqu'à la sortie du premier fruit, en l'occurrence la première gousse
- ❖ **Pleine formation de gousses** : appréciée par le nombre de jours depuis la date de semis jusqu'à la sortie du maximum de gousses
- ❖ **Début formation de graines** : évaluée par le nombre de jours depuis la date de semis jusqu'à la manifestation de la première graine
- ❖ **Maturité complète** : évaluée par le nombre de jours depuis la date de semis jusqu'à la récolte (durcissement de la graine, changement de couleur de la gousse) (**figure 17**).



**Figure 17** : stade de maturité des deux accessions 34 a et 19 a des sous espèces *angustifolia* et *obovata* (source auteur).

### 2.2.2.6 Les analyses chimiques liées à la valeur nutritive prises à la fois sur la plante et sur le grain :

#### 2.2.2.6.1 La teneur en matières minérales totales (cendres) :

La teneur en matières minérales d'un échantillon est désignée comme étant le résidu de ce dernier après destruction de la matière organique par incinération dans un four à moufle. Les cendres ont été déterminées par la combustion complète des échantillons dans un four à moufle à 500°C selon la procédure de l'AOAC (1990) (**figure 18**).

#### 2.2.2.6.2 La teneur en matière organique :

Déterminer selon l'équation suivante :

$$MO\% = 100 - MMT\%$$



**Figure 18** : détermination de la teneur en matières minérales totales (cendres) à l'aide de la méthode d'incinération au four à moufle. (Source auteur)

#### 2.2.2.6.3 La teneur en azote :

L'azote est dosé par la méthode de KJELDHAL selon la procédure de l'AOAC (1990), on minéralise le produit par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur : l'azote (N) organique est transformé en azote ammoniac par la lessive de soude et on le dose après l'avoir reçu dans de l'acide borique (**figure 19**).

#### 2.2.2.6.4 La teneur en matières azotées totales :

Il est communément admis que la teneur en matières azotées totales s'obtient en multipliant le poids d'azote Kjeldahl par 6.25.

$$\text{Teneur en MAT \% MS} = N \text{ g} * 6.25.$$



**Figure 19** : détermination de la teneur en azote par la méthode de Kjeldahl. (Source auteur)

#### 2.2.2.6.5 La teneur en fibres brutes :

La détermination des fibres brutes a été effectuée par la méthode Weende (**figure 20**)



**Figure 20** : La détermination des fibres brutes à l'aide du fibertec. (Source auteur).

#### 2.2.2.7 Analyses statistiques :

Une analyse de variance à un facteur « accession » basée sur le test de comparaison des moyennes (LSD) au seuil de risque 5% a été effectuée sur les données quantitatives continues. De plus, afin d'apprécier les relations entre les variables et les ressemblances entre les individus une analyse en composante principale a été réalisée sur les traits à états multiples codés par des valeurs ordinales. En outre, un test de corrélation de Pearson a été élaboré sur les caractères à intérêt agronomique. Les données ont été traitées à l'aide du logiciel XLSTAT version 2014.

Enfin, pour calculer la distance intra et inter spécifique, une classification hiérarchique des observations « accessions » basée sur la distance euclidienne et la méthode de liaison complété a été effectuée à l'aide du logiciel Minitab 17, après cumul des caractères qualitatifs et quantitatifs en prenant comme donnée de base la moyenne des trois répétitions.

## **2.3 ESSAI 3 : Réponse morphologique, physiologique et biochimique de 7 accessions de Vesce sous conditions stressantes (contrainte saline)**

### **2.3.1 Introduction**

Le changement climatique mondial en cours, provoque les températures extrêmes, la sécheresse et la salinité, qui sont des facteurs de stress importants en agriculture (Aydinoğlu *et al.*, 2019). L'augmentation de la salinité dans le monde devrait devenir un problème plus grave pour la production agricole au cours des prochaines décennies, en particulier dans les régions arides et semi-arides (Ghobadi *et al.*, 2011 ; De Azevedo Neto et Da Silva, 2014). Le niveau de salinité du sol peut être augmenté à l'avenir à cause des changements climatiques, la baisse des précipitations annuelles, la montée de l'eau de mer, la rareté de l'eau d'irrigation, l'utilisation excessive d'engrais et l'absence d'un bon système de drainage, ce qui retarde la production agricole durable visée (El-Hendawy *et al.*, 2005). Selon les estimations de la FAO actuellement plus de 900 millions d'hectares de terres à travers le monde, constituant environ 6 pour cent du total des terres du monde, sont affectés par la salinité (FAO, 2008). De plus, Tayyab *et al.* (2016) ont rapporté qu'environ un tiers des terres cultivées est affecté par le sel dans le monde entier, ce qui fait de la salinité un facteur limitant majeur pour la production alimentaire/fourragère. La sur salinité du sol est l'un des principaux facteurs limitant la propagation des plantes dans leurs habitats naturels. C'est un problème toujours croissant dans les régions arides et semi-arides (Shanon, 1986 et Abdul Qados, 2011). Fisher et Turner (1978) estiment que les terres arides et semi arides représentent environ 40% de la surface terrestre. D'autre part, environ 20 pour cent de la superficie irriguée des terres à haute productivité dans le monde sont affectées par le sel (Munns et Tester 2008). La salinité diminue la production agricole jusqu'à 35 % (Koyro *et al.*, 2013), créant une pénurie de nourriture pour la consommation des humains et des animaux et cette situation s'aggrave avec le temps (Turkan et Demiral, 2009). Plusieurs espèces végétales sont sensibles à la salinité avec un effet négatif sur la croissance. L'inhibition de la croissance a été liée à des effets osmotiques qui provoquent le déficit en eau. Un excès de salinité peut également entraîner une toxicité et des carences en minéraux (Praxedes *et al.*, 2010).

Les cultures de légumineuses sont considérées comme adaptées à augmenter la bio-productivité et récupérer les sols marginaux. Les plantes diffèrent dans leur tolérance au sel. Généralement, les fruits, les légumes et les plantes ornementales sont plus sensible à la salinité que les fourrages ou les grandes cultures.

Chez les légumineuses, le stress salin limite significativement la productivité. La salinité peut agir sur la symbiose Légumineuse-Rhizobium indirectement en réduisant la croissance des plantes et les produits photosynthétiques disponibles (Seeman et Critchley, 1985 ; Brignoli et Lauteri, 1991). De plus, la salinité peut affecter directement l'infection et le développement des nodules (Zahran et Srent, 1986), et peut également influencer la capacité de fixation de l'azote (Yousef et Sprent, 1983 ; Hopmans *et al.*, 1984 ; Hafeez *et al.*, 1988 ; Elsheikh et Wood, 1990).

Peu de rapports sont disponibles sur la tolérance à la salinité du genre *Vicia* L. L'amélioration des génotypes résistants/tolérants à la salinité est l'un des meilleurs remèdes pour se protéger des effets néfastes d'une forte salinité et peut aider à augmenter la productivité dans les sols salins (Campanelli *et al.*, 2013 ; Kahrizi *et al.*, 2007). La propriété de tolérance à la salinité n'est pas un simple attribut, mais c'est le résultat de diverses caractéristiques qui dépendent de différentes interactions physiologiques, qui sont difficiles à déterminer. L'aspect morphologique présenté par la plante en réponse à la salinité, peut ne pas être suffisant pour déterminer son effet, il est donc important de reconnaître d'autres facteurs physiologiques et biochimiques (Munns, 1993, 2002 ; Neumann, 1997 ; Yao, 1998 ; Hasegawa *et al.*, 2000).

Compte tenu de l'importance de la question, la présente étude a été entreprise pour atteindre les objectifs suivants :

- ❖ évaluer l'effet de différentes doses de salinité sur le comportement morphologique, physiologique et biochimiques de 7 accessions appartenant au genre *Vicia* L.
- ❖ identifier les variables qui participent le plus à différencier les accessions de Vesce par le biais d'une analyse multivariée (ACP).
- ❖ Classer les accessions en utilisant les indices de tolérances (STI) et les pourcentages de diminution sur les variables les plus ségréantes.

## **2.3.2 Matériels et Méthodes**

### **2.3.2.1 Matériel végétal**

L'étude en cours concerne la réponse morphologique, physiologique et biochimique de 7 accessions du genre *Vicia* L. soumises à différentes doses de stress salin. Certaines accessions ont été collectées à travers différents sites de la province de Sétif. D'autres ont été obtenus à partir de l'ICARDA (**Tableau6**).

**Tableau 6** : informations sur la taxonomie et l'origine géographique des accessions étudiées

code	espèce	origine	longitude	latitude	Altitude
33	<i>V. sativa</i> spp. <i>consobrina</i>	Beni Hocine (Sétif)	36°17'17.5"N	5°07'06.3"E	1327
27	<i>V. sativa</i> spp. <i>angustifolia</i>	Djemila (Sétif)	36°18'23.2"N	5°45'15.3"E	1085
X	<i>V. sativa</i> spp. <i>obovata</i>	Colla (Sétif)	36°16'55.2"N	4°40'11.7"E	1093
10	<i>V. peregrina</i> L.	Timaloka (Sétif)	36°10'18.4"N	5°18'45.5"E	1012
Eco2	<i>V. narbonensis</i> L.	ICARDA (syrie)	///	///	///
Eco9	<i>V. narbonensis</i> L.	ICARDA (syrie)	///	///	///
Eco10	<i>V. narbonensis</i> L.	ICARDA (syrie)	///	///	///

### 2.3.2.2 Protocole expérimental :

Un essai expérimental en pots et en bloc aléatoire complet a été adopté sous conditions de serre à la ferme expérimentale de l'université Ferhat Abbas Sétif 1 (36°12'05.0"N 5°21'58.5"E).

### 2.3.2.3 Test de germination :

La surface de 28 graines saines et homogènes/accession a été désinfectée à l'aide de 2.5% d'hypochlorite de sodium pendant 10 min puis rincées 3 fois abondamment avec de l'eau distillée. Ces dernières ont été ensuite mises à germer sur des boîtes de pétri et soumises à 4 niveaux de stress salin (: 0, 4, 8 et 12 g/l de NaCl) à raison de 7 graines/accessions/niveau.

### 2.3.2.4 Essai de croissance :

Le sol utilisé a été criblé par des tamis de 3 mm de mailles et stérilisé par voie sèche (180 C° pendant 1h), ensuite rempli dans des pots en plastique (18/11 cm) à raison de 1 kg / pot. Les graines sont considérées comme germées lorsque la longueur de la racine avoisine le diamètre de la graine. Seulement 3 graines/accession /niveau ont été repiquées, ce qui nous donne un total de 84 individus. Une solution nutritive complète composée d'un mélange de macroéléments (formule de Hoagland) et de microéléments (formule d'Arnon) a été appliquée 2 fois /semaine. Le stress a été initié après 26 jours de croissance et quand les plantes atteignent leur stade de ramification.

### 2.3.2.5 Paramètres de croissance :

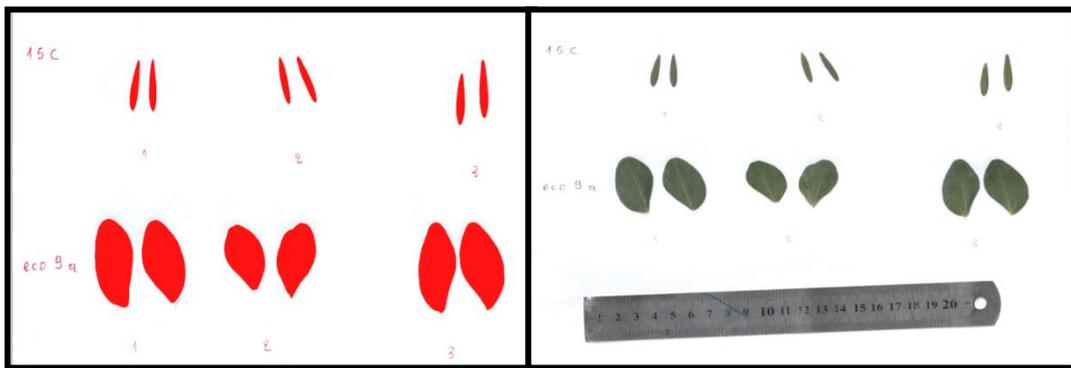
Les différentes mesures ont été effectuées après 16 jours de traitement sur les trois répétitions de chaque niveau de stress et ont concernées :

- ❖ Le pourcentage de germination déterminé selon la formule de Shiferaw et Baker (1996) :  $\% G = (NTGG/NTGS)*100$   
NTGG = nombre totale de graines germées  
NTGS = nombre totale de graines soumises à la germination
- ❖ La vitesse de germination (IG) exprimé par le rapport entre les graines germées à chaque comptage (enregistré à des intervalles de 24 heures) et le nombre de jours de mise en germination. l'enregistrement s'est poursuivi jusqu'à ce qu'aucune autre germination ne se produise et le calcul a été fait selon Maguire (1962) :  
 $IG = (n2)/2 + (n3-n2)/3 + \dots + (n10-n9)/10.$   
Avec (n2), (n3-n2) et (n10-n9) sont le nombre de graines germées pendant les jours J2, J3 et J10.
- ❖ La longueur racinaire et la hauteur aérienne exprimée en cm (**figure 21**).



**Figure 21** : système racinaire de quelques accessions soumises à différentes doses de salinité (Source auteur).

- ❖ La vitesse de croissance exprimé en mg/j, est déterminée par le rapport  
 $VT = RDT \text{ BIO} / PCV$ .  
RDT BIO = poids frais fauché exprimé en milligrammes.  
PCV= phase de croissance végétative depuis le semis jusqu'à la fauche exprimé en jours
- ❖ La surface foliaire mesurée par le biais du logiciel Image J en prenant la moyenne de 6 folioles collectées à travers la partie supérieure de chaque plante. Les données sont exprimées en cm<sup>2</sup> (**figure 22**).



**Figure 22** : mesure de la surface foliaire à l'aide du logiciel Image J (Source auteur).

- ❖ Le rapport de la hauteur aérienne/ longueur souterraine.
- ❖ Le poids frais aérien et racinaire exprimé en grammes et évalué immédiatement après la fauche.
- ❖ Le poids sec aérien et racinaire estimé en séchant le deux systèmes dans une étuve à 80 C° pendant 48H.
- ❖ Matière sèche aérienne et racinaire exprimée en % et calculée selon la formule :  $MS \% = (PS/PF) * 100$ .  
MS %= teneur en matière sèche. PF= poids frais. PS= poids sec.

### 2.3.2.6 Paramètres physiologiques :

- **La teneur relative en eau** a été mesurée en trompant un échantillon de 100 mg de feuilles fraîches dans des tubes à essai de 20ml d'eau distillée pendant 16-18 h dans l'obscurité et à température ambiante. L'excès d'eau a été enlevé rapidement en séchant les feuilles avec du papier absorbant avant la mesure du poids turgescent. Le poids sec des feuilles a été déterminé après étuvage à 70°C pendant 72 heures. La TRE était

calculé selon Schonfeld *et al.* (1988), en utilisant l'équation suivante :  $TRE = [(Poids\ frais - Poids\ sec) / (poids\ turgescent - poids\ sec)] \times 100$ .

- ❖ **La perméabilité membranaire** : 15mg de matériel végétal frais a été lavé et trompé dans des tubes de 15 ml d'eau déminéralisée et incubé pendant 2h à température ambiante. Par la suite, la conductivité électrique (L1) de la solution a été déterminée. Les échantillons ont été après autoclavés à 100 C° pendant 30 min et la conductivité électrique (L2) a été enregistrée après le refroidissement des tubes. La PM a été défini selon Lutts *et al.* (1996) :

$$PM (\%) = (L1/L2) \times 100$$

- ❖ **Chlorophylle A et B** : 0.3 g de feuilles fraîches ont été découpées en petits morceaux et broyées avec 7 ml d'Acétone 80%. Ces derniers ont été centrifugés à 5000 rpm pendant 5 min et l'absorbance des surnageants a été enregistrée spectrophotométriquement. les teneurs en chlorophylles A et B ont été déterminées à 663 et 645, respectivement, et exprimé en termes de milligramme par gramme de poids frais comme suggéré par Arnon (1967) (**figure 23**).



**Figure 23** : extraction de la chlorophylle à l'aide de l'acétone 80%.

#### 2.3.2.7 Paramètres biochimiques :

- ❖ **La teneur en proline** :
- **Extraction** :

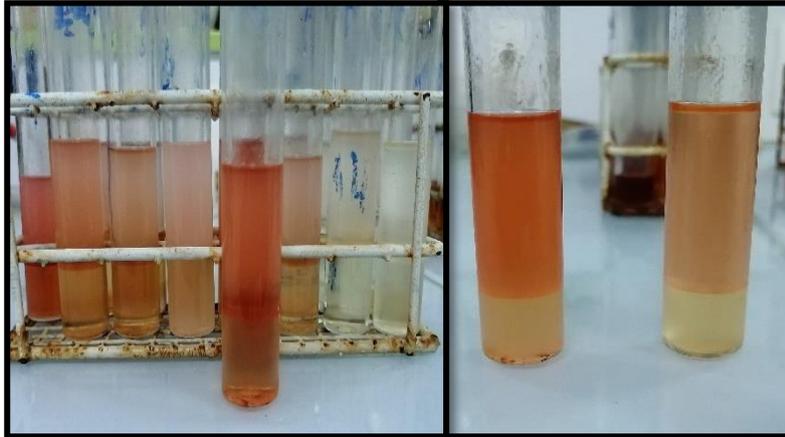
L'extraction de la proline a été effectuée par chauffage au bain marie a 85 C°, de 50 mg de matière végétale avec 2 ml de méthanol à 40 % (v/v) pendant 30 min.

- **Préparation des réactifs :**

Solution A : 300 ml d'acide acétique + 80 ml d'acide orthophosphorique + 120 ml d'eau distillée.

Solution B : mettre dans une fiole 3g de ninhydrin dans 100 ml d'éthanol pur pour obtenir une solution de ninhydrin à 3%.

**Dosage :** La proline libre obtenue a été dosée selon la méthode de Bates *et al.* (1973) (figure 24).



**Figure 24 :** séparation de la solution en deux phases suite à l'ajout du toluène lors du dosage de la proline

- ❖ **La teneur en sucre solubles :**

- **Extraction :**

L'extraction des sucres solubles a été réalisée par combinaison à température ambiante de 100 mg de substance végétale avec 3 ml d'éthanol à 80 % (v/v) pendant 48 h.

- **Dosage :**

Les sucres solubles totaux sont ainsi dosés par la méthode de Dubois *et al.* (1956).

### 2.3.2.8 Analyses statistiques :

Les données recueillies ont été exposées à une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs basée sur le test de comparaison des moyennes (LSD). Toutes les données brutes ont été transformées en indices de tolérance à la salinité selon la méthode de Zeng *et al.* (2002) et Rajhi *et al.* (2020). Les indices de tolérance ont été calculés selon la formule suivante :

$$\text{STI} = \text{Valeur de la variable sous conditions salines} / \text{la moyenne du témoin.}$$

Une analyse en composante principale a été effectuée sur ces données transformées afin de déterminer les axes et les variables participants le plus à la ségrégation et d'apprécier la

dissemblance entre les individus face aux différentes doses de salinité. Puis, afin de classer les accessions en se basant sur leurs degrés de tolérance, la méthode de pourcentage de diminution par rapport au témoin a été effectuée utilisant la formule suivante :

Le pourcentage de diminution % = [(valeur de contrôle - valeur stressée) / (témoin)] × 100.

Enfin, ces données ont été exposées à un test de comparaison des moyennes (LSD) pour distinguer les différents groupes homogènes. Le logiciel utilisé est XLSTAT version 03.5.2014.



*monantha* L.) s'est avérée la plus performante en termes d'épaisseur de la graine (4.62mm). En revanche, le plus petit score (2.93) de cette variable s'est observé chez l'accession 60. La couleur orange des cotylédons est considérée parmi les traits caractéristiques de l'espèce *V. monantha* L. observés lors de notre étude. Egalement, l'espèce *V. peregrina* L. était marquée par des cotylédons de couleur brune grisâtre. Or, les sous espèces de *V. sativa* L. exposaient les deux couleurs à la fois ce qui confirme encore une fois la complexité taxonomique de ce groupe.

Parallèlement, les variables ayant une forte contribution à construire le deuxième facteur sont : **LMH** (pubescence de la marge de la foliole), **LADHD** (densité de poils sur la face adaxial de la foliole), **LABC** (couleur de la face abaxial de la foliole), **LCO** (consistance de la foliole) et **STF** (la forme de la tige). Ces variables ont montré une grande variabilité intra et interspécifique.

La classification hiérarchique a été effectuée afin de classer les accessions dans des groupes spécifiques. Les taxons d'un groupe particulier ont des propriétés similaires, tandis que ceux de groupes différents ont des caractéristiques différentes. Sept grands groupes ont été obtenus à une distance de 14.62 et un niveau de similarité égale à 24.70 (**Figure 26**), sachant que le nombre de clade dans la subdivision finale était basé sur le nombre d'espèces de vesce utilisées dans notre étude et identifiées par la clé de Quezel et Santa (1962).

- **Le premier groupe :**

Ce groupe comprend 34 accessions appartenant tous à l'espèce *V. monantha* L. marquées par **des tiges minces, des dents de calices de longueurs inégales, une longueur de dents inférieur au tube, de grosses graines, un grand nombre de paires de folioles, une couleur orange des cotylédons et une longueur de pédoncule la plus élevée. En plus, ces accessions étaient les plus précoces à la floraison et à la maturité.**

La distance euclidienne la plus faible ( $d=3.42$ ) est observée au sein de ce groupe entre les deux accessions 14 et 15, ces individus présentaient deux profils extra similaires avec un niveau de similarité égal à 82,35 (**tableau 7**).

- **Le deuxième groupe :**

Comprend les accessions (25,29, 38 et 59) de l'espèce *V. peregrina* L. Ces dernières sont très bien présentées par les variables du deuxième facteur de l'ACP exposant des **tiges naines de formes minces avec des diamètres de collet très faibles, un nombre de ramifications élevé et une pubescence étroitement opposée. Les folioles de ces individus étaient caractérisées par des marges dépourvues de poils, des bases arrondies, des couleurs identiques sur les deux faces (folioles concolores), une pubescence plus dense**

sur la face supérieure (adaxiale) et un petit nombre de paires de folioles/feuille. Concernant les graines, ces taxa ont présenté des diamètres faibles avec des cotylédons de couleur brune grisâtre et un hilum de longueur très faible. Les ornements bleu noir occupaient de faibles zones sur la surface des graines. Un nombre élevé de gousses/plante était caractéristique de ces accessions avec une densité élevée de poils en dessus. En outre, elles sont considérées comme les accessions les **plus tardives à la pleine floraison avec une moyenne de 124 jrs.**

- **Le troisième groupe :**

Les accessions (26, 35 et 60) de l'espèce *V. sativa* spp. *obovata* ont été séparées dans un groupe particulier. Ces individus sont déterminés par des **tiges fortement poilues, des graines petites, un PCG et un rendement très faibles, des marges de folioles dentées, des dents de calices de longueur identique et des ailes de fleurs plus longues que l'étendard.**

- **Le quatrième groupe :**

Affichant la plus grande variabilité intra-groupe (**tableau 8**), le quatrième clade comporte 23 observations distribuées entre les sous espèces **obovata, angustifolia, cordata** et l'espèce **peregrina**. Une **longueur de pédicelle très petite, une couleur brune grisâtre des cotylédons et des dents de calices plus longues que le tube** sont caractéristiques de ce groupe.

- **Le cinquième groupe :**

Les accessions 49 (*V. peregrina* L.) et 66 (*V. sativa* spp. *consobrina*) ont participé à construire le groupe 5 noté par **une base de calice de forme non gibbeuse et un étendard de couleur pourpre foncé.**

- **Le sixième groupe :**

Représenté par les deux accessions (63, 65) de l'espèce *V. sativa* spp. *obovata* distingué par **l'absence totale des ornements tachetés et mouchetés sur la surface des graines.**

- **Le septième groupe :**

En fin l'individu 69 (*V. monantha* spp. *calcarata*) était le seul à avoir une **pubescence de foliole adossé.**

Plusieurs groupes d'accessions ont présenté des profils très proches morphologiquement à savoir : (44-45) (*V. sativa* spp. *obovata*), (3-4) (*V. monantha* spp. *calcarata*) et (46-48) (*V. monantha* spp. *cinerea*) avec des niveaux de similarité égale à 74.91, 74.40 et 74.37 respectivement. En contrepartie, le groupe (1-25) (*V. monantha* spp.

*calcarata* / *V. peregrina* L.) est considéré comme le groupe le plus distant avec un niveau de similarité de l'ordre de zéro. Ainsi, plusieurs autres accessions ont présenté des groupes hyper polymorphes à savoir : (1-26), (1-27) (*V. monantha* spp. *calcarata* / *V. sativa* spp. *obovata*) et (1-69) (*V. monantha* spp. *calcarata*) exposant des valeurs de similarité très faibles 11.79, 15.07 et 18.22 successivement (**tableau 7**)

**Tableau 7** : Niveau de similarité et distance euclidienne des 69 accessions de Vesces basés sur le profilage morphologiques

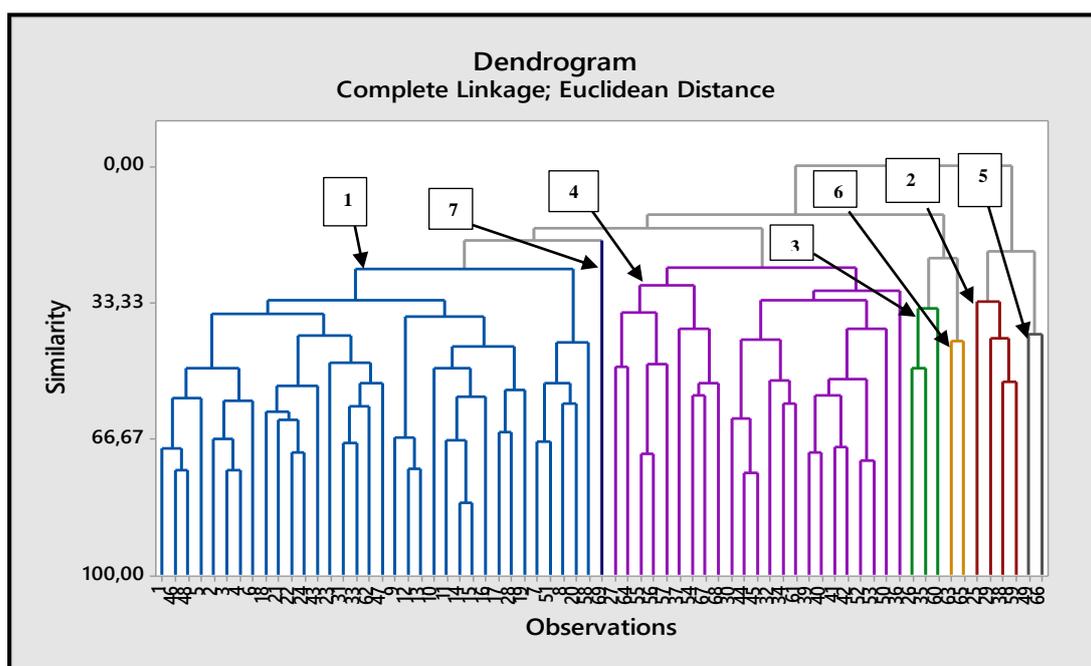
étape	Nombre de clusters	Niveau de similarité	Niveau de distance	Groupes réunis	Nouvel cluster	Nombre d'obs dans le cluster
1	68	82,9683	3,2266	14 15	14	2
2	67	74,2859	4,8715	44 45	44	2
3	66	74,0502	4,9161	46 48	46	2
4	65	73,5656	5,0079	12 13	12	2
5	64	73,2601	5,0658	52 53	52	2
6	63	71,5702	5,3859	11 14	11	3
7	62	69,6272	5,7540	22 24	22	2
8	61	69,4938	5,7793	55 56	55	2
9	60	69,2924	5,8175	39 40	39	2
10	59	68,2725	6,0107	1 46	1	3
11	58	68,1237	6,0389	31 33	31	2
12	57	68,0043	6,0615	41 42	41	2
13	56	66,7303	6,3029	7 51	7	2
14	55	65,9516	6,4504	2 4	2	2
15	54	65,7314	6,4921	9 12	9	3
16	53	64,1759	6,7868	17 28	17	2
17	52	61,7392	7,2484	21 22	21	3
18	51	60,8002	7,4263	30 44	30	3
19	50	59,1873	7,7318	18 21	18	4
20	49	58,4342	7,8745	11 16	11	4

21	48	58,2313	7,9129	31	62	31	3
22	47	57,0742	8,1322	34	61	34	2
23	46	57,0367	8,1393	8	20	8	2
24	45	56,5756	8,2266	2	6	2	3
25	44	55,6305	8,4057	1	5	1	4
26	43	55,0531	8,5151	54	67	54	2
27	42	54,9180	8,5407	39	41	39	4
28	41	53,6937	8,7726	17	19	17	3
29	40	52,5568	8,9880	23	43	23	2
30	39	51,9530	9,1024	7	8	7	4
31	38	51,8866	9,1149	54	68	54	3
32	37	51,8535	9,1212	31	47	31	3
33	36	51,5837	9,1723	38	59	38	2
34	35	51,3560	9,2155	32	34	32	3
35	34	50,9470	9,2929	39	52	39	6
36	33	49,0263	9,6568	26	35	26	2
37	32	48,4763	9,7610	1	2	1	7
38	31	48,3120	9,7921	10	11	10	5
39	30	47,8919	9,8717	27	64	27	2
40	29	47,3184	9,9804	55	57	55	3
41	28	47,1916	10,0044	23	31	23	6
42	27	45,7803	10,2718	10	17	10	8
43	26	41,7031	11,0442	7	58	7	5
44	25	41,2863	11,1231	63	65	63	2
45	24	41,1346	11,1519	30	32	30	6
46	23	40,5514	11,2624	29	38	29	3

47	22	40,2813	11,3135	10	18	10	12
48	21	39,5893	11,4446	49	66	49	2
49	20	38,4428	11,6618	39	50	39	7
50	19	38,1818	11,7113	37	54	37	4
51	18	36,9798	11,9390	10	23	10	18
52	17	34,7159	12,3679	1	10	1	25
53	16	34,2984	12,4470	27	55	27	5
54	15	33,2257	12,6502	26	60	26	3
55	14	31,9764	12,8869	1	9	1	28
56	13	31,5813	12,9617	25	29	25	4
57	12	31,2111	13,0319	30	39	30	13
58	11	29,4205	13,3711	1	36	1	29
59	10	27,2981	13,7732	27	37	27	9
60	9	24,8170	14,2432	27	30	27	22
61	8	22,4313	14,6952	1	7	1	34
62	7	20,4514	15,0703	26	63	26	5
63	6	18,8595	15,3718	25	49	25	6
64	5	17,1244	15,7005	1	3	1	35
65	4	14,4358	16,2099	1	69	1	36
66	3	12,5314	16,5707	1	27	1	58
67	2	9,5818	17,1295	1	26	1	63
68	1	0,0000	18,9447	1	25	1	69

**Tableau 8 :** variabilité intra groupe des 7 clusters générés à partir de la classification hiérarchique

	Nombres d'observations	Somme des carrés intra clusters	Distance moyenne du centroïde	Distance maximale du centroïdes
Cluster 1	34	1824,92	7,25154	9,47172
Cluster 2	4	201,91	7,06367	8,30032
Cluster 3	3	136,94	6,71999	7,70104
Cluster 4	23	1453,88	7,88252	9,55405
Cluster 5	2	65,55	5,72473	5,72473
Cluster 6	2	61,93	5,56457	5,56457
Cluster 7	1	0,00	0,00000	0,00000



**Figure 26 :** dendrogramme de la classification hiérarchique basée sur les traits phénotypique

Les accessions étudiées ont montré une grande variabilité phénotypique reflétant la taxonomie compliquée du genre *Vicia* notamment celle du groupe *V. sativa* L. Rappelons que quatre-vingt et un attribut répartis sur la tige, la feuille, la fleur, la gousse et la graine ont été utilisés dans cette étude pour caractériser 69 accessions de Vesce. Certaines accessions appartenant à la même espèce (selon la clé de Quezel et Santa, 1962) présentaient des profils homologues, d'autres identifiées par la même clé affichaient des profils ultra polymorphes. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Bechkri et Khelifi (2016).

Kaplan *et al.* (2021) a signalé que plusieurs précédentes études (morphologiques, anatomiques et écologiques) ont été faites pour tenter de résoudre la grande confusion sur la taxonomie et la nomenclature des espèces Vesce. D'un point de vue taxonomique et moléculaire, *Vicia sativa* L. est un agrégat qui comprend plusieurs taxa polymorphes, autogames et annuels en évolution dynamique (Mikic *et al.*, 2013). Récemment, Kaplan *et al.* (2021) a indiqué que les marqueurs spécifiques à l'espèce développés sont utiles pour la détection précoce des taxa ciblés et peuvent agir comme un guide des données de base nécessaires à l'évolution de stratégies systématiques d'amélioration et de conservation, ainsi quant aux ressources génétiques (Issolah *et al.*, 2022).

Van De Wouw *et al.* (2003) a noté que les caractères qui séparent le plus les espèces de Vesce sont presque tous quantitatifs. Nos résultats ne sont pas en ligne avec ces données et montre que les caractères qui séparent plus les espèces sont aussi bien quantitatifs que qualitatifs. Par contre, nos données sont en concordance avec ce qu'a noté cet auteur sur le fait que l'utilisation des marqueurs morphologique uniquement au sein du groupe *V. sativa* L. ne produit pas un groupement stable. Ceci explique les différentes classifications issues des études morphologiques antérieures.

Des variations importantes dans la taille, le poids, la couleur des cotylédons et le type d'ornementation des graines ont été observées lors de notre étude et peuvent ouvrir des opportunités intéressantes d'amélioration et de sélection. La même chose était observée chez El Fatehi *et al.* (2016) durant ces études sur l'espèce *V. ervilia* L.

Nos résultats montrent que la couleur brune grisâtre des cotylédons était dominante chez les accessions de Vesce commune. Ces données correspondent avec ceux trouvés par Zoghلامي *et al.* (2014) sur la même espèce. En outre, Cela met en évidences les résultats démontrés par Potokina (1997) sur la possibilité de classer avec succès les accessions par leurs types d'ornementations et la couleur des cotylédons des graines.

L'épaisseur de la graine était trouvée comme variable clé qui participe fortement à la distinction des espèces de Vesce. Ce trait était aussi jugé important par d'autres chercheurs qui ont étudié les espèces de Vesce notamment l'agrégat *Vicia sativa* (Metin et Hanelt, 1964 ; Ball, 1968 ; Maxted, 1990 ; Gil et Cubero, 1993 ; Romero Zarco, 1999). Pareillement, El Fatehi *et al.* (2016) a trouvé que les ratios de variance (F) qui expriment les différences entre les populations de *V. ervilia* L. étaient plus élevés pour les paramètres liés à la taille de la graine.

Mebarkia *et al.* (2020) a révélé une relation positive significative entre le stade pleine floraison et le rendement en grains ( $r=0,76$ ) et a montré que les variétés tardives sont les plus

productives. Nos accessions ont affiché une amplitude conséquente entre les accessions les plus précoces (130 jrs) et les plus tardives (155 jrs) à la maturité avec une étendue égale à 25 jours. Dans notre cas, l'accession la plus productive était plus tardive que la moins productive, Il semble que la floraison tardive et longue permette à ces accessions d'échapper aux gelées tardives de la région, qui affecte négativement la fertilité de la plante. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Keating *et al.* (1991).

Dans les graines exalbuminées comme celles de la Vesce, les stades du début d'élongation des radicules semblent dépendre des réserves accumulés dans leurs propres tissus (Hopkins, 1999). Ceci indique qu'il est préférable d'utiliser de grosses graines pour améliorer l'émergence et la survie des plantes, en particulier dans les zones avec des conditions environnementales difficiles (Mao *et al.*, 2015 ; Dong *et al.*, 2016). L'accession **20** (*V. monantha ssp. Calcarata*) a présenté la plus grande épaisseur de la graine (4.62 mm) avec un poids de cent grains élevé (8.53g). Par conséquent, cela peut aider les sélectionneurs qui travaillent sur l'amélioration de l'émergence dans les zones à conditions environnementales difficiles.

L'accession 32 (*V. peregrina L.*) originaire du site **Ain Lahdjar** s'est avérée la plus performante en enregistrant des valeurs élevées pour la plupart des variables à intérêt agronomique notamment le rendement en grains (9.08 g/plant), le nombre de gousses par plante (25.33), le nombre de graines par gousse (7.26) et le nombre de ramifications (15.66). Par conséquent, la sélection directe de ces caractères conduira au développement de génotypes souhaitables à haut rendement (Sharma *et al.*, 2021).

L'arbre phylogénétique montre que la plus part des accessions des sous espèces obovata, angustifolia et cordata se sont regroupées dans le même clade, cela dévoile que l'hybridation entre ces trois taxa s'avère facile. Egalement, certaine accessions de l'espèce *V. peregrina L.* se sont regroupées avec plusieurs taxa de l'espèce *V. sativa L.* cette relation s'avère intéressante et nous laisse proposer que ces deux espèces peuvent avoir un ancêtre commun. La même chose a été observée par Van De Wouw *et al.* (2003) sur l'espèce *V. pyrenaica* et *V. sativa spp. amhicarpa*.

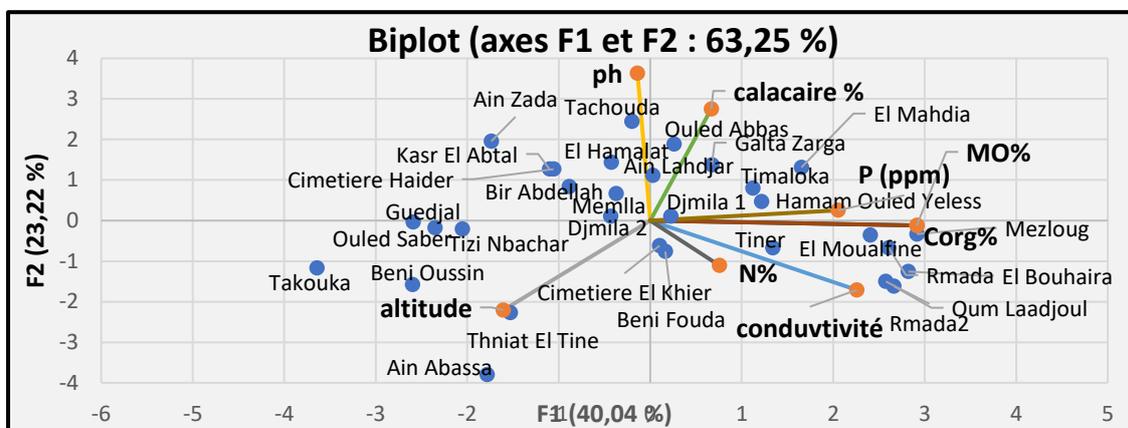
### 3.1.2 Paramètres éco-géographiques

Une analyse en composante principale a été réalisée sur 7 attributs afin de déterminer ceux qui participent le plus à séparer les sites. Les deux premiers axes ont présenté un emprisonnement d'inertie égale à 63.26% (**figure 27**). Parmi les variables qui ont présenté une forte corrélation avec le premier facteur on peut distinguer **Corg%** (taux de carbone

organique) ( $r=0.9533$ ), **Conductivité** ( $r=0.7386$ ) et le **P** (le taux de phosphore en ppm) ( $r=0.6719$ ).

Nos résultats ont montré que les plus grandes teneurs en Carbone et en Matière Organique (35.86 et 61.68%) sont observées chez le site **Mezloug**. Tandis que, les plus faibles (8.69 et 14.95%) sont enregistrées au niveau de la localité **Takouka**. Pareillement, la valeur la plus élevée de la conductivité (473uS) a été affichée par le site **Oum Laadjoul**, alors que, la plus faible (134uS) appartient à **Ain Lahdjer**. De plus, le site Mezloug affiche le score (3.45 ppm) le plus élevé en termes de teneur en phosphore. Bien que, le plus petit (0.15 ppm) est attribué au site **Bir Abdellah**.

Parallèlement, les variables les plus ségréantes du deuxième facteur sont : le **pH** ( $r=0.9057$ ), le **taux de calcaire%** ( $r=0.6862$ ) et **l'altitude** ( $r=-0.55$ ). Parmi les sites visités lors de notre mission de collecte, **Takouka** est considérée comme l'endroit le plus élevé avec une altitude égale à 1265 m. En revanche, l'altitude la plus basse (857 m) est enregistrée par le site **Memlla**. De plus, le taux de calcaire (67.17%), ainsi que le pH (8.73) les plus élevées sont notées respectivement chez les deux localités **Cimetière Haider** et **El Hamalat**. Par contre, les plus petites valeurs (7.26% et 8.08) de ces deux dernières variables ont été constatées chez les deux sites **Beni Oussin** et **Ain Abassa**.



**Figure 27 :** biplot de l'ACP appliquée sur les paramètres éco-géographiques

Une classification hiérarchique a été effectuée en se basant sur les paramètres éco-géographiques prélevés à partir de chaque site de collecte. Les accessions appartenant au même site sont regroupées dans le même clade (cluster) puisque elles partagent les mêmes caractères éco-géographiques. Trente et un groupes homogènes ont été obtenus à une distance égale à zéro et un niveau de similarité de l'ordre de 100%, sachant que le nombre de clades dans la subdivision finale était basé sur le nombre de sites visités lors de notre étude (**figure 28**). La distance euclidienne la plus faible (14.86) et le niveau de similarité le

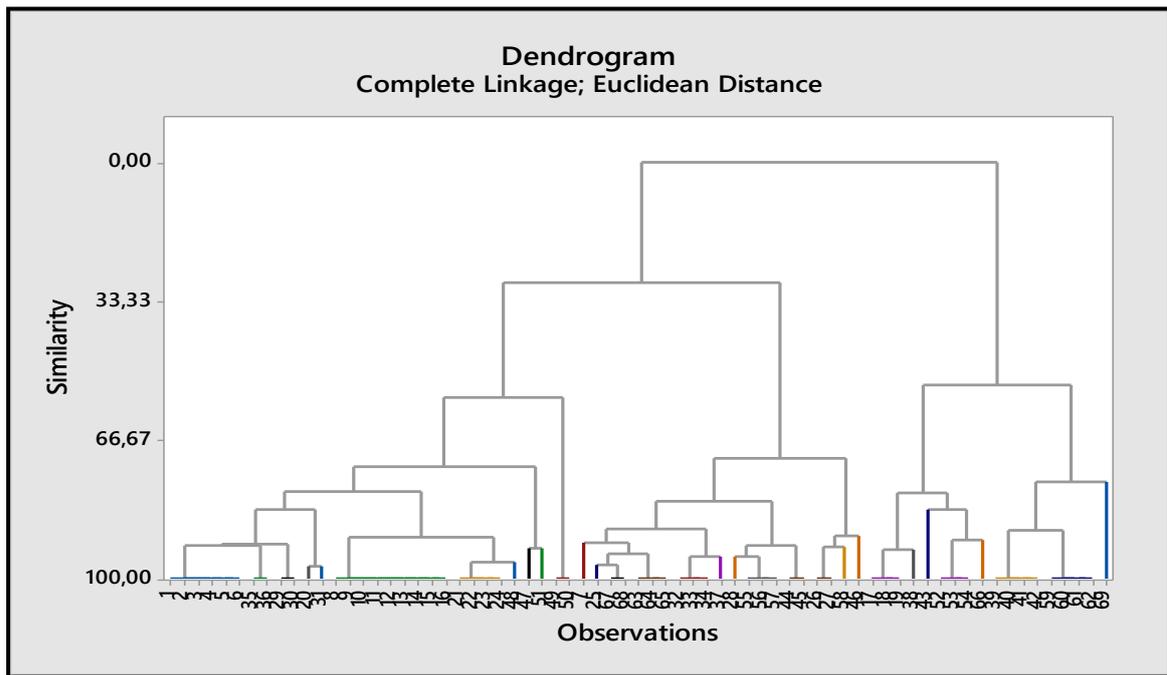
plus élevé (96.88) sont observés entre les individus 20 (**El Bouhaira**) et 31 (**Tiner**) (**tableau 9**). Ces deux accessions sont considérées comme les plus proches éco-géographiquement avec des profils hyper homogènes exposant des altitudes identiques (1012 m), des pH similaires (8.25, 8.26), des taux de calcaire et de carbone organique très proches (49.09, 48.02%) et (33.68, 29.34%). Egalement, plusieurs autres accessions ont exposé des profils similaires, entre autres, les groupes (25-67) (**Ouled Abbas-Tachouda**), (21-48) (**Mezloug-Rmada2**), (32-37) (**Ain Lahdjer-Tizi Nbachar**), (28-55) (**Ain Zada-Memlla**)... avec des niveaux de similarité élevé (96.55, 96.01, 94.74 et 94.57)... En contrepartie, la distance euclidienne la plus forte (476.19) et le niveau de similarité le plus faible (0) sont observés entre les individus 1 (**Cimetière El Khier**) et 17 (**Ouled Saber**). Ces deux taxa sont considérées comme les plus distants éco-géographiquement avec des profils ultra polymorphes ou le site (**Ouled Saber**) a présenté des taux de C% (13.04%), de N%(0.08%) et de conductivité (173uS) très faible par rapport au site (**Cimetière El Khier**) affichant des valeurs de 22.82%, 0.13% et 313uS respectivement. Une différence importante a été observée pour l'altitude des deux accessions avec 968 m pour l'individu 1(**Cimetière El Khier**) et 1120 m pour l'individu 17 (**Ouled Saber**). De plus, plusieurs autres populations spontanées ont affiché des profils diverses, notamment les groupes (1-7) (**Cimetière El Khier- Kasr El Abtal**) et (17-39) (**Ouled Saber- Takouka**) avec des niveaux de similarité relativement faibles (28.68 et 53.32) (**tableau 9**).

**Tableau 9** : Niveau de similarité et distance euclidienne des 69 accessions de Vesces basés sur le profilage éco-géographique

étape	Nombre de clusters	Niveau de similarité	Niveau de distance	Groupes réunis	Nouvel cluster	Nombre d'obs dans le cluster
1	68	100	0,000	67 68	67	2
2	67	100	0,000	64 65	64	2
3	66	100	0,000	63 64	63	3
4	65	100	0,000	61 62	61	2
5	64	100	0,000	60 61	60	3
6	63	100	0,000	59 60	59	4
7	62	100	0,000	56 57	56	2
8	61	100	0,000	55 56	55	3
9	60	100	0,000	53 54	53	2
10	59	100	0,000	52 53	52	3
11	58	100	0,000	49 50	49	2
12	57	100	0,000	44 45	44	2
13	56	100	0,000	41 42	41	2
14	55	100	0,000	40 41	40	3
15	54	100	0,000	39 40	39	4

16	53	100	0,000	35 36	35	2
17	52	100	0,000	33 34	33	2
18	51	100	0,000	32 33	32	3
19	50	100	0,000	29 30	29	2
20	49	100	0,000	26 27	26	2
21	48	100	0,000	23 24	23	2
22	47	100	0,000	22 23	22	3
23	46	100	0,000	21 22	21	4
24	45	100	0,000	18 19	18	2
25	44	100	0,000	17 18	17	3
26	43	100	0,000	15 16	15	2
27	42	100	0,000	14 15	14	3
28	41	100	0,000	13 14	13	4
29	40	100	0,000	12 13	12	5
30	39	100	0,000	11 12	11	6
31	38	100	0,000	10 11	10	7
32	37	100	0,000	9 10	9	8
33	36	100	0,000	8 9	8	9
34	35	100	0,000	5 6	5	2
35	34	100	0,000	4 5	4	3
36	33	100	0,000	3 4	3	4
37	32	100	0,000	2 3	2	5
38	31	100	0,000	1 2	1	6
39	30	96,880	14,856	20 31	20	2
40	29	96,554	16,411	25 67	25	3
41	28	96,019	18,956	21 48	21	5
42	27	94,738	25,058	32 37	32	4
43	26	94,571	25,851	28 55	28	4
44	25	94,170	27,764	25 63	25	6
45	24	93,078	32,962	17 38	17	4
46	23	92,620	35,145	47 51	47	2
47	22	92,357	36,395	26 58	26	3
48	21	92,179	37,241	1 35	1	8
49	20	92,003	38,081	28 44	28	6
50	19	91,572	40,135	1 29	1	10
51	18	91,279	41,527	7 25	7	7
52	17	90,771	43,945	52 66	52	4
53	16	90,128	47,009	8 21	8	14
54	15	89,603	49,510	26 46	26	4
55	14	88,308	55,677	39 59	39	8
56	13	87,929	57,479	7 32	7	11
57	12	83,476	78,684	43 52	43	5
58	11	83,296	79,543	1 20	1	12
59	10	81,488	88,152	7 28	7	17
60	9	79,409	98,050	17 43	17	9
61	8	79,199	99,051	1 8	1	26
62	7	76,823	110,365	39 69	39	9
63	6	73,070	128,240	1 47	1	28
64	5	71,001	138,093	7 26	7	21
65	4	56,442	207,418	1 49	1	30
66	3	53,323	222,273	17 39	17	18

67	2	28,684	339,598	1 7	1	51
68	1	0,000	476,191	1 17	1	69



**Figure 28** : dendrogramme de la classification hiérarchique basée sur les paramètres éco-géographiques

La présente étude est parmi les premières initiatives en Algérie utilisant les caractères du sol pour évaluer leurs influences sur le polymorphisme des différentes espèces du genre *Vicia* L. En effet, plusieurs auteurs recommandent la nécessité d'élaborer des cartes de répartition des espèces de *Vicia* dont le groupe *V. sativa* L. afin de déterminer leurs préférences éco-géographiques qui devraient être appliquées pour conserver le germoplasme et faciliter les futures missions de collecte pour toutes les espèces de ce groupe. L'écologie des espèces de *Vicia* varie considérablement, mais elles ne tolèrent pas les conditions environnementales extrêmes (Hanelt, 1989). Compte tenu des sites visités dans ce travail, les accessions de Vesces étudiées se répartissent entre 761 et 1327m. Ceci est cohérent avec les conclusions de Bechkri et Khelifi (2016) et Maxted (1995) qui ont rapporté que *V. sativa* L. existe à un intervalle altitudinal de (1 à 880) et (1 à 2900) respectivement. Egalement, Issolah *et al.* (2022) a trouvé que les populations de Vesces algériennes se rencontrent sur des sites d'altitudes variables, allant de 25m à 1310 m, des précipitations variant entre 500 et 1100 mm et des sols basique ou à faible pH acide. Ceci est en ligne avec nos résultats notamment pour l'acidité et l'alcalinité des sols dans lesquels les espèces de Vesces peuvent vivre sans problème. Cela est confirmé dans notre cas, où le pH des sols visités est distribué entre 8.08 et 8.73. Notre région étudiée est caractérisée par un climat continental à tendance

semi-aride avec un hiver froid et un été chaud. La pluviométrie moyenne varie de 200 à 500 mm du sud au nord. Elle est très irrégulière avec une concentration en hiver et au printemps. La saison sèche s'étend généralement de mai à septembre. Zoghلامي et Hassen (2004) a mentionné que *V. monantha* L. existe dans les zones arides et semi-arides. Ceci correspond avec nos résultats, ou la majorité des accessions étudiées lors de notre expérimentation appartiennent à cette espèce. Nos résultats montrent que presque tous les sols des sites étudiés présentent des niveaux élevés de calcaire, à l'exception de 5 localités du nord de la province avec des niveaux relativement faibles (Benifouda, Beni Oussine, Tizi Nbachar, Thniat el Tin et Ain Abassa). Ces résultats confirment ceux de Lahmar (1993) qui a constaté que les sols de la région de Sétif sont largement carbonatés. L'analyse en composante principale a montré que le paramètre qui participe le plus à séparer les sites est la teneur en Carbone et en Matière Organique. Tandis que la teneur en Azote est jugée comme la variable présentant la plus petite variation entre les localités. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Issolah *et al.* (2022) citant que la variation entre les différents sites semble être plus accentué, respectivement, dans le cas de Carbone, Matière Organique, pH, Calcaire, Potassium et enfin du Phosphore. Relativement moins de variation a été trouvée dans le cas de l'Azote. Globalement, ces résultats indiquent la grande capacité d'adaptation des Vesces, notamment du point de vue des paramètres chimiques des sols.

### 3.1.3 Conclusion

La caractérisation morphologique et éco-géographique de 69 accessions appartenant au genre *Vicia* L. et collectées à travers différentes localités de la province de Sétif montre une grande variabilité génétique inter et intra spécifique de ce matériel génétique soulignant l'importance des écotypes locaux et la nécessité d'établir des programmes de conservation pour ce patrimoine génétique en se référant aux préférences d'habitat de chaque accession et à leurs répartitions géographiques qui ont été mises en évidence dans ce travail. On sait que le changement climatique affecte considérablement la région, en particulier la région centrale et méridionale où la sécheresse devient un problème chronique. Ces ressources génétiques présentent une importante source de variabilité pour les sélectionneurs et peuvent être utilisées comme matière première dans les programmes de sélection et de création de variétés résistantes à la sécheresse et au froid compte tenu des conditions climatiques difficiles de la province surtout pendant la période de floraison qui coïncide souvent avec les gelées tardives et lors du remplissage du grain, souvent exposé à la sécheresse. L'ampleur de la variabilité des stades phénologiques des accessions étudiées peut aider les

sélectionneurs à trouver des compromis. Une caractérisation plus poussée de ces accessions est recommandée en utilisant à la fois des techniques biochimiques et moléculaires pour mieux les valoriser et faciliter leur utilisation par les sélectionneurs.

### **3.2 ESSAI 2 : Caractérisation agro-morphologique et étude de la qualité fourragère de 8 taxa spontanées du genre *Vicia* L. collectées à travers plusieurs sites de la province de Sétif et ses régions limitrophes.**

L'analyse de variance basée sur le test post hoc (LSD) au seuil 5% affiche un effet significatif du facteur « accession » pour la quasi-totalité des attributs utilisés dans notre étude (**tableau 10**). Seule la variable longueur racinaire a affiché un effet non significatif. Les variables chimiques liées à la valeur nutritionnelle à savoir (MO%, N%, MAT%, MMT%, CB%) se sont montrées les plus discriminantes avec un rapport de variance très élevé et un coefficient de détermination proche de 100%. Suivi des six stades phéonologiques notées durant notre étude (DF, PF, DFG, PFG, DFGR, MT). De plus parmi les variables qui ont participé le plus à différencier les accessions on distingue cinq variables agronomiques (LEN/PED, PCG, LAR/G, EP/G et IND/VER) et quatre morphologiques (LP, NPF, ET, LF). Les chercheurs intéressés par le genre *Vicia* peuvent les utiliser comme des variables clés pour estimer l'amplitude du polymorphisme intra et interspécifique, tout en mettant l'accent sur leur relation directe et indirecte avec le rendement.

#### **3.2.1 Paramètres agronomiques et morphologiques quantitatifs**

Notre étude montre que le rendement en fourrage varie entre **0.66 et 3.10g/plants** avec des différences significatives entre les accessions. La meilleure production moyenne en biomasse aérienne (matière sèche/plant) est attribuée à l'espèce *V. narbonensis* L. et *V. sativa* spp. *obovata* et plus particulièrement aux accessions **27, 12, 28 et 13** avec des rendements biologiques de l'ordre de **3.10, 2.93, 2.86 et 2.46 g/plant**. D'autre part, le rendement en grain varie entre **0.40 et 5.83g/plant**. Les accessions appartenant à l'espèce *V. monantha* L. (**21, 22, 23,24 et 25**) se sont montrées les plus performantes en ce qui concerne celui-ci (**5.83, 5.43, 2.30, 3.80 et 3.40 g**). Cela peut être expliqué par leur nombre de gousses/plant élevé. Ceci est cohérent avec les principales constatations de Ramos-Font *et al.* (2019) à propos de cette culture cultivée dans le sud de l'Espagne, ce qui met en avance notre étude qui ressort l'importance de cette espèce prometteuse presque inconnue et marginalisée ou personne n'a jamais travaillé dessus en Algérie.

La variation des valeurs observée au sein de ce germoplasme présente au sélectionneur un réservoir de matière première, leur permettant ainsi de choisir judicieusement l'accession convenable en fonction de la région et du type d'élevage adopté tenant compte bien évidemment de ses caractères éco-géographiques.

**Tableau 10** : Analyse de variance effectuée sur les 28 accessions étudiées

Source de variation	Total	Accessions	Résiduel	Moyenne	Ecart-type	Coeff. de détermination	De
DDL	83	27	56				
NR	772,7024	610,0357*	162,6667	7,9405	3,0512	78.95%	
LP	1351,6280	1243,7882*	107,8397	6,9993	4,0354	92.02%	
NPF/F	202,1756	181,6756*	20,5000	4,0298	1,5607	89.86%	
ET	33,9733	27,7031*	6,2701	1,4421	0,6398	81.54%	
LF	16516,1711	13366,8837*	3149,2874	30,3538	14,1064	80.93%	
NF/P	6776,9881	5004,3214*	1772,6667	14,8452	9,0361	73.84%	
LON/F	769,7344	537,4458*	232,2887	17,0640	3,0453	69.82%	
LON/PED	8980,3475	8669,0208*	311,3267	6,0418	10,4018	96.53%	
NG/P	2815,2381	1822,5714*	992,6667	8,9048	5,8240	64.74%	
HC	3737,4844	2571,6927*	1165,7917	17,9375	6,7104	68.81%	
LT	10868,6756	8054,1756*	2814,5000	38,8631	11,4432	74.10%	
IND/VER	5,2712	4,4140*	0,8572	0,5043	0,2520	83.74%	
PCG	2894,8399	2734,6627*	160,1773	7,3710	5,9057	94.47%	
BIO TOT	1692,2997	998,9443*	693,3554	7,1073	4,5154	59.03%	
RDT	260,1539	168,6762*	91,4777	1,9731	1,7704	64.84%	
LON/G	4754,6390	3722,6790*	1031,9600	37,0418	7,5687	78.30%	
LAR/G	357,4886	335,2974*	22,1912	7,1175	2,0754	93.79%	
EP/G	194,3134	168,0668*	26,2466	5,0801	1,5301	86.49%	
NG/G	176,9881	130,3214*	46,6667	4,5119	1,4603	73.63%	
DF	11114,0357	10013,3690*	1100,6667	111,8929	11,5717	90.10%	
PF	10806,3214	9908,9881*	897,3333	118,1786	11,4104	91.70%	
DFG	10806,3214	9908,9881*	897,3333	119,1786	11,4104	91.70%	
PFG	11917,8095	10749,1429*	1168,6667	130,3810	11,9828	90.19%	
DFGR	11811,2857	10687,9524*	1123,3333	131,3571	11,9292	90.49%	
MT	11293,7500	10713,7500*	580,0000	148,2500	11,6649	94.86%	
HAU/AER	9768,0357	6962,0357*	2806,0000	35,3929	10,8484	71.27%	
LON/RAC	5282,3214	2139,6548ns	3142,6667	38,3214	7,9776	40.51%	
PF/A	2352,3895	1732,2829*	620,1067	6,4810	5,2919	73.64%	
PS/A	56,7556	37,0556*	19,7000	1,7631	0,8220	65.29%	
MS/A	37689,3018	24479,1301*	13210,1716	39,8335	21,1821	64.95%	
NFE/P	89973,8095	58531,1429*	31442,6667	54,3810	32,9245	65.05%	
PF/R	3715,5124	2875,9524*	839,5600	8,3095	6,6507	77.40%	

PS/R	26,9691	20,7253*	6,2437	0,9912	0,5666	76.85%
MS/R	2029,3583	966,6032*	1062,7551	14,5186	4,9152	47.63%
MO% (P)	1502,7094	1274,0961*	228,6133	88.3411	4,2296	84.79%
MMT% (P)	1502,7094	1274,0961*	228,6133	11,6589	4,2296	84.79%
N% (P)	30,0177	29,9229*	0,0948	2,6557	0,5978	99.68%
MAT%(P)	1172,5647	1168,8616*	3,7031	16,5982	3,7362	99.68%
FB %(P)	3470,3128	3470,3111*	0,0017	31,7589	6,4275	100%
MO% (G)	109,8487	109,8471*	0,0016	97,7479	1,1436	100%
MMT%(G)	109,8487	109,8471*	0,0016	2,2521	1,1436	100%
N% (G)	43,6954	43,6850*	0,0104	4,0479	0,7212	99.98%
MAT%(G)	1706,8521	1706,4459*	0,4062	25,2991	4,5077	99.98%
FB %(G)	319,4105	319,4090*	0,0015	9,1436	1,9500	100%

**DDL**=degrés de liberté. **NR**=nombre de ramifications. **LP**=longueur du pétiole. **NPF/F**=nombre de paires de folioles/feuille. **ET**=épaisseur de la tige. **LF**=longueur de la feuille. **NF/P**=nombre de fleurs/plant. **LON/F**=longueur de la fleur. **LON/PED**=longueur du pédoncule. **NG/P**=nombre de gousses/plant. **HC**=hauteur de culture. **LT**=longueur de la tige. **IND/VER(HC/LT)**=indice de verse. **PCG**=poids de cent grains. **BIO TOT**=biomasse totale aérienne. **RDT**=rendement en grain/plant. **LON/G**=longueur de la gousse. **LAR/G**=largeur de la gousse. **EP/G**=épaisseur de la gousse. **NG/G**=nombre de grains/gousse. **DF**=début de floraison. **PF**=pleine floraison. **DFG**=début formation de gousses. **PFG**=pleine formation de gousses. **DFGR**=début formation de grains. **MT**=maturité complète. **HAU/AER**=hauteur aérienne au stade pleine floraison. **LON/RAC**=longueur racinaire au stade pleine floraison. **PF/A**=poids frais aérien au stade pleine floraison. **PS/A**=poids sec aérien au stade pleine floraison. **MS/A**=teneur en matière sèche aérienne. **NFE/P**=nombre de feuilles/plant. **PF/R**=poids frais racinaire au stade pleine floraison. **PS/R**=poids sec racinaire au stade pleine floraison. **MS/R**=teneur en matière sèche racinaire. **MO% (P)**=teneur en matière organique au niveau de la plante. **MMT% (P)**=teneur en matières minérales totales au niveau de la plante. **N% (P)**=teneur en azote au niveau de la plante. **MAT%(P)**=teneur en matières azotées totales au niveau de la plante. **FB %(P)**=teneur en fibres brutes au niveau de la plante. **MO% (G)**=teneur en matière organique au niveau du grain. **MMT%(G)**=teneur en matières minérales totales au niveau du grain. **N% (G)**=teneur en azote au niveau du grain. **MAT%(G)**=teneur en matières azotées totales au niveau du grain. **FB %(G)**=teneur en fibres brutes au niveau du grain. \*=effet significatif au seuil 5%. ns= effet non significatif au seuil 5%.

Le rendement en grain des accessions appartenant à l'espèce *V. monantha L.* a affiché une forte corrélation négative avec le stade début formation de grain ( $r=-0.8844$ ). De plus, les mêmes résultats ont été observés chez les accessions de l'espèce de *V. peregrina L.* avec la date de la maturité ( $r=-0.9392$ ) (**Figure 28**). En dépit de la sensibilité du rendement en grain des deux espèces face à la tardivité, *V. monantha L.* a présenté des valeurs nettement plus élevées que celles de *V. peregrina L.* D'une manière relative à ces résultats, on peut en déduire que le facteur qui a fait la différence entre les deux espèces était leur intervalle de précocité qui avoisine les 15 jours. Tan *et al.* (2012) a signalé que les écotypes favorables du pois fourrager concernant le rendement en grain atteignent la maturité plus tôt. Nos résultats montrent la même chose pour les deux espèces *V. monantha L.* et *V. peregrina L.*

Le rendement en fourrage des accessions affiliées à l'espèce *V. sativa spp obovata* a montré une forte corrélation négative ( $r=-0.9736$ ) avec le stade de pleine floraison. Ces résultats étaient complètement opposés à ce que nous avons observé chez l'espèce *V. narbonensis L* (**figure 29**). En explorant les deux meilleures productions des deux espèces, il s'est avéré que ces dernières ont fait un cycle moyen de 90 jours. Cela nous amène à supposer qu'à la fois la précocité comme la tardivité affecte négativement la production en fourrage chez les deux espèces. Par ailleurs, une corrélation significative positive entre l'épaisseur de la tige et le rendement en fourrage ( $r=0.4085$ ) a été observé (**figure 30**), cela explique clairement la production élevée en fourrage des deux espèces *V.narbonensis L.* et *V. sativa spp.obovata* qui ont obtenu les scores d'épaisseur les plus élevés.

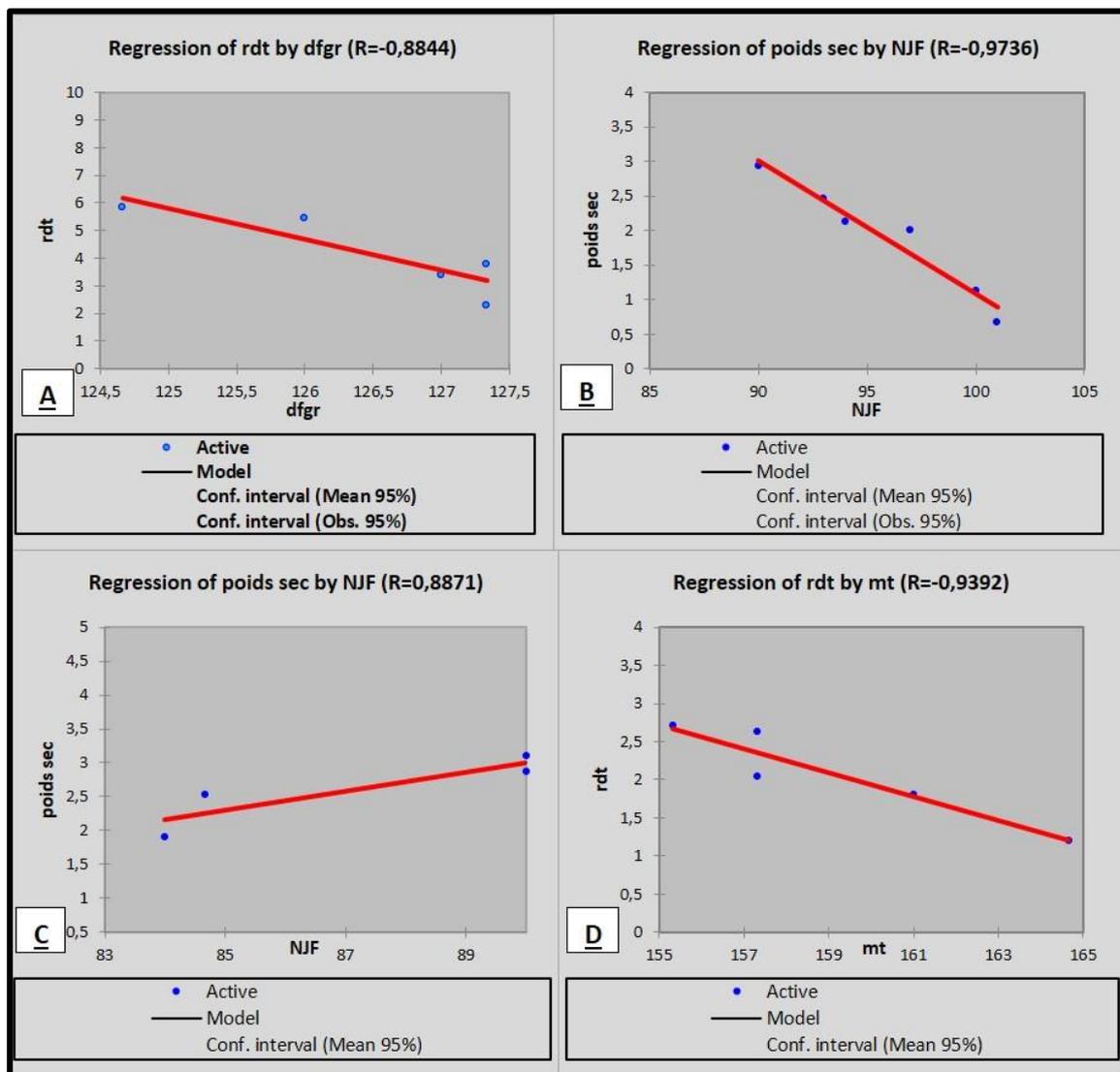
Les accessions les plus naines (**3, 6, 7, 28**) avec une longueur de tige inférieure à **30 cm** présentaient les plus grandes valeurs pour l'épaisseur de la tige et l'indice de verse. En contrepartie, on peut observer que les plus petites valeurs de ces variables sont affiliées aux accessions (**12, 21,22**). Ceux-ci ont exhibé une longueur de tige supérieure à **50 cm**. Le nombre de gousses par plant ( $r=0.6061$ ) et la longueur de la tige ( $r=0.5839$ ) ont affiché une forte corrélation positive avec le rendement en grain. Par ailleurs, la hauteur aérienne ( $r=0.5793$ ) a exposé une forte corrélation significative positive avec le rendement en fourrage (**figure 30**). Mebarkia *et al.* (2020) souligne que les variétés naines de Vesces ont tendance à produire plus de grain que les plus hautes. Nos résultats ont montré complètement le contraire et révèlent que les accessions hautes sont les plus productives aussi bien en fourrage qu'en grain.

L'indice de verse a montré une corrélation positive ( $r=0.4111$ ) avec l'épaisseur de la tige et une corrélation négative ( $r=-0.3053$ ) avec le rendement en grain et ( $r=-0.2164$ ) le nombre de gousse par plante (**Figure 30**). Ces résultats relatifs plus particulièrement au

phénomène de verse qui affecte drastiquement les Vesces, apportent des informations très précieuses notamment aux sélectionneurs et éleveurs qui souhaitent les cultiver en pure et à des fins de production de semence. Tan *et al.* (2012) a trouvé que la verse est un problème sérieux chez le pois et sa sévérité augmente après la floraison. Ces résultats sont en accord avec nos explorations et montre que la verse affecte négativement le rendement et sa sévérité augmente chez les accessions qui présentent un nombre de gousse élevé et une faible épaisseur de tige. Ceci est cohérent avec les recherches de Cakmakci et Acikgoz (1994) et Dong *et al.* (2019) sur l'espèce *V. sativa* L., indiquant que ces traits doivent être pris en considération lors des programmes de création variétale à haut rendement en grain.

Les accessions (11, 20, 21, 22, 24, 25 et 26) ont présenté des valeurs supérieures à la moyenne générale pour le rendement en grain comme pour le fourrage, on peut les qualifier comme des accessions **à double exploitation (Figure 31)**. D'autre part, les taxa (5, 12, 13, 14, 15, 27 et 28) ont affiché des valeurs supérieures à la moyenne pour le rendement en fourrage et des valeurs inférieures pour le rendement en grain. Ces accessions seraient convenables **à la fauche** en raison de leur production élevée en biomasse aérienne. En revanche, les individus (9, 18, 19 et 23) ont exhibé des valeurs supérieures à la moyenne pour le rendement en grain et des valeurs inférieures pour le rendement en fourrage. Ces derniers pourraient être destinés vers l'alimentation du bétail **sous forme de grain**. Dans le cadre de la résorption de la jachère et l'adoption d'une agriculture durable et conservatrice basée sur un couvert végétal permanent, les performances agronomiques des accessions étudiées tant pour le grain que pour le fourrage permettent au sélectionneur de choisir celles qui conviennent au système de production agricole de la région semi-aride de Sétif (Mebarkia *et al.*, 2020).

Dans la présente étude, les caractères agro-morphologiques quantitatifs tels que le poids de cent grains, la longueur et la largeur de la gousse, le nombre de paires de folioles par feuille et la longueur de pédoncule ont révélé un polymorphisme élevé entre les populations de Vesces étudiées. Rebaa *et al.* (2017) a trouvé la même chose lors de son étude sur les populations tunisiennes locales de fèves.



**Figure 29 : A/** relation entre le rendement en grain et le stade de remplissage chez l'espèce *V. monantha L.*

**B/** relation entre le rendement en fourrage et le nombre de jours à la fauche chez l'espèce *V. sativa spp. Obovata*

**C/** relation entre le rendement en fourrage et le nombre de jours à la fauche chez l'espèce *V. narbonensis L.*

**D/** relation entre le rendement en grain et le stade de maturité chez l'espèce *V. peregrina L*

Variables	ET	ng/p	LT	index/lod	Rdt	ng/g	df	pf	dfg	pfg	dfgr	mt	hau/aer	long rac	MS/A
ET	1	-0,4377	-0,2497	0,4111	-0,0295	-0,2279	-0,4229	-0,3988	-0,3988	-0,3907	-0,3924	-0,3241	0,0570	0,2920	0,4085
ng/p	-0,4377	1	0,4667	-0,4561	0,6061	0,1390	0,2662	0,2425	0,2425	0,3284	0,3263	0,3293	0,2348	-0,0662	-0,1236
LT	-0,2497	0,4667	1	-0,5825	0,5839	0,0432	0,0188	-0,0295	-0,0295	0,0084	0,0091	0,0992	0,3977	0,0838	0,1785
index/lod	0,4111	-0,4561	-0,5825	1	-0,3053	-0,2161	-0,0589	-0,0546	-0,0546	-0,0744	-0,0764	-0,1595	-0,2991	0,0484	0,1128
rdt	-0,0295	0,6061	0,5839	-0,3053	1	0,0985	-0,1444	-0,1744	-0,1744	-0,0576	-0,0567	0,0733	0,2786	0,3532	0,2522
ng/g	-0,2279	0,1390	0,0432	-0,2161	0,0985	1	0,2079	0,2273	0,2273	0,1065	0,1063	0,0942	-0,1444	-0,0888	-0,2885
df	-0,4229	0,2662	0,0188	-0,0589	-0,1444	0,2079	1	0,9746	0,9746	0,9242	0,9238	0,8175	-0,1749	-0,3805	-0,3431
pf	-0,3988	0,2425	-0,0295	-0,0546	-0,1744	0,2273	0,9746	1	1,0000	0,9194	0,9183	0,8043	-0,2177	-0,3630	-0,3670
dfg	-0,3988	0,2425	-0,0295	-0,0546	-0,1744	0,2273	0,9746	1,0000	1	0,9194	0,9183	0,8043	-0,2177	-0,3630	-0,3670
pfg	-0,3907	0,3284	0,0084	-0,0744	-0,0576	0,1065	0,9242	0,9194	0,9194	1	0,9998	0,8764	-0,1892	-0,3834	-0,2904
dfgr	-0,3924	0,3263	0,0091	-0,0764	-0,0567	0,1063	0,9238	0,9183	0,9183	0,9998	1	0,8776	-0,1868	-0,3833	-0,2888
mt	-0,3241	0,3293	0,0992	-0,1595	0,0733	0,0942	0,8175	0,8043	0,8043	0,8764	0,8776	1	-0,0312	-0,2681	-0,1336
hau/aer	0,0570	0,2348	0,3977	-0,2991	0,2786	-0,1444	-0,1749	-0,2177	-0,2177	-0,1892	-0,1868	-0,0312	1	0,1711	0,5793
long rac	0,2920	-0,0662	0,0838	0,0484	0,3532	-0,0888	-0,3805	-0,3630	-0,3630	-0,3834	-0,3833	-0,2681	0,1711	1	0,4250
MS/A	0,4085	-0,1236	0,1785	0,1128	0,2522	-0,2885	-0,3431	-0,3670	-0,3670	-0,2904	-0,2888	-0,1336	0,5793	0,4250	1

**Figure 30** : corrélation entre les variables à intérêt agronomique

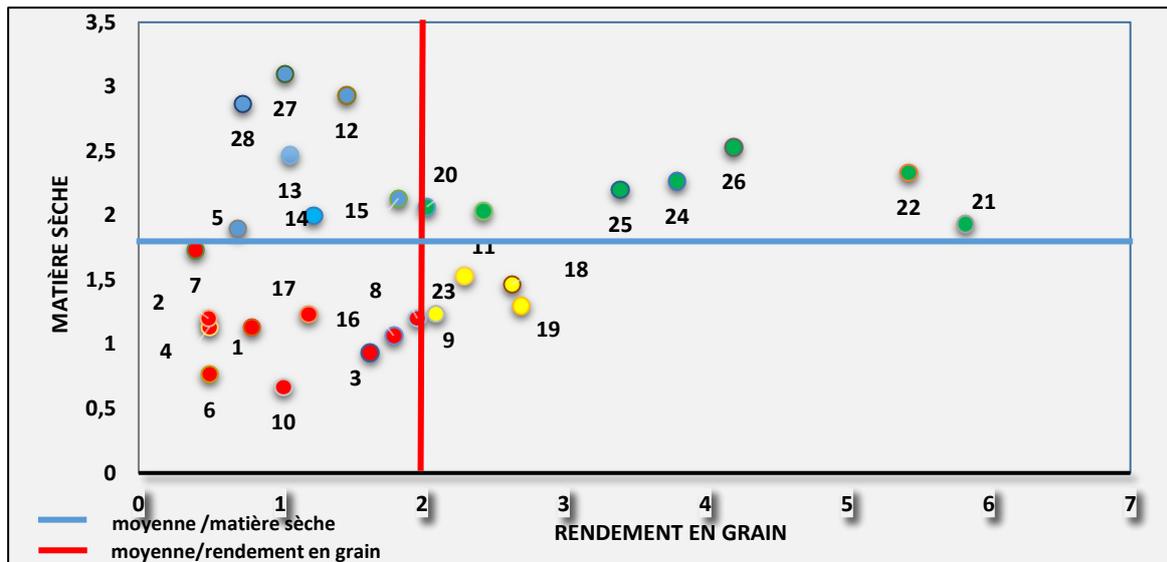
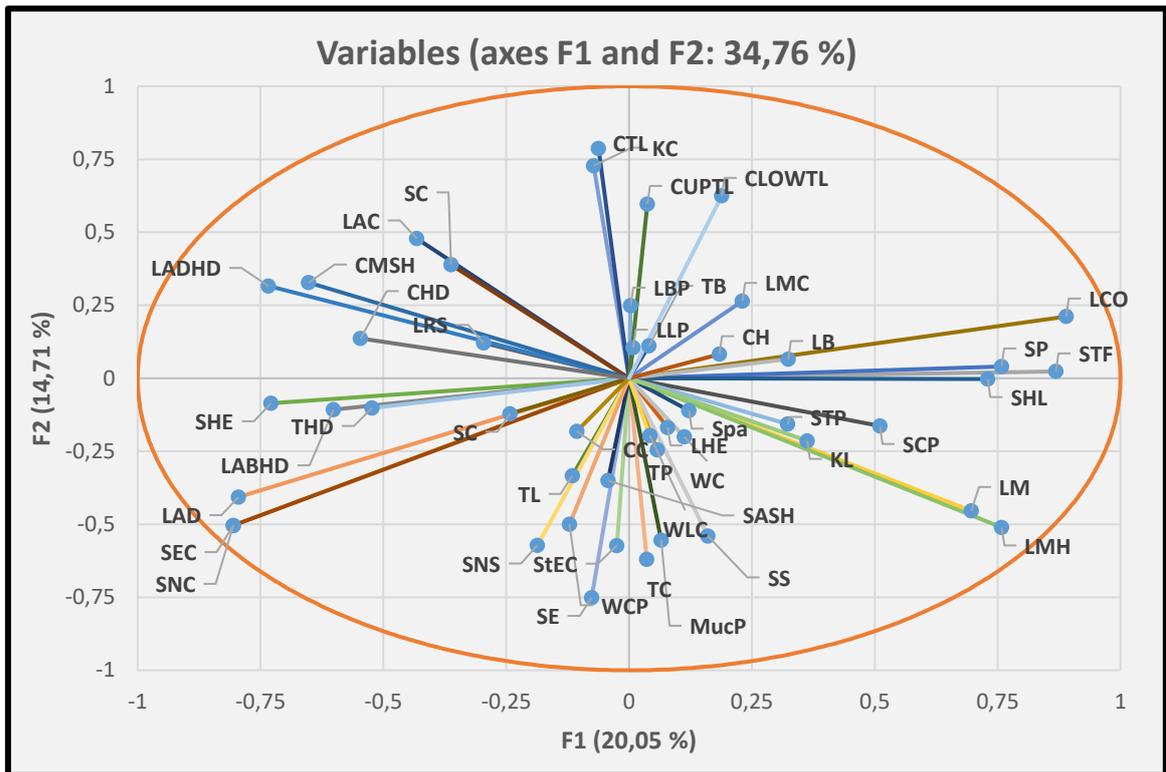


Figure 31 : diagramme de rendement en grain et en fourrage des 28 accessions étudiées.

### 3.2.2 Caractères morphologiques

L'analyse en composante principale montre que 13 axes ont une valeur propre supérieure à 1 et détiennent plus de 88% de l'information. En l'occurrence seulement les 2 premiers axes ont été maintenus dans le but de construire un plan 2D avec un emprisonnement d'inertie qui avoisine les 35 %, axe 1 (20.05%) et axe 2 (14.70%) (Figure 32). Parmi les variables les plus explicatives ayant une corrélation positive avec le premier facteur on peut distinguer : LCO (**consistance des folioles**), STF (**forme de la tige**) avec des valeurs extrêmement élevées ( $r=0.8896$ ) et ( $r=0.8686$ ) suivi par LMH (**pubescence de la marge de la feuille**), SP (**pubescence de la tige**) et SHL (**longueur des poils de la tige**), présentant une très bonne corrélation et avec respectivement ( $r=0.7583$ ,  $0.7582$  et  $0,73$ ). En revanche, entre les attributs les plus parlants possédant une corrélation négative on peut différencier SEC (**couleur du bord de la tige**) et SNC (**couleur des nœuds de la tige**) avec une valeur très élevée ( $r=-0.8053$ ), accompagnés par LAD (**apex denté des folioles**) et LADHD (**la densité des poils sur la face supérieure de la feuille**), exposant une excellente corrélation avec respectivement ( $r=-0.7948$  et  $r=-0.7337$ ). Quatre variables principales ont participé à construire le deuxième facteur, deux parmi eux ont dégagé une relation positive à savoir : CTL (**longueur des dents de calice**) ( $r=0.7870$ ) et KC (**couleur du carène**) ( $r=0.7282$ ). Cependant que, le reste des attributs SE (**bord de stipule**) ( $r=-0.7518$ ) et TC (**couleur de vrille**) ( $r=-0.6201$ ) ont généré une liaison négative.

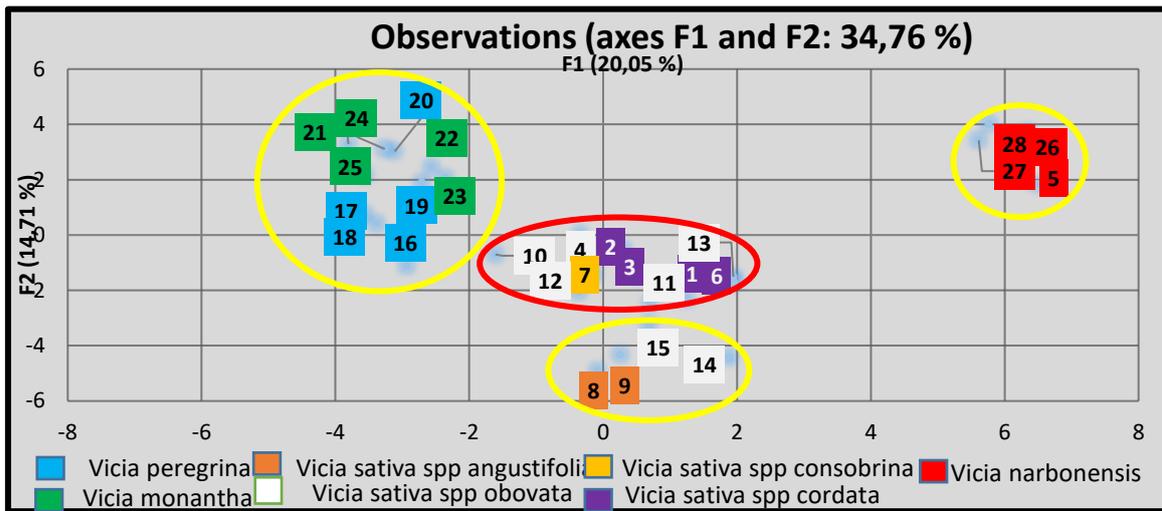


**Figure 32** : Cercle des variables de l'analyse en composante principale.

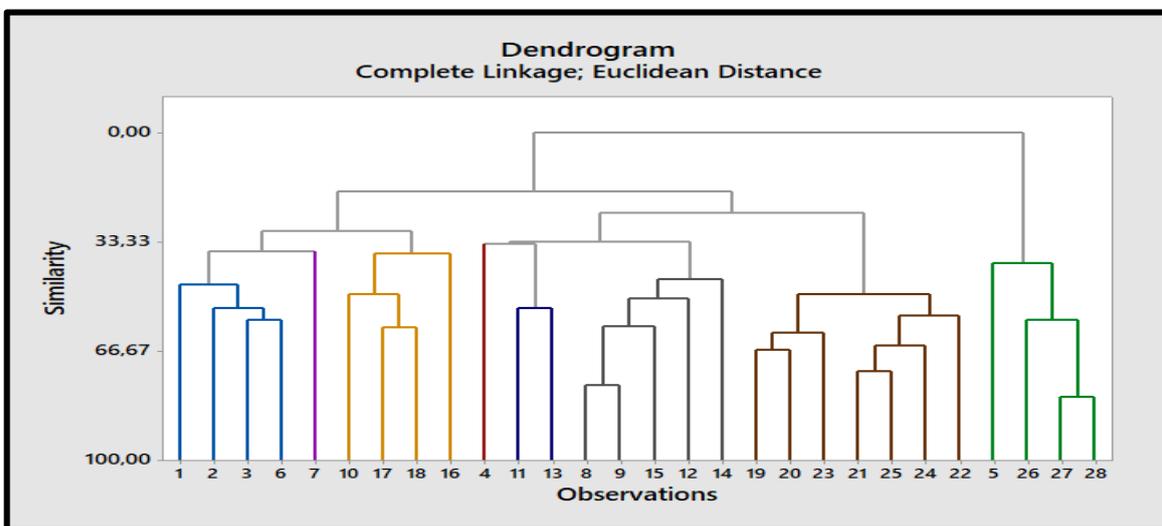
A la même manière des caractères quantitatifs, plusieurs attributs qualitatifs comme la **consistance des feuilles, la forme et la couleur des tiges, la pilosité des folioles, la forme des stipules et la couleur des vrilles** ont présenté une grande diversité inter et interspécifique. A l'instar de leur utilisation efficace comme des clés d'identification, ces caractères seraient très utiles pour les études de la diversité génétique estimée par des marqueurs morphologiques. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Han *et al.* (2021) indiquant que ces traits étaient utiles pour la discrimination au niveau de l'espèce

Les points 5, 26, 27, 28 (*V.narbonensis* L.) ont affiché des profils hyper homogènes avec une distance très étroite illustrant leur grande similarité (**figure 32**). Ces derniers sont caractérisés par des **folioles charnues** avec des **marges poilues** et des **tiges rigides habillées par une dense pubescence**. En contrepartie, les points 21, 22, 23, 24, 25 (*V.monantha* L.) sont marqués par des **nœuds et des bords de tiges pourpres** portant des **folioles avec des faces supérieures poilues** et des **apex dentés**. Ceux-ci ont présenté des profils similaires avec les accessions (16, 17, 18, 19, 20) de *V.peregrina* L. et des profils ultra hétérogènes avec ceux de *V. narbonensis* L. ce qui met en évidence leur vaste étendue dans le graphe (**figure 32**). De plus, les accessions 8 et 9 (*V. sativa* ssp. *angustifolia*), 14 et 15 (*V. sativa* ssp. *obovata*) ont exhibé des profils particuliers définis par des **bords de stipules segmentés**

en 2 à 3 parties et des **vrilles de couleur doré**. Les points proches du centre qui tendent vers le zéro sont mal représentés par le plan factoriel et leur interprétation ne peut pas être effectuée avec confiance. L'amplitude du polymorphisme phénotypique des accessions utilisées dans notre étude reflètent l'importance colossale de la préservation et la conservation de ce germoplasme. Ces ressources phytogénétiques constituent la matière première des sélectionneurs et le réservoir de demain pour faire face à des enjeux aussi bien agronomiques qu'écologiques.



**Figure 33 :** Cercle des individus de l'analyse en composante principale



**Figure 34 :** classification hiérarchique des accessions étudiées basée sur le cumul des traits quantitatifs et qualitatifs

Huit grands groupes ont été obtenus à partir de la classification hiérarchique des accessions à une distance de 11.71 (**figure 34**), sachant que le nombre de clades dans la subdivision finale était basé sur le nombre de taxa (espèces et sous-espèces) identifiés lors

de notre étude à l'aide de la clé de Quezel et Santa (1962). La distance moyenne entre les observations et le point central du groupe est l'une des mesures importantes de la variabilité intra-groupe. En général, les groupes pour lesquels les valeurs sont élevées présentent une variabilité plus importante. En l'occurrence, la distance moyenne du point central (6.23) la plus élevée est attribuée au groupe 6 (**tableau 11**), ce qui reflète la grande variabilité au sein de ce groupe, tandis que le groupe 7 a présenté la valeur la plus faible (4.52), cela veut dire qu'il est plus compact. De plus, une grande variabilité inter groupe a été observée.

Habituellement, plus la distance est grande, plus la différence entre les groupes est importante. Dans notre cas, les groupes (3-6) et (3-4) se sont avérés les plus distants avec des valeurs égales à (15.42) et (15.04). En revanche, les groupes (6-8) se sont montrés les plus proches avec une distance de (7.83) (**tableau 12**).

Certaines accessions appartenant à la même sous-espèce (*V. sativa* spp. *obovata*) présentaient des profils homologues démontrés par le dendrogramme qui les place dans le même clade. D'autres affichaient des profils ultra-polymorphes ou ils sont placés dans différents clades dans le dendrogramme, ce qui met en lumière les débats taxonomiques concernant le groupe *Vicia sativa* L. (Bechkri, 2016). L'espèce *V. narbonensis* L. a formé un groupe à part avec des caractéristiques particulières et des distances élevées avec les autres espèces. En revanche, les deux espèces *V. monantha* L. et *V. peregrina* L. se sont montrées très proches avec des distances très faibles. Ces accessions génétiquement diverses peuvent être utilisées comme parents prometteurs pour l'hybridation (Singh *et al.*, 2021) pour développer des hybrides supérieurs avec combinaisons souhaitables de traits (Janghel *et al.*, 2021).

**Tableau 11** : variabilité intra-groupe des accessions de Vesces étudiées

Nombre de groupes	Nombre d'observations	Somme des carrés à l'intérieur du groupe	Distance Moyenne du point central	Distance maximale du point central
Groupe 1	4	128.116	5.64009	6.35866
Groupe 2	1	0	0	0
Groupe 3	4	130.295	5.51011	7.70692
Groupe 4	1	0	0	0
Groupe 5	5	150.033	5.36218	6.58983
Groupe 6	4	158.946	6.23196	7.59419
Groupe 7	2	40.883	4.52120	4.52120
Groupe 8	7	187.739	5.15420	6.01377

**Tableau 11** : variabilité intergroupes des accessions de Vesces étudiées.

	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4	Cluster5	Cluster6	Cluster7	Cluster8
Cluster1	0,0000	11,5507	14,0267	10,3667	8,2639	8,1741	11,1746	10,2476
Cluster2	11,5507	0,0000	14,0468	12,9378	10,8725	12,5339	11,5819	11,5125
Cluster3	14,0267	14,0468	0,0000	15,0438	12,7666	15,4239	12,3400	13,6952
Cluster4	10,3667	12,9378	15,0438	0,0000	10,7878	10,7222	12,3128	12,2111
Cluster5	8,2639	10,8725	12,7666	10,7878	0,0000	8,4343	8,2892	8,7973
Cluster6	8,1741	12,5339	15,4239	10,7222	8,4343	0,0000	11,1650	7,8325
Cluster7	11,1746	11,5819	12,3400	12,3128	8,2892	11,1650	0,0000	10,2897
Cluster8	10,2476	11,5125	13,6952	12,2111	8,7973	7,8325	10,2897	0,0000

Le profilage morphologique des accessions étudiées par le biais des caractères à états multiples (ACP) et la classification hiérarchique (Cluster Analysis) basée sur le cumul des caractères quantitatifs et qualitatifs ont affiché une grande variabilité à la fois intra et interspécifique. Cela indique l'importance et l'urgence d'élaborer des programmes de collection afin de valoriser et de conserver ces ressources phylogénétiques qui constituent un vivier dans lequel on peut puiser pour créer de nouvelles variétés.

En Algérie la diversification des agroécosystèmes a conduit au développement de génotypes spécifiques adaptés au climat et aux conditions édaphiques locales, tout en maintenant une grande diversité génétique (Sadiki *et al.*, 1995 ; Malek *et al.*, 2021). Compte tenu des sites visités dans ce travail, les accessions de Vesces étudiées sont réparties entre 46 et 1327m d'altitude. Ces données concourent vers les résultats de Maxted (1993) qui a rapporté que *V. sativa L.* existe à un intervalle altitudinal de 1 à 2900m. De même, Les résultats de la prospection d'Issolah *et al.* (2022) ont également indiqué que les populations de Vesces algériennes se rencontrent sur des sites d'altitudes variables, allant de 25m à 1310 m, ce qui met en évidence la grande capacité de ces espèces à s'adapter à différentes conditions écologiques. La connaissance de la répartition géographique des différentes formes de Vesces est nécessaire pour mettre en place des stratégies d'échantillonnages du germoplasme (Potokina, 1997).

L'utilisation des marqueurs morphologiques pour l'évaluation de la diversité génétique est une tâche délicate, étant donné que, les traits morphologiques peuvent être affectés par les conditions et les facteurs environnementaux. Partant de ce concept,

l'utilisation des techniques plus poussées (biochimiques et moléculaires) pour la caractérisation de ces populations spontanées est nécessaire en vue de mieux les valoriser. La performance de rendement des plantes est contrôlée par la capacité génétique, l'environnement et leur interaction. Pour être largement accepté, un génotype doit montrer de bonnes performances dans une large gamme d'environnements (Fehr, 1993 ; Acikgoz *et al.*, 2009 ; Tan *et al.*, 2012). Pour cette raison, des essais multi-locaux et pluriannuels sur un nombre plus élargi de ces ressources phytogénétiques sont recommandés afin de déterminer l'accession la plus appropriée en fonction des conditions climatiques de chaque région d'étude.

### **3.2.3 Caractères chimiques liés à la Valeur nutritionnelle**

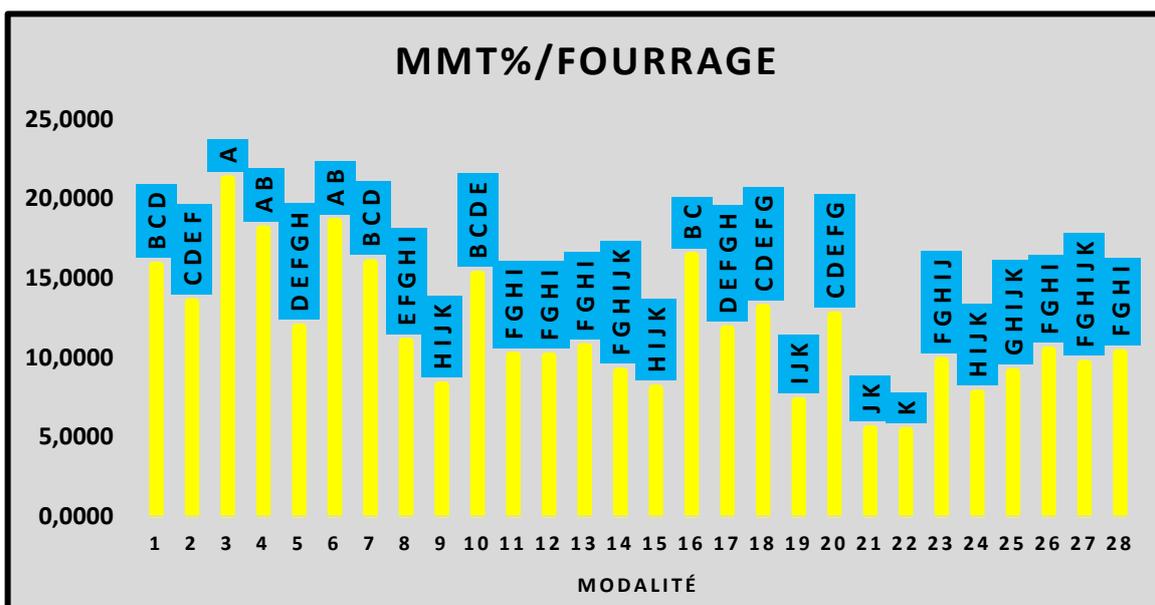
Les légumineuses fourragères annuelles représentent l'une des solutions de la plus haute qualité pour la demande constante de protéines végétales en élevage (Georgierva *et al.*, 2016). L'amélioration de la qualité des légumineuses fourragères, y compris les espèces de Vesces, nécessite qu'il y ait suffisamment de variabilité génétique qui concerne les principaux paramètres de qualité (protéines, fibres) afin de permettre le développement de nouvelles variétés de meilleure qualité (Vasiljevic *et al.*, 2009). C'est ce que nous avons essayé de démontrer à travers l'étude de 28 accessions spontanées du genre *Vicia* L.

#### **3.2.3.1 Teneur en matière organique et en matières minérales totales**

##### **3.2.3.1.1 Au niveau de la plante**

Les cendres brutes sont acceptées comme indicateur de la teneur en minéraux des plantes et comme les minéraux ne peuvent pas être synthétisés dans le corps animal, ils doivent être fournis à l'extérieur (Gençtan, 1998).

La teneur en matière organique a affiché une moyenne égale à 88.34%. La comparaison des moyennes nous a permis de distinguer 11 groupes homogènes. La meilleure teneur est affiliée à l'accession **22** (*V. monantha* spp. *calcarata*) avec une valeur égale à 94.62%. Tandis que, la plus petite valeur est attribuée à l'accession **3** (*V. sativa* spp. *cordata*) avec une teneur égale à 78.77%. En contrepartie, la teneur en matières minérales totales a pris une moyenne générale égale à 11.66%. Le test post hoc (LSD) a permis de distinguer onze groupes homogènes. La meilleure valeur (21.23%) est attribuée à l'accession **3**. En revanche l'accession **22** a présenté la plus petite valeur (5.38%) (**Figure 35**).

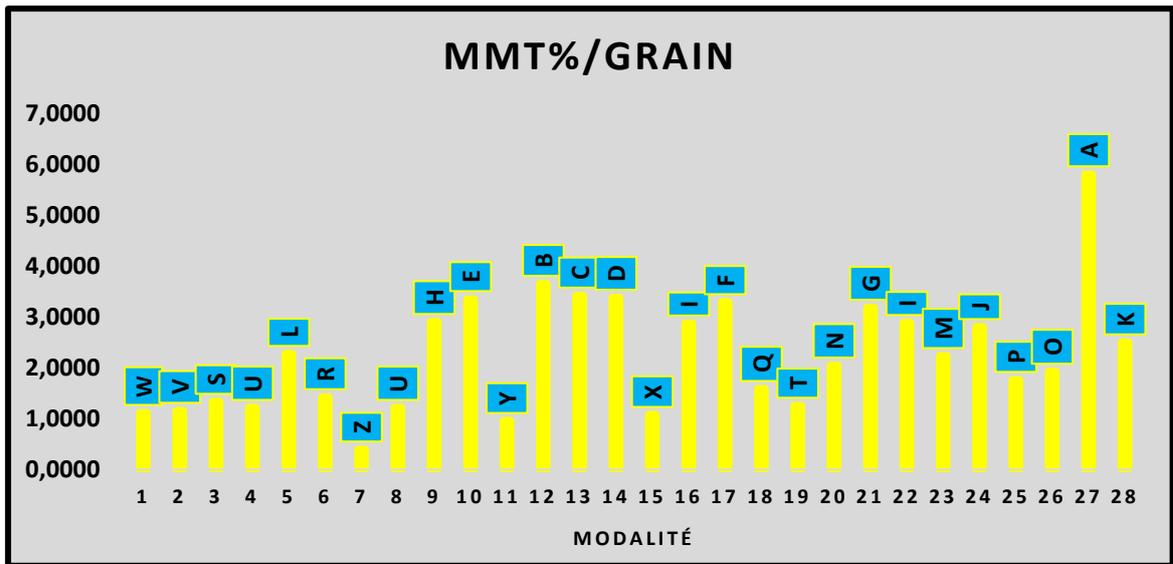


**Figure 35** : teneur en matières minérales totales de la partie aérienne des accessions étudiées.

Ciftci *et al.* (2021) lors de ses études sur l'espèce *Vicia cracca* L. a indiqué une teneur en minéraux entre 6.12-8.74% qui demeure toujours un intervalle beaucoup plus petit que celui trouvé lors de notre étude. Desalegn et Hassan (2015) et Rahmati *et al.* (2012) ont mentionné que les meilleures teneurs en cendres totales résident chez l'espèce *Vicia villosa* avec respectivement 12 et 12.3%. L'accession 3 de notre étude a exposé une valeur beaucoup plus grande (21.23%) voire double que celle trouvées par ces auteurs. De plus, la moyenne des cendres au niveau des accessions de *Vicia narbonensis* L. (10.60%) corroborent ceux trouvé par Rahmati *et al.* (2012) sur la même espèce. Par contre, en ce qui concerne l'espèce *Vicia sativa* L. nos individu se sont avérés plus performantes (13.26%) que ceux de Ramati *et al.* (2012) affichant une teneur de 8%.

### 3.2.3.1.2 Au niveau de la graine :

La moyenne générale prise par la teneur en matière organique au niveau du grain est égale à 97.75%. Vingt-six groupes homogènes ont été différenciés lors de la comparaison des moyennes. L'accession 7 (*V. sativa* spp. *consobrina*) a pris la meilleure valeur (99.61%) alors que l'accession 27 (*V. narbonensis* L.) a pris la plus petite (94.19%). Ce qui est tout à fait le contraire en matière de cendres totales ou l'accession 27 s'est montré la plus performante (5.82%) tandis que la plus faible teneur s'est enregistrée chez l'accession 7 (0.39%) (**Figure 36**).



**Figure 36 :** teneur en matières minérales totales du grain des accessions étudiées

La moyenne générale prise par cette variable est égale à 2.25%. Mebarkia (2011) a noté une valeur plus grande (3.19 %) pour les écotypes de *V. narbonensis* L. Huang *et al.* (2019) a rapporté que la teneur en matières minérales totales de l'espèce *V. sativa* variait entre 27.8 g/kg de matière sèche pour les variétés locale à 31 g/kg de MS pour la variété Lanjian. Nos résultats montrent que les accessions 10, 12, 13 et 14 de la même espèce (*spp. obovata*) ont affiché des teneurs supérieurs à 33 g/kg (**figure 36**), tandis que le reste des accessions de l'espèce *V. sativa* L. ont affiché des valeurs égales ou inférieures à ceux cités par Huang *et al.* (2019). Sadeghi *et al.* (2009) a trouvé des teneurs de cendres appréciables sur les graines de *Vicia ervilia* L. avec une moyenne de 3.38% qui est bien supérieure à nos résultats.

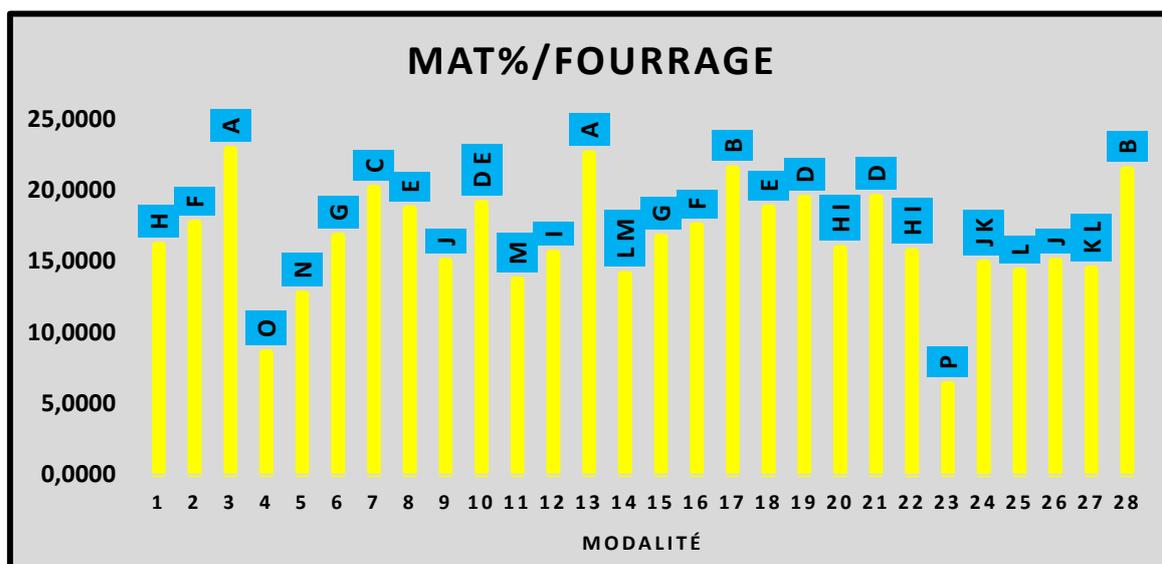
### 3.2.3.2 La teneur en azote et en matières azotées totales :

#### 3.2.3.2.1 Au niveau de la plante :

Une teneur plus élevée en protéines brutes des légumineuses fourragères présente de grands avantages nutritionnels, économiques et écologiques, car ces légumineuses fourragères sont une source efficace d'azote et offrent des fourrages de qualité à haute digestibilité (Longo *et al.*, 2012 ; Havilah *et al.*, 2011 et Georgieva *et al.*, 2016).

L'analyse de la teneur en Azote et en Matières Azotées Totales au niveau de la matière sèche des 28 accessions étudiées affiche des moyennes de l'ordre de 2.66% et 16.60 % successivement. Seize groupes homogènes ont été distingués lors de l'analyse de comparaison des moyennes. Les meilleures teneurs en N (3.66%) et en MAT (22.87%) sont affiliées à l'accession 3 (*V. sativa spp. cordata*). En revanche, l'accession 23 (*V. monantha*

*spp. calcarata*) a enregistré les plus faibles teneurs en termes de ces deux caractères avec 1.01% et 6.31% (figure 37).



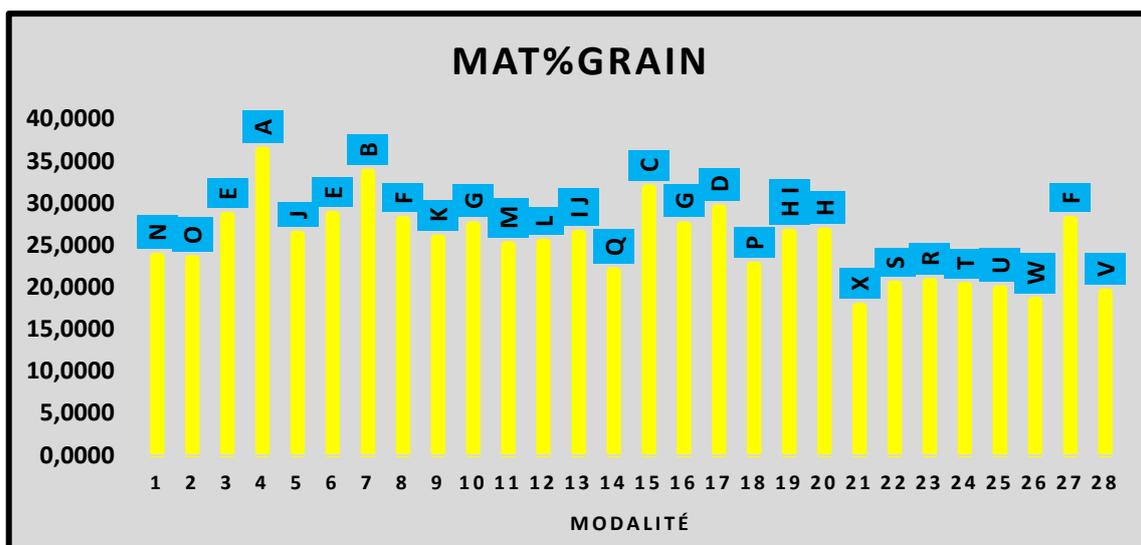
**Figure 37** : teneur en matières azotées totales de la partie aérienne des accessions étudiées

Ciftci *et al.* (2021) a mentionné que la teneur en protéines brutes de l'espèce *Vicia cracca* varie entre 14.11-19.50%. Nos accessions exposent un intervalle plus grand situé entre 6.31-22.87%. De plus, Desalegn et Hassan (2015) a trouvé que parmi les espèces de Vesces évaluées, *Vicia dasycarpa* s'est avérée la plus prometteuse en termes de la teneur en protéines brutes avec 18.9%. Rahmati *et al.* (2012) et Georgieva *et al.* (2016) ont trouvé des teneurs égales à 9.3% et 18.95% respectivement pour l'espèce *Vicia sativa*. Carpici (2012) a rapporté une teneur égale à 9.25% pour l'espèce *Vicia villosa*. Cette dernière a pris une valeur élevée en MAT (21.46%) indiqué par Rahmati *et al.* (2012). Nos résultats montrent que l'accession 3 (*V. sativa spp. cordata*) affiche un score supérieure à ceux cités précédemment et s'avère très prometteuse concernant la teneur en matières azotées totales (figure 37).

### 3.2.3.2.2 Au niveau de la graine :

Le foin de Vesces peut être utilisé comme supplément protéique tandis que leurs grains servent de sources de protéines et d'énergie dans les rations des ruminants et des non-ruminants (Getu *et al.*, 2010 ; Desalegn et Hassan, 2015).

L'analyse de variance a exhibé vingt-quatre groupes homogènes pour les teneurs en N et MAT au niveau du grain. L'espèce *V. sativa spp. obovata* (accession 4) a exposé les plus grandes valeurs (5.80% et 36.25%). Parallèlement, l'espèce *V. monantha spp. cinerea* (accession 21) a affiché les plus petits scores (2.83% et 17.69%) (Figure 38).



**Figure 38** : teneur en matières azotées totales du grain des accessions étudiées

Mebarkia (2011) durant ses études concernant la qualité du grain de 10 écotypes de *Vicia narbonensis* L. a trouvé que l'individu 2462 détient la plus grande teneur en matières azotées totale qui est de l'ordre de 33.59%. Nos accessions et plus particulièrement l'accession 4 (*V. sativa spp. obovata*) et l'accession 7 (*V. sativa spp. consobrina*) ont affiché des valeurs supérieures à ce dernier (36.25 et 33.63%). Par contre, les quatre accessions de Narbonne étudiées durant notre expérimentation ont montré tous des valeurs inférieures à celles trouvées par Mebarkia (2011). La moyenne des protéines brutes prise par le grain des accessions étudiées est de (25.30%). L'espèce *Vicia ervilia* L. étudiée par Sadeghi *et al.* (2009) a détenu une moyenne un peu plus supérieure à la nôtre (26.5%).

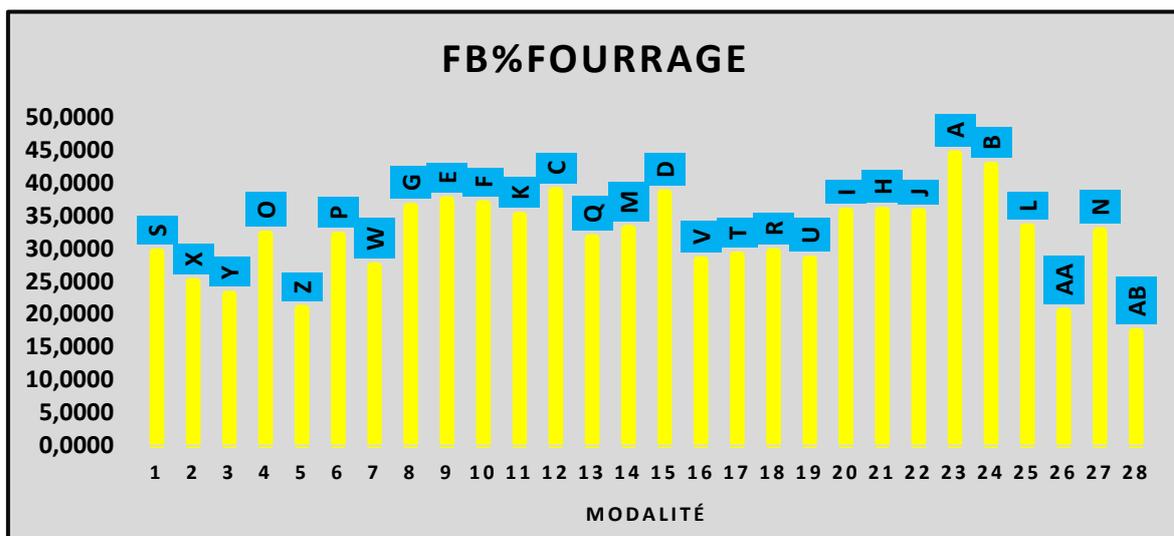
### 3.2.3.3 Teneur en fibres brutes :

#### 3.2.3.3.1 Au niveau de la plante :

Il est bien connu que les fibres dans l'alimentation des ruminants jouent un rôle important, notamment en stimulant la fonction du rumen. La teneur en fibres après la teneur en protéines brutes des foins de légumineuses est le deuxième facteur important affectant la qualité du foin (Ulsu *et al.*, 2018).

L'analyse de ce caractère au niveau de la biomasse sépare 28 groupes homogènes, ce qui est exactement le nombre des accessions étudiées, cela veut dire que la comparaison des moyennes par pair montre que chaque deux accession prises indépendamment diffèrent significativement en termes de ce caractère. La moyenne générale de cette variable présente une valeur de 31.76%. Nos résultats montrent que la teneur en fibres brutes au niveau du fourrage chez les accessions de Vesces étudiées est confinée entre **17.25% et 44.38%**, ces

scores sont attribués respectivement aux deux accessions **28** (*V. narbonensis* L.) et **23** (*V. monantha* spp. *calcarata*) (figure 39).

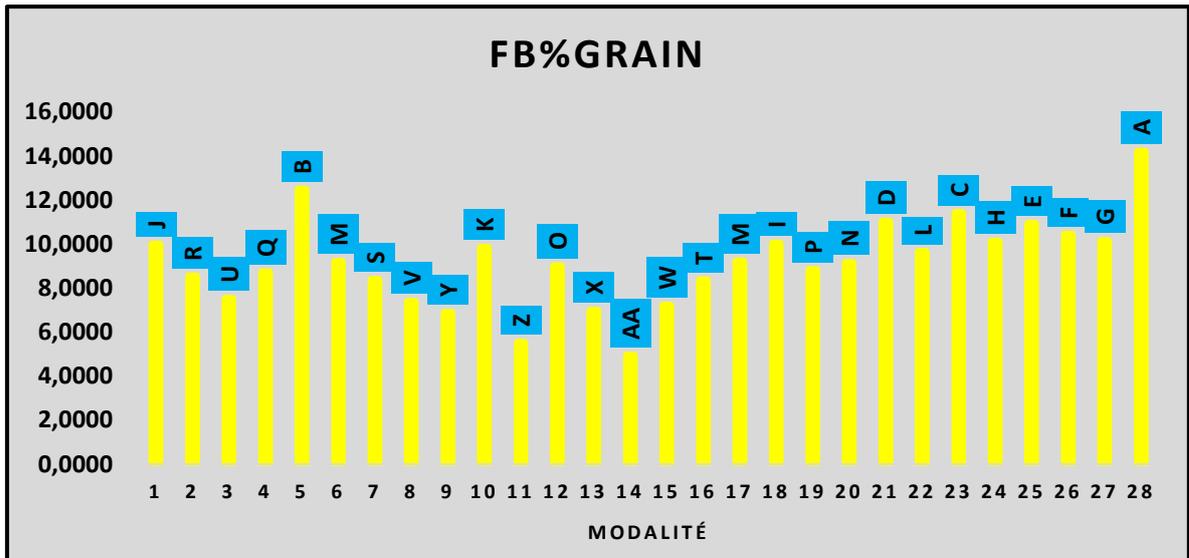


**Figure 39** : teneur en fibres brutes de la partie aérienne des accessions étudiées

Mahmoud *et al.* (2017) a mentionné des teneurs de fibres brutes avec des moyennes de 20.34% pour l'espèce *Vicia monantha* L. et 25.72% pour l'espèce *Vicia sativa* L. Nos résultats ont affiché des teneurs plus élevées, variaient de 33.24 à 44.38% pour l'espèce *V. monantha* L. Concernant les accessions de *Vicia sativa* L., mis à part les individus 2 et 3, tous les scores enregistrés sont supérieures à ceux trouvés par Mahmoud *et al.* (2017). Les cultivars de *Vicia sativa* L. et *Vicia villosa* Roth. étudiées par Georgieva *et al.* (2016) ont présenté des scores confinés entre (22.82 et 26.48%) ce qui inférieur aux valeurs trouvées dans notre étude sur l'espèce *Vicia sativa* L. distribuées entre (22.94 et 38.76%).

### 3.2.3.3.2 Au niveau de la graine :

La teneur en fibres brutes au niveau du grain des accessions de Vesces expose une moyenne égale à 9.14%. L'accession **14** (*V. sativa* spp. *obovata*) a enregistré un score minimal de l'ordre de 4.94%, tandis que l'accession **28** (*V. narbonensis* L.) prenait le score maximal (14.21%) (**Figure 40**). Les études de Sadeghi *et al.* (2009) sur les graines de *Vicia ervilia* L. ont affiché des valeurs plus petite de fibres brutes avec une moyenne égale à 5.32%. Mebarkia (2011) a noté une teneur en fibre comprise entre 8.7 et 11.2 % pour dix écotypes de Narbonne. Les quatre accessions de la même espèce analysées dans notre étude affichent des moyennes un peu supérieures situées entre 10.15 et 14.21%.



**Figure 40 :** teneur en fibres brutes du grain des accessions étudiées

### 3.2.4 Conclusion

L'alimentation du bétail en Algérie est basée essentiellement sur le grain, les résidus de récolte, la végétation de la jachère et l'association de la Vesce Avoine. Une telle alimentation ne permet guère de satisfaire les besoins croissant du cheptel. Les ressources génétiques étudiées dans ce travail se sont montrées très performantes agronomiquement et phénotypiquement, ce qui donne la possibilité de choisir judicieusement celle qui convient à chaque système de production selon les conditions climatiques régionales. Les accessions 12 et 27 pourraient être destinées vers la consommation en sec durant la période de stabulation en raison de leur production élevée en biomasse aérienne. Tandis que les accessions 21 et 22 seront plus appropriées à la consommation en grain. Ces taxa peuvent participer de manière efficace à l'amélioration de l'autonomie alimentaire aussi bien pour le fourrage que pour le grain.

De plus, les résultats de la valeur chimique orientent la sélection pour la matière azotée totale vers les accessions de *Vicia sativa* L., tandis que les accessions de l'espèce *V. monantha* L. et *V. narbonensis* L. s'avèrent les plus performantes en termes de fibres brutes. A la lumière de ces résultats, il ressort que la collection, la valorisation et la conservation du patrimoine génétique local devient une étape importante afin de surmonter les enjeux divers de l'élevage en Algérie.

### 3.3 ESSAI 3 : Réponse morphologique, physiologique et biochimique de 7 accessions de Vesce sous conditions stressantes (contrainte saline)

#### 3.3.1 Caractères liés à la germination

Le stress salin empêche et retarde la germination des semences par la création d'un faible potentiel osmotique dans le lit de semence et d'un effet toxique des ions sur les graines germées (El-Keblawy, 2005 ; Ghavami, 2007 ; Gholamian *et al.*, 2018 et Aydinoglu *et al.*, 2019). Une germination inadéquate ou retardée des graines et une faible croissance des plantules entraînent un établissement maigre du peuplement dans les sols affectés par le sel. C'est l'une des principales raisons du faible rendement à l'hectare des grandes cultures (Gholamian *et al.*, 2018 et Aydinoglu *et al.*, 2019). De ce fait les essais de germination et le suivi de la croissance des plantules sous conditions contrôlées sont une étape importante dans le processus d'évaluation de la tolérance au stress salin (Adjel, 2017).

**Tableau 13** : carrés moyens de l'analyse de variance des caractères de germination

Source de variation	ddl	G%	IG
Accession	6	4432,2967***	4,1505***
Dose	3	5471,3314***	7,8515***
Ecotype*Dose	18	1021,2180***	0,1935**
Erreur	56	116,6181	0,0945
Moyenne	-	77.8912	1.5916
Ecart-type	-	28.6062	0.8304
Coef. D (R <sup>2</sup> )	-	0.9038	0.9075

**Ddl** : degré de liberté, **G%**= pourcentage de germination, **IG**= vitesse de germination, **Coef.D (R<sup>2</sup>)** : coefficient de détermination, \*\* : effet significatif au seuil 5%, \*\*\* : effet significatif au seuil 1%.

**Tableau 14** : valeurs moyennes de l'effet principale « accession » des variables liées à la germination

Accession/ variables	G%	IG
X	88.0952	2.2458
Eco2	90.4762	1.9592
Eco10	95.2381	1.9555
Eco9	85.7143	1.7181
27	78.5714	1.6944
10	67.8571	0.9412
33	39.2857	0.6271

**G%** : pourcentage de germination, **IG** : vitesse de germination.

**Tableau 15** : valeurs moyennes de l'effet principal « dose » des variables liées à la germination

Var/Dose	Témoin	Faible (4g/l)	Moyenne (8g/l)	Forte (12g/l)
G%	93.1973	88.4354	72.1088	57,8231
IG	2,3530	1,7602	1,3281	0,9252

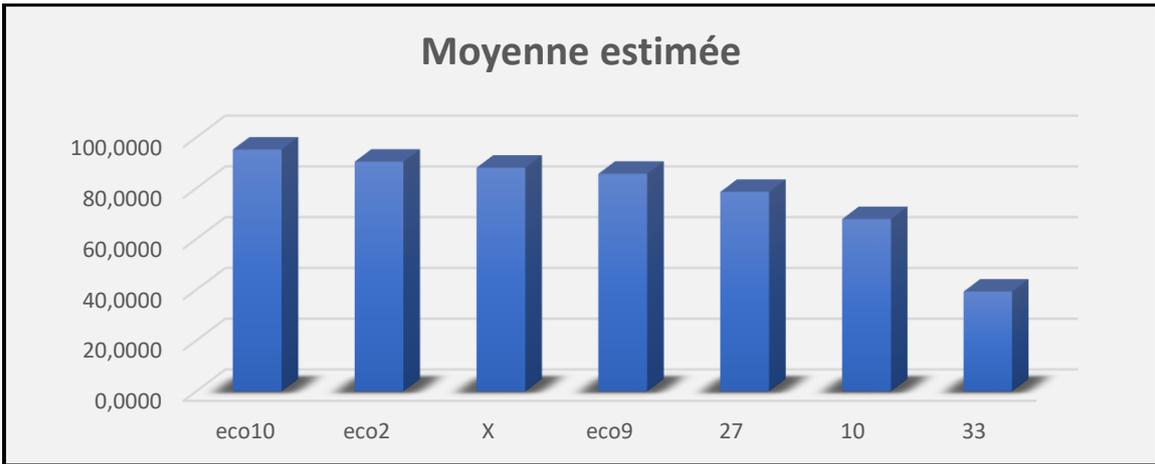
**G%** : pourcentage de germination, **IG** : vitesse de germination.

L'analyse de variance a montré un effet hautement significatif du facteur Accession, Dose et leur combinaison (Accession\*Dose) pour les deux variables liés à la germination, ce qui reflète l'amplitude de la diversité de ces écotypes spontanées et l'importance de conserver et de valoriser ces ressources naturelles qui constituent un vivier pour les sélectionneurs afin de faire face à des enjeux aussi bien agronomiques qu'écologiques. Les résultats de notre analyse montrent que plus de 90% de variabilité obtenue chez les deux variables de germination est expliquée par le modèle utilisé dans notre étude (accession, dose et leur interaction) (**tableau 13**).

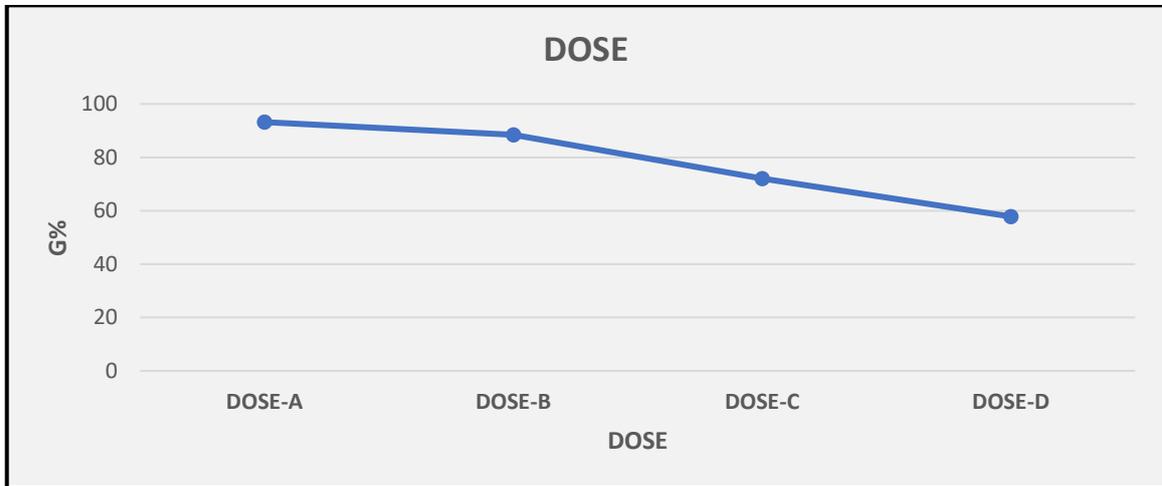
#### **3.3.1.1 Faculté germinative :**

La moyenne générale prise par la variable pourcentage de germination est égale à 77.89% (**tableau 13**). Selon les normes de l'ISTA une semence dont le pourcentage de germination est inférieur à 85% est de mauvaise qualité (Nijenstein *et al.*, 2008 ; Adjel, 2017). Parmi les sept accessions étudiées quatre ont affiché des valeurs supérieures à 85% (**figure 41, tableau 14**). Ces résultats pourront être très utiles pour les sélectionneurs qui cherchent à améliorer la faculté germinative sous conditions difficiles. En revanche, le reste des accessions ont présenté des valeurs inférieures à 85% ce qui dévoile à la fois l'effet de stress salin et celui de la qualité de semences qui pourra être affectée par les conditions de récolte et de stockage.

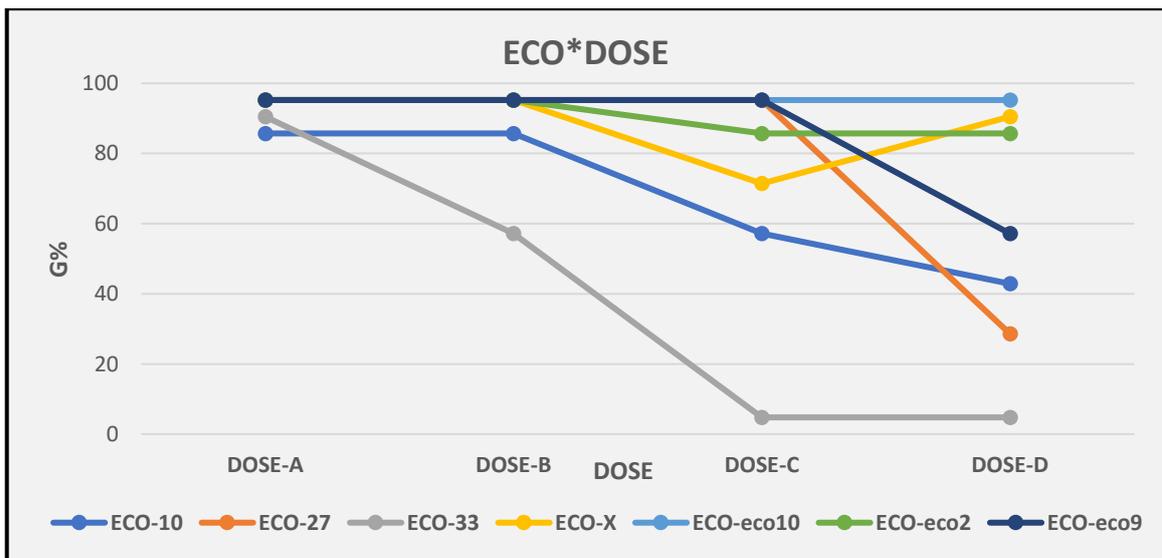
L'effet moyen Dose affecte modérément la faculté germinative des semences avec une réduction de 5% pour la dose faible (4g/l). Tandis qu'une réduction considérable a été enregistré pour les deux dose moyenne (8g/l) et forte (12g/l) avec successivement 23 et 38% (**figure 42, tableau 15**). Les deux plus grandes valeurs de germination sont attribuées aux accessions de *Vicia narbonensis* L. (eco10 et eco2) avec des taux égale à 95.24 et 90.48%, cela montre clairement leur grande tolérance à la salinité. De plus, l'expression de l'accession (eco10) dans les conditions de stress et normales n'était pas significativement différente, cette dernière doit prendre plus de considération et être soumise a plus d'analyses à savoir agronomique et moléculaire, afin de confirmer sa résistance et de définir les gènes y responsables pour voir s'ils peuvent être transférés à des espèces ou cultivars susceptibles (**figure 43**).



**Figure 41 :** valeurs moyennes de l'effet principal « Accession » de la variable pourcentage de germination sur les accessions de vesce étudiées.



**Figure 42 :** valeurs moyennes de l'effet principal « Dose » de la variable pourcentage de germination sur les accessions de vesce étudiées.



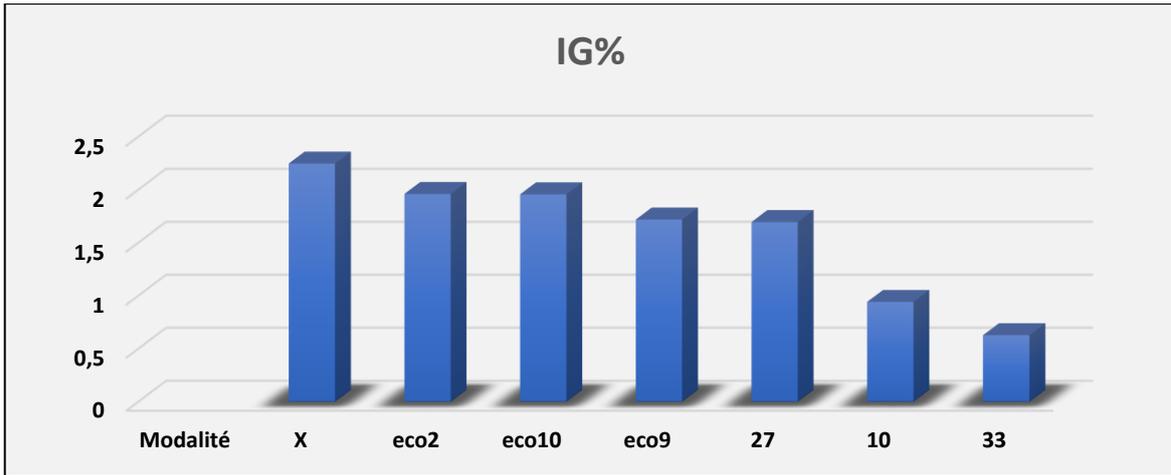
**Figure 43 :** valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession\*Dose) de la variable pourcentage de germination sur les accessions de vesce étudiées.

En contrepartie, il s'est avéré que les deux plus faibles valeurs de germination sont affiliées aux accessions (*V. sativa* spp. *consobrina* et *V. peregrina* L.) avec 39.29 et 67.86% ce qui affiche évidemment leur grande sensibilité à la salinité.

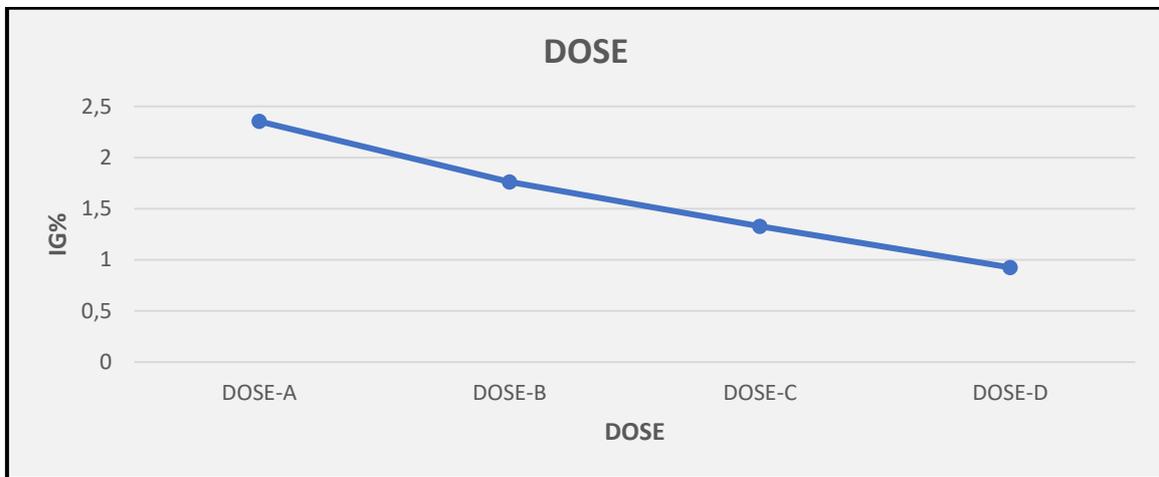
La germination et le développement précoce des semis de Vesces sont des étapes critiques qui déterminent le rendement potentiel dans les environnements défavorables. Dans notre étude il s'est montré que le milieu légèrement salin (4g/l) induit un effet négatif très faible sur la germination de semence tandis que des effets restrictifs considérables de salinité ont été observés à des niveaux plus élevés (8 et 12g/l). Ces résultats corroborent ceux trouvés par Aydinoğlu *et al.* (2019) durant leur étude sur les semences de Vesce commune sous conditions de stress salin.

### 3.3.1.2 Vitesse de germination :

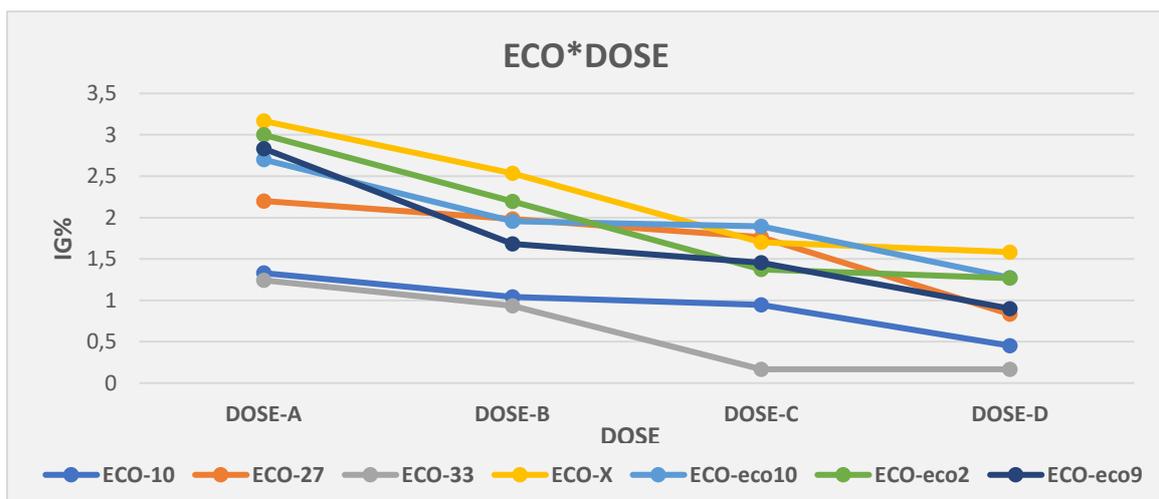
La variable vitesse de germination a pris une moyenne générale égale à 1.59 (**tableau 13**). À l'instar des individus 33 et 10, toutes les accessions ont affiché des valeurs supérieures à la moyenne (**figure 44**). La comparaison des moyennes a permis de distinguer cinq groupes homogènes. Le taxon X s'est montré le plus performant avec une vitesse égale à 2.25. Tandis que la valeur la plus faible de cette variable est affiliée à l'accession 33 (0.63) (**tableau 14**). L'effet moyen Dose affecte significativement la vitesse de germination et montre que cette dernière diminue à mesure que le degré de salinité augmente (**figure 45**). Quatre groupes homogènes ont pu être différenciés lors de notre étude. Il s'avère que cette variable prend une valeur moyenne égale à 2.35 en l'absence de stress (témoin). En revanche, des réductions notables ont été enregistrés pour les doses faible, modérée et sévère avec des scores de l'ordre de 1.76, 1.33 et 0.93 respectivement (**tableau 15**), soit des pourcentages de diminution égale à (25.10%), (43.40%) et (60.43%). L'effet moyen combiné (accession\*dose) montre que toutes les accessions présentent la même tendance décroissante face aux différentes doses de salinité, ou la meilleure vitesse de germination (3.17) est attribuée à l'accession X sous condition de contrôle. Alors que la plus faible (0.17) est prise par l'accession 33 sous la plus forte dose de salinité (**figure 46**). Ceci était observé par Adjel (2017) qui a indiqué que les différences de vitesse de germination, entre génotypes, sont plus importantes en l'absence de stress, elles s'amenuisent à mesure que le stress salin s'intensifie. Les semences des glycophytes et comme d'ailleurs celles des halophytes répondent de manière similaire au stress salin, en réduisant le nombre de graines germées par jour et en accusant un retard dans l'initiation du processus de germination (Madidi *et al.*, 2004).



**Figure 44 :** valeurs moyennes de l'effet principal « Accession » de la variable vitesse de germination sur les accessions de vesce étudiées.



**Figure 45 :** valeurs moyennes de l'effet principal « Dose » de la variable vitesse de germination sur les accessions de vesce étudiées.



**Figure 46 :** valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession\*Dose) de la variable vitesse de germination sur les accessions de vesce étudiées.

### 3.3.2 Paramètres de croissance

L'analyse de variance a affiché un effet très hautement significatif du facteur « accession », « dose » et leur combinaison pour la totalité des variables de croissances étudiées. De plus, ces variables ont présenté un coefficient de détermination très élevé, ce qui explique que la plus grosse partie de variabilité (78- 96%) des variables à modéliser est expliqué par les variables explicatives qui sont en l'occurrence l'accession, la dose et leur interaction (**tableau 16**).

**Tableau 15** : carrés moyens de l'analyse de variance des paramètres de croissance

S.V	Accession	Dose	Acc*Dose	Erreur	Moyenne	ET	R <sup>2</sup>
ddl	6	3	18	56	-	-	-
LR	840,2656**	350,4375**	135,9323**	27,8929	34,625	11,0321	0,85
HA	219,1009**	125,9817**	33,7834**	6,009	16,1619	5,6368	0,87
VTC	1480,7094**	802,1889**	204,0775**	39,7402	15,4282	14,3911	0,87
SF	80,5402**	2,0806**	1,6088**	0,2765	2,4272	2,5363	0,97
H/R	0,3574**	0,1326**	0,0409**	0,0101	0,5045	0,2151	0,85
PFA	2,6125**	1,4216**	0,3600**	0,0703	0,6475	0,6048	0,87
PFR	41,2813**	6,4766**	1,9198**	0,1965	2,4067	1,9409	0,96
PSA	0,0829**	0,0213**	0,0031**	0,001	0,1209	0,09	0,92
PSR	0,1525**	0,0318**	0,0290**	0,0047	0,1975	0,1471	0,85
MSA %	1192,9946**	834,5369**	646,1054**	104,8799	28,3347	18,0911	0,78
MSR%	1054,8646**	454,8814**	526,4962**	54,167	12,5309	15,602	0,85

**S.V** : source de variation, **ET** : écart-type, **R<sup>2</sup>** : coefficient de détermination, **ddl** : degrés de liberté, **LR** : longueur racinaire, **HA** : hauteur aérienne, **VTC** : vitesse de croissance, **SF** : surface foliaire, **H/R** : rapport tige/racine, **PFA** : poids frais aérien, **PFR** : poids frais racinaire, **PSA** : poids sec aérien, **PSR** : poids sec racinaire, **MSA(%)** : teneur en matière sèche aérienne, **MSR (%)** : teneur en matière sèche racinaire, **\*\*** : effet significatif au seuil 1%.

**Tableau 16 :** valeurs moyennes de l'effet principale « accession » sur les paramètres de croissance

Var/Acc	X	Eco2	Eco10	Eco9	27	10	33
LR	48.5	37.94	37	35.75	33.31	28.13	21.75
HA	20.38	15.81	11.19	13.88	17.63	22.5	11.76
VTC	12.36	28.30	19.53	30.67	6.10	9.56	1.47
SF	0.51	5.05	4.34	6.04	0.40	0.32	0.32
H/R	0.4219	0.4210	0.30	0.39	0.61	0.81	0.57
PFA	0.5193	1.1872	0.8203	1.2880	0.2563	0.4008	0.0605
PSA	0.1137	0.1841	0.2015	0.2248	0.0582	0.0442	0.0195
PFR	2.1988	4.0508	3.8508	4.8606	0.9699	0.7119	0.2043
PSR	0.1577	0.2662	0.3177	0.3501	0.0856	0.1319	0.0734
MSA%	34.9210	15.8251	26.3670	24.9465	23.6880	25.5070	47.0881
MSR%	7.0951	6.5073	8.4224	7.2849	9.5869	16.4625	32.3571

**LR :** longueur racinaire, **HA :** hauteur aérienne, **VTC :** vitesse de croissance, **SF :** surface foliaire, **H/R :** rapport tige/racine, **PFA :** poids frais aérien, **PFR :** poids frais racinaire, **PSA :** poids sec aérien, **PSR :** poids sec racinaire, **MSA(%) :** teneur en matière sèche aérienne, **MSR (%) :** teneur en matière sèche racinaire.

**Tableau 17 :** valeurs moyennes de l'effet principal « dose » sur les paramètres de croissance

Var/Dose	Témoin	Faible (4g/l)	Moyenne (8g/l)	Forte (12g/l)
LR	34.25	40.25	33.5	30.5
HA	17.68	16.79	17.64	12.54
H/R	0.55	0.43	0.59	0.44
VTC	21.38	14.04	18.93	7.37
SF	2.21	2.74	2.65	2.11
PFA	0.90	0.59	0.79	0.31
PSA	0.11	0.15	0.14	0.08
PFR	2.66	2.53	2.84	1.60
PSR	0.25	0.19	0.20	0.15
MSA%	21.76	25.63	29.38	36.56
MSR%	15.50	7.80	9.40	17.43

**LR :** longueur racinaire, **HA :** hauteur aérienne, **VTC :** vitesse de croissance, **SF :** surface foliaire, **H/R :** rapport tige/racine, **PFA :** poids frais aérien, **PFR :** poids frais racinaire, **PSA :** poids sec aérien, **PSR :** poids sec racinaire, **MSA(%) :** teneur en matière sèche aérienne, **MSR (%) :** teneur en matière sèche racinaire.

### 3.3.2.1 Hauteur aérienne, longueur racinaire et leur rapport :

La moyenne générale prise par la hauteur aérienne des plants est égale à 16.16 cm (**tableau 16**). Les tiges les plus hautes sont présentes chez les accessions (10 et X) avec (22.5 et 20.38 cm). En revanche les tiges les plus naines sont notées chez les taxa eco10 (11.19 cm) et 33 (11.76 cm) (**tableau 17**).

D'autre part, l'étude des racines a exposé une moyenne générale qui avoisine les trente-cinq centimètres (**tableau 16**). Parmi les accessions étudiées quatre (X, eco2, eco10 et eco9) ont présenté des valeurs supérieures à celle de la moyenne. Tandis que le reste des accessions (33, 10 et 27) ont enregistré les plus petites valeurs avec successivement (22.75, 28.13 et 33.31 cm) (**tableau 17**).

Le rapport système aérien/système racinaire a affiché une moyenne égale à 50.45%, en d'autres termes, on peut dire qu'au sein des accessions étudiées, d'une manière générale, la longueur du système racinaire est deux fois plus que celle du système aérien. La plus grande valeur de ce caractère est attribuée à l'accession (10). Alors que la plus petite est notée chez l'accession (eco10)

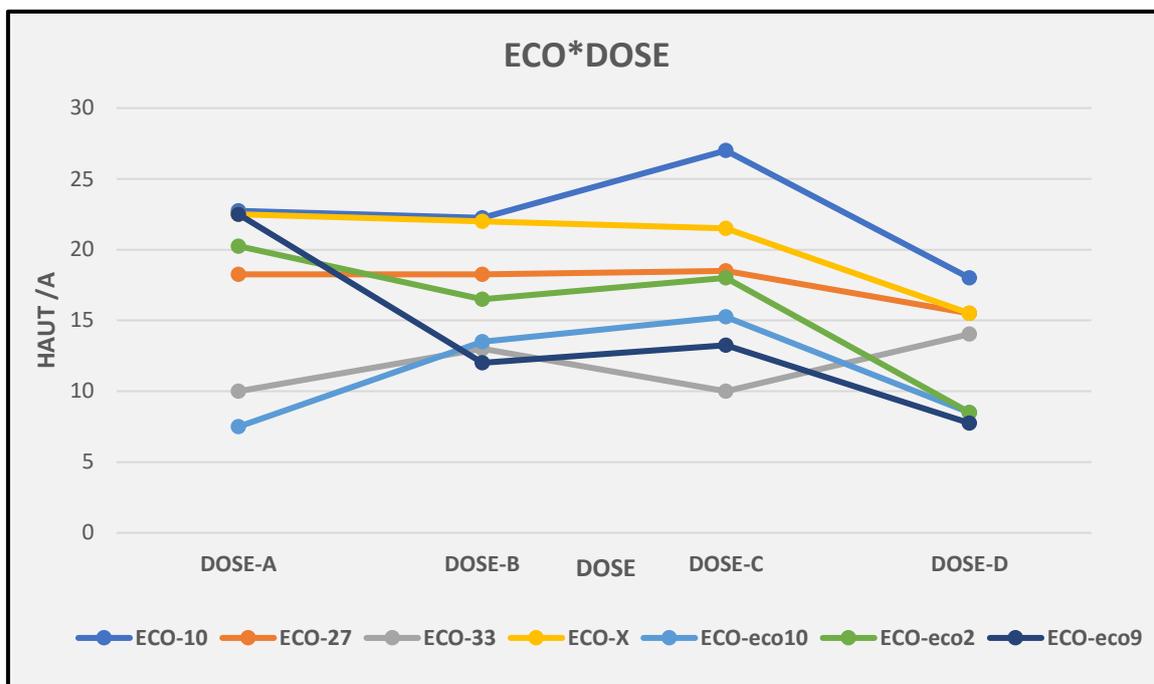
L'effet moyen Dose affecte énormément la hauteur de la quasi-totalité des plants de Vesces étudiées avec une réduction qui atteint presque les 30% pour la dose forte (12g/l) (**tableau 18**). Ces résultats peuvent être expliqués par ce que les chercheurs (Shah *et al.*, 2017 ; Caruso *et al.*, 2018 et Aydinoglu *et al.*, 2019) ont trouvé, indiquant qu'une salinité élevée réduit d'abord l'allongement et la division cellulaires en raison de l'effet osmotique créé autour de la racine provoquant ensuite une toxicité  $\text{Na}^+$  et un déséquilibre ionique, ce qui endommage les cellules dans les feuilles qui transpirent. Par conséquent, la croissance des semis diminue dans les environnements à forte teneur en sel.

En contrepartie, pas d'effet significatif observé chez les accessions (10, 27 et eco 10) pour le reste des doses (4 et 8g/l) (**figure 47**). Mohsen *et al.* (2013) a constaté que la longueur des tiges de la fève était difficilement, voire pas du tout, affecté par le stress salin.

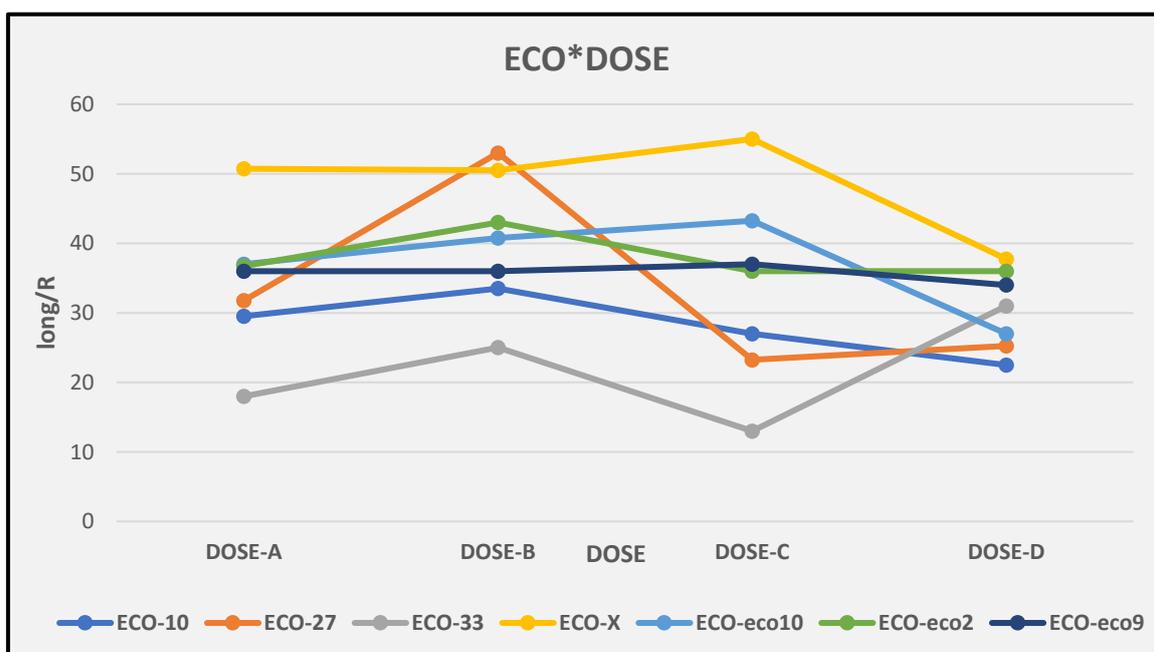
Bilgili *et al.* (2011) a trouvé que les plus grandes hauteurs des semis de Vesce commune ont été obtenues dans des pots non salés, et les hauteurs les plus basses ont été obtenues dans des pots traités avec la plus forte concentration de sel, les mêmes résultats ont été notés dans notre étude pour les accessions (X, eco2 et eco9) (**figure 47**).

Concernant la longueur des racines, il s'est montré que la dose faible de salinité (4g/l) affecte positivement cet attribut avec une hausse de 17.5%, ce qui agit contrairement sur la variable H/R provoquant une réduction de 21.82%. Alors qu'une affection négative (2.2 et 10.9%) s'est observée chez les doses 8 et 12 g/l (**tableau 18**). Cela concorde ce qu'a mentionné Nobel et Huang (1992) et Castroluna *et al.* (2014) citant qu'une réponse pareille est considérée comme une stratégie d'évitement du stress qui consiste à augmenter la

longueur des parties aériennes tout en maintenant ou modifiant la production racinaire afin de réduire leur surface et de diminuer leur perméabilité, ce qui a été observé clairement sur la majorité des accession étudiées dans notre cas notamment pour la dose modéré de salinité (8g/l) (**figure 48**).



**Figure 47** : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession\*Dose) de la variable hauteur aérienne sur les accessions de vesce étudiées.



**Figure 48** : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession\*Dose) de la variable longueur racinaire sur les accessions de vesce étudiées.

L'effet moyen combiné (Accession\*Dose) a montré une réponse négative de toutes les accessions soumises à une forte dose de salinité en l'occurrence (12g/l), et cela est observé aussi bien en terme de la hauteur de tige qu'en longueur racinaire. Seule l'accession (33) avait présenté un comportement bizarre marqué par une augmentation notable à la fois pour le système aérien et racinaire exposé à une forte dose de salinité (**figures 36, 37**). La présence de NaCl dans le milieu de germination et de levée réduit l'absorption d'eau des plantules et inhibe la mobilisation des réserves de graines vers l'axe embryonnaire en croissance (Khayatnezhad et Gholamin, 2011), affectant ainsi la croissance des plantules (Sayar *et al.*, 2010). La salinité a des effets néfastes sur plusieurs paramètres morphologiques tels que la hauteur de la plante et la longueur des racines (Kaymakanova et Stoeva, 2008). Les résultats de Wignarajah (1990) et Bulut et Akinci (2010) ont indiqué des réductions de la hauteur de la plante, en raison de l'exposition à deux niveaux de salinité 0.05 et 0.1 mol/l de NaCl. Les mêmes résultats ont été obtenus dans notre étude mais suite à l'exposition à des niveaux de salinité plus élevés, voire doubles (0.2 mol/l), ce qui montre l'importance de ces accessions en matière de tolérance.

### 3.3.2.2 Biomasse aérienne et racinaire :

Les effets délétères de la salinité sur la croissance des plantes proviennent de la disponibilité limitée de l'eau du sol pour les racines, du faible potentiel osmotique de la solution du sol, du déséquilibre nutritionnel, de la toxicité ionique spécifique, ou une combinaison de ces facteurs. (Hussein *et al.*, 2017).

La moyenne générale prise par la variable PF/A (poids frais de la partie aérienne) est égale à 0.65 grammes/plant. Tandis que celle prise par la variable PF/R (poids frais racinaire) avoisine les 2.40 g/p. D'autre part, une valeur moyenne de 0.12 g/p a été enregistré pour le PS/A (poids sec aérien) soit une teneur en matière sèche équivalente à 28%. En revanche, une teneur moyenne en matière sèche proche de 13% e été observé sur le système racinaire avec un poids sec moyen égale à 0.20 g/p (**tableau 16**).

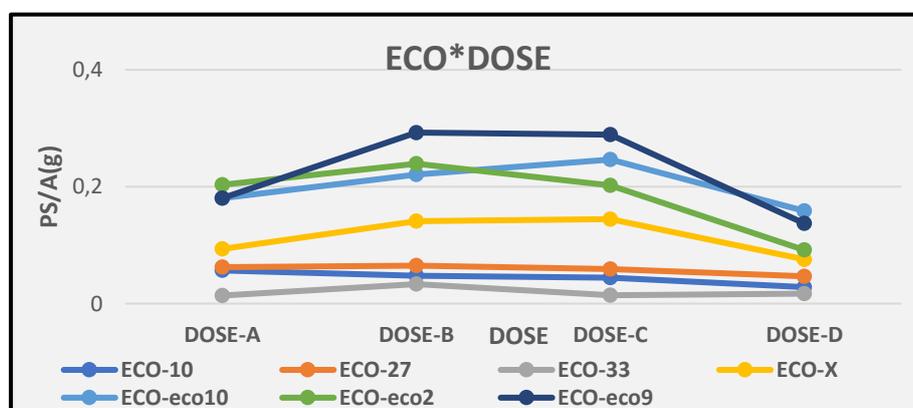
L'effet moyen Dose affecte négativement et d'une manière conséquente la biomasse aérienne et racinaire pour des doses fortes de salinité avec une réduction de 27.27 et 40% de suite. De plus, des réductions notables (entre 20 et 25%) de biomasse racinaire ont été notées pour des doses de salinité faibles et modéré. En parallèle, une augmentation considérable (entre 27 et 36%) de biomasse aérienne (poids sec) a été affichée sous conditions de salinité faibles et modérés (**tableau 18**). Cela confirme parfaitement le modèle d'évitement de stress

adopté par ces accessions qui est notée par une réduction de biomasse racinaire et une stimulation de la production aérienne

Dans toutes les conditions stressantes, la disponibilité de l'eau pour les cellules végétales est limitée. Par conséquent, comme première réponse, les cellules tentent de sauver l'eau disponible en évitant la croissance active. La solution saline crée initialement un déséquilibre du potentiel hydrique entre apoplaste et symplaste. Elle entraîne un déclin de la turgescence qui, s'il est suffisamment grave, entraîne une réduction de la croissance (Sangwan *et al.*, 1994 ; Bohnert *et al.*, 1995). Quand le déclin de la turgescence dépasse le seuil de la paroi cellulaire, la croissance s'arrête. La déshydratation cellulaire commence lorsque la différence du potentiel hydrique est supérieure à ce qui peut être compensé par la perte de turgescence. Ces phénomènes conduisent finalement à des réductions globales de la croissance et de l'accumulation de poids sec (Sabir *et al.*, 2012) comme nous l'avons également observé. L'inhibition de la croissance des tiges et des racines est une réponse courante à la salinité et le taux de croissance des plantes est l'un des plus importants indices de tolérance au stress salin ((Munns *et al.*, 2000 ; Arshi *et al.*, 2010 ; Hakeem *et al.*, 2012 et Muhhamed Hussein *et al.*, 2017).

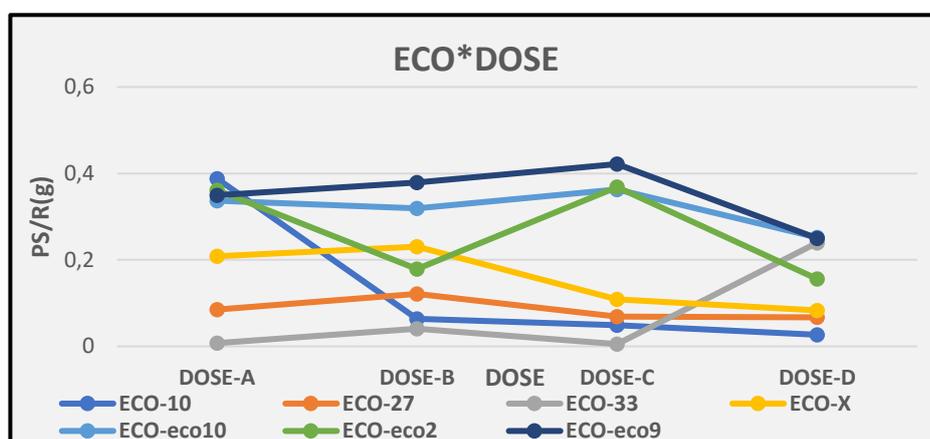
L'effet combiné (Accession\*Dose) montre que les accessions de *V. narbonensis* L. se sont montrées les plus performantes et ont enregistré les valeurs les plus élevées pour la quasi-totalité des attributs relatifs à la biomasse aérienne et racinaire (figures 49, 50). En plus de leur tolérance, ces résultats peuvent être expliqués par leurs folioles caractérisées par une large surface et une consistance charnue, ainsi par leurs tiges rigides marquées par une épaisseur considérable.

Pas d'effets significatifs négatifs observés pour les taxa de cette espèce exposés à des doses de salinité faibles et moyennes. Tandis que, la dose forte induit une diminution de



**Figure 49** : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession\*Dose) de la variable poids sec aérien sur les accessions de vesce étudiées.

croissance notable. Une teneur élevée en NaCl du sol réduit l'absorption des nutriments minéraux, en particulier de  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$ . En conséquence, la production de biomasse et donc le taux de croissance des plantes sont retardés (Pessaraki et Huber, 1991 ; Pessaraki, 1994). Et c'est ce que nous avons observé.

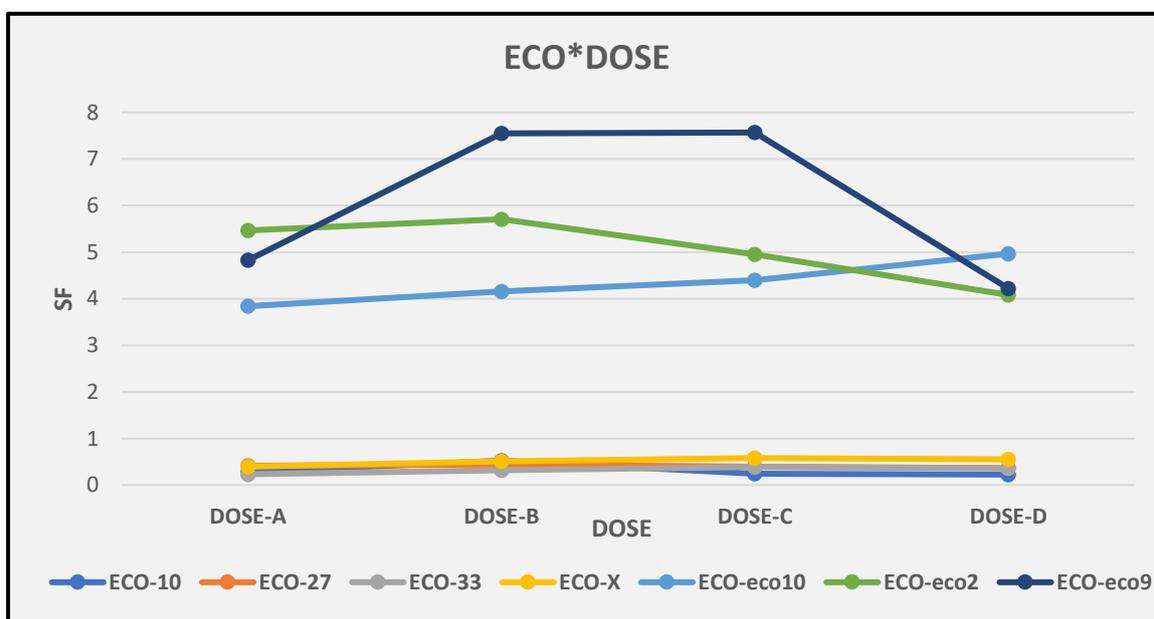


**Figure 50** : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession\*Dose) de la variable poids sec racinaire sur les accessions de vesce étudiées.

### 3.3.2.3 Surface foliaire :

La moyenne générale prise par la surface foliaire mesurée sur l'ensemble des accessions étudiées est égale à  $2.43 \text{ cm}^2$  (**tableau 16**). Seules les accessions de *V. narbonensis* L. ont montré des différences significatives pour la surface foliaire. L'étude des moyennes de cette variable, calculées sur l'ensemble des doses de salinité montre que les écotypes de Narbonne (eco9, eco2 et eco10) ont présenté les plus grandes valeurs avec respectivement  $6.04$ ,  $5.05$  et  $4.34 \text{ cm}^2$  (**tableau 17**). En réponse à la salinité, l'effet moyen (Acc\*Dose) affecte positivement l'accession (eco10) qui s'est montré la plus tolérante et passe de  $3.84 \text{ cm}^2$  en l'absence de stress à  $4.16 \text{ cm}^2$  pour la dose faible ( $4\text{g/l}$ ),  $4.40 \text{ cm}^2$  pour la dose modéré ( $8\text{g/l}$ ) et  $4.97 \text{ cm}^2$  pour la dose forte ( $12\text{g/l}$ ). De plus, l'accession (eco9) a affiché une augmentation considérable de la surface foliaire exposée à des doses de salinité faibles et modéré qui sont de l'ordre de  $7.55$  et  $7.57$  face à  $4.83 \text{ cm}^2$  en l'absence de stress (**figure 51**). En outre, une faible diminution a été observée chez cette accession suite à sa soumission au plus grande dose de salinité exposant une valeur équivalente à  $4.22 \text{ cm}^2$ , soit une réduction d'environ 13% par rapport au témoin. En contrepartie, l'accession (eco2) s'est avérée la plus sensible à la salinité notamment pour la dose forte et modéré et montre des baisses considérable de l'ordre de 25.33% et 9.45% respectivement. Le reste des accessions

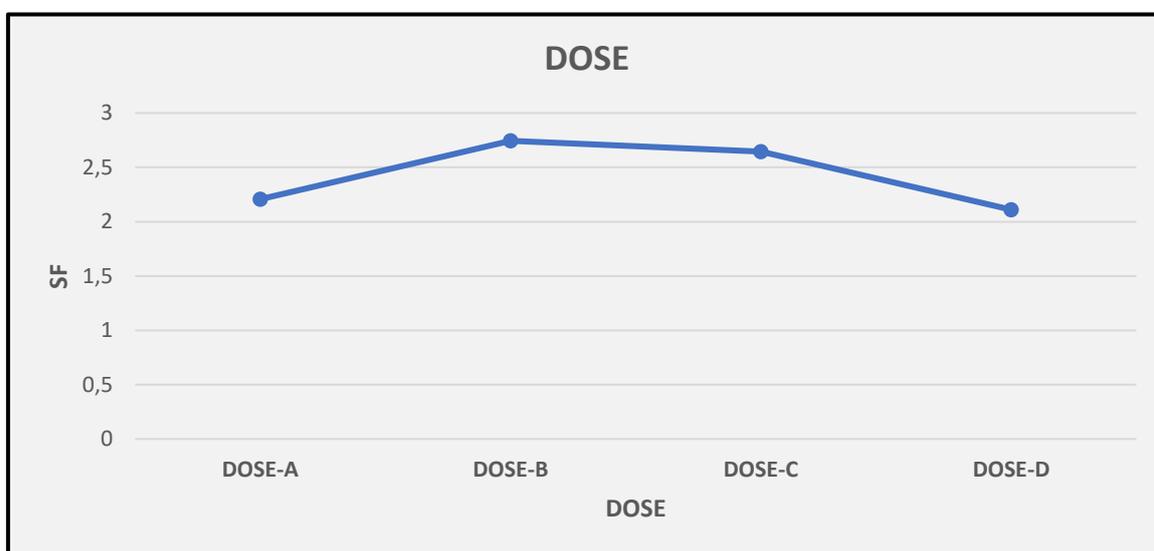
de l'espèce *V. sativa* L. et *V. peregrina* L. ont montré des comportements relativement stables face aux traitements salins et pas de différences significatives observées entre eux (figure 51).



**Figure 51** : valeurs moyennes de l'effet interaction (Accession\*Dose) de la variable surface foliaire sur les accessions de vesce étudiées.

Les plantes sont exposées à un certain nombre de facteurs abiotiques y compris la salinité, qui a des effets néfastes sur la croissance des plantes et les paramètres de rendement (Arshi *et al.*, 2012 ; Mohsen *et al.*, 2013 ; Husen *et al.*, 2016 ; Xie *et al.*, 2016 ; Waheed *et al.*, 2016). Dans la présente étude, la concentration la plus élevée de NaCl a provoqué l'effet inhibiteur maximal sur la surface foliaire des accessions eco9 et eco2 de l'espèce *V. narbonensis* L. La réduction de la surface foliaire totale causée par la salinité peut être liée au déclin de la turgescence des feuilles et à la suppression de la division cellulaire (Ali *et al.*, 2004). Alzahrani *et al.* (2019) durant ses études sur deux génotypes de *Vicia faba* L. a trouvé que le stress salin réduit la surface foliaire des deux cultivars, et une réduction maximale de 62.39 et 51.63% a été rapportée sous la concentration 150mM de NaCl comparé au témoin. Nos résultats affichent des réductions maximales de 12.55 et 25.33% pour les deux accessions eco9 et eco2 exposées à une concentration de salinité égale à 200mM NaCl. À la lumière de ces résultats, on peut dire que nos accessions (eco2 et eco9) exposent une tolérance beaucoup plus élevée (3 fois plus) que celle dévoilée par Alzahrani *et al.* (2019) concernant le caractère de la surface foliaire.

Lorsque les plantes sont cultivées sous conditions salines, dès que la nouvelle cellule commence son processus d'allongement, l'excès de sels modifie les activités métaboliques de la paroi cellulaire provoquant le dépôt de divers matériaux qui limitent l'élasticité de la paroi cellulaire. La réduction de la surface foliaire sous conditions salines pourrait être également due à une croissance réduite, suite à la diminution de l'absorption d'eau, toxicité du sodium et chlorure dans la cellule de la tige ainsi que la réduction de la photosynthèse. En plus, les résultats de Netondo *et al.* (2004) et Almodares *et al.* (2008) indiquent que la salinité affectait la photosynthèse par unité de surface foliaire indirectement par la fermeture des stomates et dans une moindre mesure par interférence directe avec l'appareil photosynthétique. Aussi, il a été rapporté que la salinité diminue la photosynthèse de la plante entière en limitant l'expansion de la surface foliaire.



**Figure 52** : valeurs moyennes de l'effet principale dose de la variable surface foliaire sur les accessions de vesce étudiées.

Globalement, notre étude a révélé un modèle exceptionnel ou l'effet moyen dose affiche des augmentations de la surface foliaire de la plus part des accessions soumises à la concentration (4 et 8g/l) de NaCl (**figure 52**). Cela est en contradiction avec la majorité des résultats de stress salin trouvés dans la bibliographie ou plusieurs auteurs mentionnent que l'impact négatif du NaCl sur le développement de la surface foliaire était évident à la plus faible concentration de sel et augmentait de manière linéaire avec l'augmentation de la salinité.

L'augmentation de la surface foliaire lors de notre étude, peut être expliquée seulement par le modèle d'évitement adopté par certaines espèces consistant à augmenter la surface des

parties aériennes suite à l'exposition à des concentrations faibles et modérés de salinité cité par les auteurs Nobel et Huang (1992) et Castroluna *et al.* (2014).

### 3.3.3 Paramètres physiologiques et biochimiques

L'analyse de variance a affiché un effet hautement significatif (1%) du facteur « accession », « dose » et leur combinaison pour la quasi-totalité des variables physiologiques et biochimiques étudiées, seule la teneur relative en eau a exposé un effet dose non significatif. De plus la teneur en proline a démontré un effet significatif au seuil 5% pour l'effet moyen combiné « accession\*dose » (**tableau 19**).

**Tableau 19** : carrés moyens de l'analyse de variance des paramètres physiologiques et biochimiques

S.V	Accession	Dose	Acc*Dose	Erreur	Moyenne	ET	R <sup>2</sup>
ddl	6	3	18	56	-	-	-
TRE	306,9567**	7,3688 <sup>ns</sup>	132,9427**	21,6687	85.76	8.12	77.82
PM	634,3238**	1410,9726**	877,5397**	6,3434	14.83	17.07	98.53
CHL A	8,3516**	6,3960**	2,6659**	0,3039	1.39	1.27	87.33
CHL B	10,4610**	6,6993**	2,8234**	1,1124	1.52	1.54	68.21
PROL	2014,9267**	103,1289**	45,4849*	21,3376	8.98	13.18	91.71
SUC	1778,4562**	1219,0975**	971,6895**	21,1842	8.52	19.94	96.41

**S.V** : source de variation, **ET** : écart-type, **R<sup>2</sup>** : coefficient de détermination, **ddl** : degrés de liberté, **TRE** : teneur relative en eau, **PM (%)** : perméabilité membranaire, **CHL A** : teneur en chlorophylle A en mg/g, **CHL B** : teneur en chlorophylle B en mg/g, **PROL** : teneur en proline en ug/mg, **SUC** : teneur en sucre soluble en ug/mg. \*\* : effet significatif au seuil 1%, \* : effet significatif au seuil 5%, <sup>ns</sup> : effet non significatif.

**Tableau 20** : valeurs moyennes de l'effet principale « accession » sur les paramètres physiologiques et biochimiques

Var/Acc	X	Eco2	Eco10	Eco9	27	10	33
TRE	78.77	92.24	84.43	89.70	80.91	90.13	84.13
PM	20.83	27.49	11.69	15.40	6.51	8.55	13.37
CHL A	1.82	0.99	0.43	0.56	1.08	2.418	2.419
CHL B	2.18	1.17	0.45	0.46	1.18	2.61	2.58
PROL	3.03	3.46	2.12	2.05	4.52	10	37.71
SUC	20.03	0.85	0.78	0.97	2.81	2.93	31.26

**TRE** : teneur relative en eau, **PM (%)** : perméabilité membranaire, **CHL A** : teneur en chlorophylle A en mg/g, **CHL B** : teneur en chlorophylle B en mg/g, **PROL** : teneur en proline en ug/mg, **SUC** : teneur en sucre soluble en ug/mg.

**Tableau 21** : valeurs moyennes de l'effet principal «dose» sur les paramètres physiologiques et biochimiques

Var/Dose	Témoin	Faible (4g/l)	Moyenne (8g/l)	Forte (12g/l)
TRE	85.74	85.47	86.59	85.24
PM	10.84	8.85	12.74	26.90
CHL A	0.95	1.28	1.13	2.19
CHL B	0.91	1.42	1.47	2.28
PROL	6.74	7.44	10.60	11.15
SUC	11.76	1.52	3.06	17.73

**TRE** : teneur relative en eau, **PM (%)** : perméabilité membranaire, **CHL A** : teneur en chlorophylle A en mg/g, **CHL B** : teneur en chlorophylle B en mg/g, **PROL** : teneur en proline en ug/mg, **SUC** : teneur en sucre soluble en ug/mg.

### 3.3.3.1 Teneur relative en eau :

La comparaison des moyennes basée sur la méthode (LSD) nous a permis de distinguer trois différents groupes :

Le premier comprend les accessions eco2 (*V. narbonensis L.*), 10 (*V. peregrina L.*) et eco9 (*V. narbonensis L.*) considérées comme les plus performantes en matière de teneur relative en eau, avec des valeurs supérieures à la moyenne générale prise par cette variable (85.76). Le second, comporte les taxa eco10 (*V. narbonensis L.*) et 33 (*V. sativa spp. consobrina*) exposant des valeurs très proche de la moyenne générale. Enfin, les individus 27 (*V. sativa spp. angustifolia*) et X (*V. sativa spp. obovata*) constituent le dernier groupe avec des valeurs faibles et inférieures à la moyenne (**tableau 22 et figure 53**).

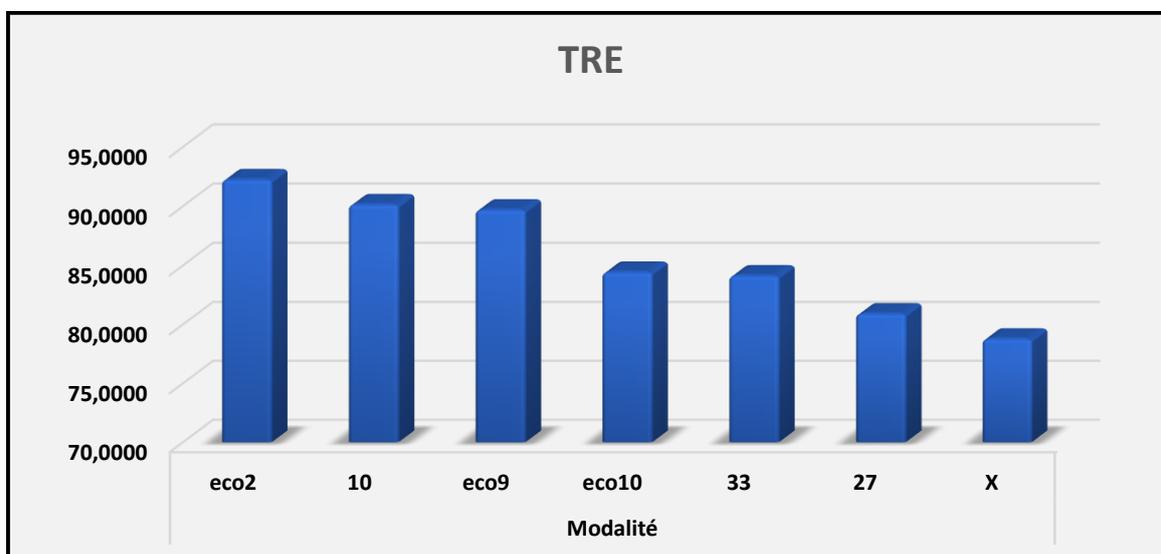
**Tableau 22** : comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la variable teneur relative en eau

Modalité	Moyenne estimée(TRE)	Groupes		
eco2	92,2448	A		
10	90,1328	A		
eco9	89,6954	A		
eco10	84,4311		B	
33	84,1272		B	
27	80,9088		B	C
X	78,7707			C

Le comportement de ces accessions concernant la teneur relative en eau peut être attribuée à leurs capacités génétiques, puisque l'analyse de variance a affiché un effet non significatif du facteur « dose ».

Hussein *et al.* (2017) durant ses études sur certains cultivars de *Vicia Faba* a trouvé que par rapport au témoin, la TRE était réduite dans les plantes affectées par la salinité et le degré

de réduction augmente avec l'augmentation du niveau de salinité. De plus, Alzahrani *et al.* (2019) indique que les génotypes de *V. faba* soumises à un stress salin montrent une baisse de la teneur relative en eau des feuilles par rapport aux plantes témoins.



**Figure 53 :** valeurs moyennes de l'effet principal « Accession » de la variable teneur relative en eau sur les accessions de vesce étudiées.

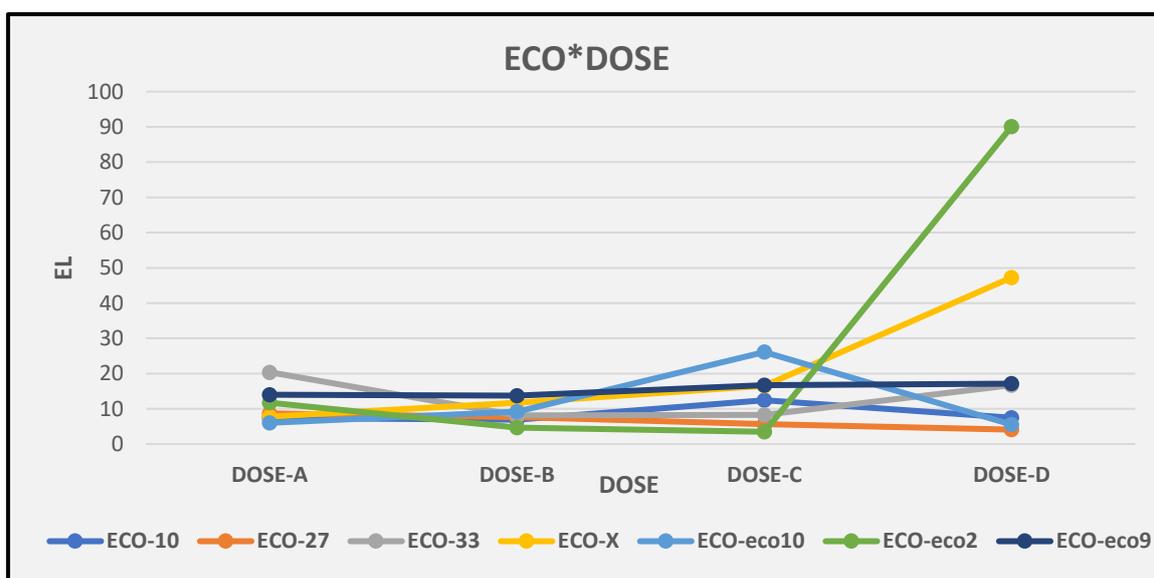
De même, Tanveer *et al.* (2019) lors de ses études sur la tomate, confirme les résultats mentionnés par les auteurs précédents en citant que la teneur relative en eau était maximale en cas de contrôle et minimale pour les plantes exposées à la salinité. Nos résultats affichent une légère diminution négligeable et non significatif de la TRE (0.58%) pour la plus grande dose (12g/l) face au témoin. En se basant sur ces conclusions et en observant le comportement unique de ces taxa, il ressort la nécessité de mettre l'accent sur ces ressources afin de confirmer leur tolérance. Les cultivars de *Vicia narbonensis* étudiés sous stress salin par Mezni *et al.* (2013) se sont avérés performante en restant assez hydratés sous le traitement le plus stressant (7.5g/l) affichant une valeur égale à 81%. En l'occurrence, nos accessions se sont montrées plus tolérantes et affichent une valeur supérieure (85.24%) à celle citée par Mezni *et al.* (2013) et sous un traitement plus intense (12g/l) (**tableau 21**).

### 3.3.3.2 Perméabilité membranaire :

La diminution de la croissance des plantes dans les sols salins est causée par le potentiel osmotique et hydrique du sol, la toxicité spécifique et le déficit nutritionnel. (Zhu, 2001 ; Castroluna *et al.*, 2014). Souvent, les membranes des cellules végétales sont sous réserve de modifications liées aux augmentations dans la perméabilité et la perte d'intégrité sous stress environnementaux (Blokhina *et al.*, 2003 Abbasi *et al.*, 2014).

Nos analyses montrent que l'effet moyen Dose affecte significativement la perméabilité membranaire et passe de 10.85% en absence de stress à 12.74% sous dose modérée( 8g/l) et à 26.90% sous dose forte (12g/l), soit des augmentations de 17.42 et 147.93%. En revanche, une diminution de 18.36% a été observée sous dose faible (4g/l) (**tableau 21**).

Une moyenne égale à 14.83% a été enregistrée pour cette variable (**tableau 19**). L'effet moyen combiné (Accession\*Dose) montre que les accessions eco2 (*V. narbonensis* L.) et X (*V. sativa* spp. *obovata*) présentent les valeurs les plus élevées (27.49 et 20.83%) ce qui reflète leur grande sensibilité (**figure 54**).



**Figure 54** : valeurs moyennes de l'effet principal dose de la variable perméabilité membranaire sur les accessions de vesce étudiées.

Abdel Motaleb *et al.* (2019) mentionne que la salinité affecte déléterement la perméabilité membranaire des Haricots avec des différences significatives entre les niveaux. Les dommages de la membrane cellulaire sont considérés parmi les causes principales de la diminution du rendement et ses composantes. Généralement, la salinité peut entraîner des stress hyper ioniques et hyper osmotiques, un dysfonctionnement cellulaire et métabolique, y compris des dommages à la membrane cellulaire (Tlahig *et al.*, 2020), qui reste rarement intacte sous conditions de salinité élevées (Ali *et al.*, 2004). Ceci a été remarqué de façon évidente lors de notre étude, notamment pour l'accession eco2 qui a affiché une valeur très élevé (90.09%) sous la forte dose de traitement salin, reflétant sa grande sensibilité aux taux élevés de salinité. De même, il a été rapporté que les membranes cellulaires sont très sensibles aux contraintes (Tayefi-Nasrabadi *et al.*, 2011). Par conséquent, l'accumulation de

concentrations élevées de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> dans les chloroplastes a été prouvée qu'elle endommage les membranes des thylakoïdes (Omoto *et al.*, 2010 ; Bacha *et al.*, 2016). Dans notre cas, il s'est avéré que la perméabilité de l'accession X augmente dans la mesure où le taux de salinité augmente et passe de 7.77% sous contrôle à 11.70, 16.55 et 47.27% sous la dose faible, modérée et forte. Ces données corroborent ceux cités par Alzahrani *et al.*, (2019) sur deux génotypes de *Vicia faba* cultivées sous stress salin.

En contrepartie, les plus petites valeurs de cet attribut (6.51 et 8.55%) sont accordées respectivement aux individus 27 (*V. sativa* spp. *angustifolia*) et 10 (*V. peregrina* L.) ce qui exprime leur grande tolérance et donne une importance particulière à ces individus. Ainsi, l'accession 27 a énoncé un modèle particulier de réponse à la salinité et présente une diminution de la perméabilité membranaire étant donné que le taux de traitement augmente (**figure 54**), ce dernier est complètement en contradiction avec la majorité des résultats cités par les auteurs en bibliographie ce qui nous incite à accorder plus d'attention à cette accession et à l'exposer a plus d'analyses expérimentales.

### 3.3.3.3 La teneur en chlorophylle A et B :

Une teneur insuffisante en chlorophylle peut entraîner un dysfonctionnement du photosystème, provoquant une chute de la fixation du CO<sub>2</sub> total (Woodward et Bennett 2005 ; Bashir *et al.*, 2015). Cela a une incidence directe sur la croissance et la productivité de la plante (Hussein *et al.*, 2017). On sait que le principal pigment trouvé dans la majorité des organismes photosynthétiques oxygénés est la chlorophylle. La teneur en chlorophylle est l'un des principaux facteurs qui reflètent le taux de photosynthèse (Mao *et al.*, 2007). Certains auteurs ont suggéré que la variation de la teneur en pigment peut fournir des informations précieuses sur les performances physiologiques des feuilles et indique leur capacité photosynthétique ainsi que la présence des stress ou des maladies (Boquera et Morales 2010 et Bacha *et al.*, 2016).

L'analyse de variance montre que l'effet moyen accessions étudié sur la chlorophylle A permet de différencier cinq groupes homogènes. En tête de classement, on observe les accessions élites avec les valeurs les plus élevée enregistré par l'accession 33 (2.4192 mg/g) et 10 (2.4186 mg/g), suivi par l'accession X ayant une valeur de 1.8203 mg/g. En revanche, les individus eco10, eco9 et eco2 appartenant à l'espèce *V. narbonensis* L. et l'accession 27 affiliées à l'espèce *V. sativa* spp *angustifolia* se trouvent en fin de classement avec les valeurs les plus faibles (0.43, 0.56, 0.99 et 1.18 mg/g) (**tableau 23**). Parallèlement, seulement deux

groupes ont pu être observés lors de l'étude de la teneur en chlorophylle B. le premier est constitué par les taxa 33, 10 et X exposant des valeurs supérieures à la moyenne. Alors que le deuxième comprend les accessions 27, eco2, eco9 et eco10 avec des valeurs inférieures à la moyenne (**tableau 24**).

**Tableau 23** : comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la variable teneur en chlorophylle A

Accession	Moyenne estimée (CHLO A (663))	Groupes			
33	2,4192	A			
10	2,4186	A			
X	1,8203		B		
27	1,0757			C	
eco2	0,9906			C	D
eco9	0,5552				D E
eco10	0,4318				E

**Tableau 24** : comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la variable teneur en chlorophylle B

Accession	Moyenne estimée (CHLO B (647))	Groupes	
10	2,6109	A	
33	2,5751	A	
X	2,1831	A	
27	1,1848		B
eco2	1,1694		B
eco9	0,4644		B
eco10	0,4531		B

L'effet moyen Dose affecte positivement la teneur en chlorophylle A et B et constitue globalement deux groupes homogènes de traitements. Le premier groupe comporte le témoin, la dose faible et la dose modérée ou aucun effet significatif n'a été observé entre eux, seulement une légère augmentation du taux de chlorophylle à la fois A et B a été enregistré pour la dose faible et modérée face au témoin (**tableau 25, 26**).

**Tableau 25** : comparaison des moyennes de l'effet principal Dose sur la variable teneur en chlorophylle A

Accession	Moyenne estimée (CHLO A (663))	Groupes	
D	2,1905	A	
B	1,2764		B
C	1,1325		B
A	0,9499		B

**Tableau 26** : comparaison des moyennes de l'effet principal Dose sur la variable teneur en chlorophylle B

Accession	Moyenne estimée (CHLO B (647))	Groupes	
D	2,2788	A	
C	1,4661		B
B	1,4229		B
A	0,9127		B

Abdelraouf *et al.* (2016) mentionne qu'une augmentation de la concentration en sel dans la solution d'irrigation des cultivars de fèves n'affectent pas la teneur en chlorophylle A et B des feuilles des plantes. Aussi, il n'y avait pas de différences significatives entre les cultivars d'haricot par rapport à la teneur en chlorophylle A et B sous stress salin. Beinsan *et al.* (2003) lors de ces études sur quatre variétés locales d'haricots de la région de Banat remarque qu'un niveau inférieur de stress induit une augmentation de la teneur en chlorophylle. Ceci est en ligne avec nos résultats.

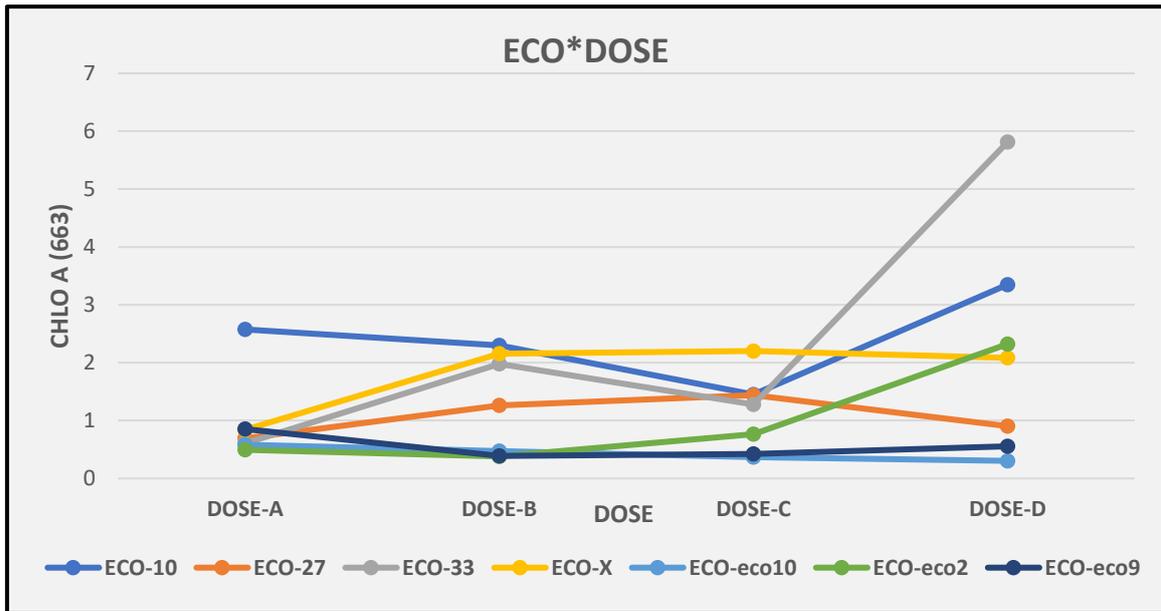
D'autre part, le second groupe comprend la dose forte présentant un effet significatif et affecte positivement et d'une manière considérable la teneur en chlorophylle A (2.19 mg/g) et B (2.28 mg/g) avec des hausses de 130.53 et 150.55% respectivement par rapport au témoin. Les résultats concernant l'augmentation de la teneur en chlorophylle avec l'augmentation des concentrations de sel concordent avec ceux rapportés par Misra *et al.* (1997) et Abdul Qados (2011). Ils ont indiqué que le stress induit par le chlorure de sodium sur les deux espèces *Oryza sativa* L. et *Vicia faba* L. augmente de manière significative la teneur en chlorophylle des semis de ces dernières. De plus, il a été mentionné par Jamil *et al.* (2007) que l'augmentation des concentrations de chlorure de sodium (zéro, 50,150 mM) a augmenté la teneur totale en chlorophylle des feuilles de la canne à sucre (*Beta vulgaris* L.), et qu'il s'agissait d'une augmentation significative.

L'effet combiné (Accessions\*Dose) montre que le traitement salin fort (12g/l) affecte positivement et d'une manière conséquente la teneur en chlorophylle A des accessions 33 (5.81mg/g), 10 (3.35mg/g), X (2.08mg/g) et eco2 (2.32mg/g) par comparaison au témoin (0.61, 2.58, 0.81 et 0.5 mg/g) (**figure 55**). Chez l'haricot commun (*Phaseolus vulgaris*), les mécanismes d'évitement des stress comprennent principalement l'augmentation de la pigmentation de la chlorophylle des feuilles (Martinez *et al.*, 2007). Ces résultats sont en contradiction avec ceux obtenus par Netondo *et al.* (2004) sur deux variétés kenyanes de sorgho indiquant que la plus forte dose de traitement (250mM) induit une diminution de 70 et 58% de Chl A et 68 et 69% de Chl B.

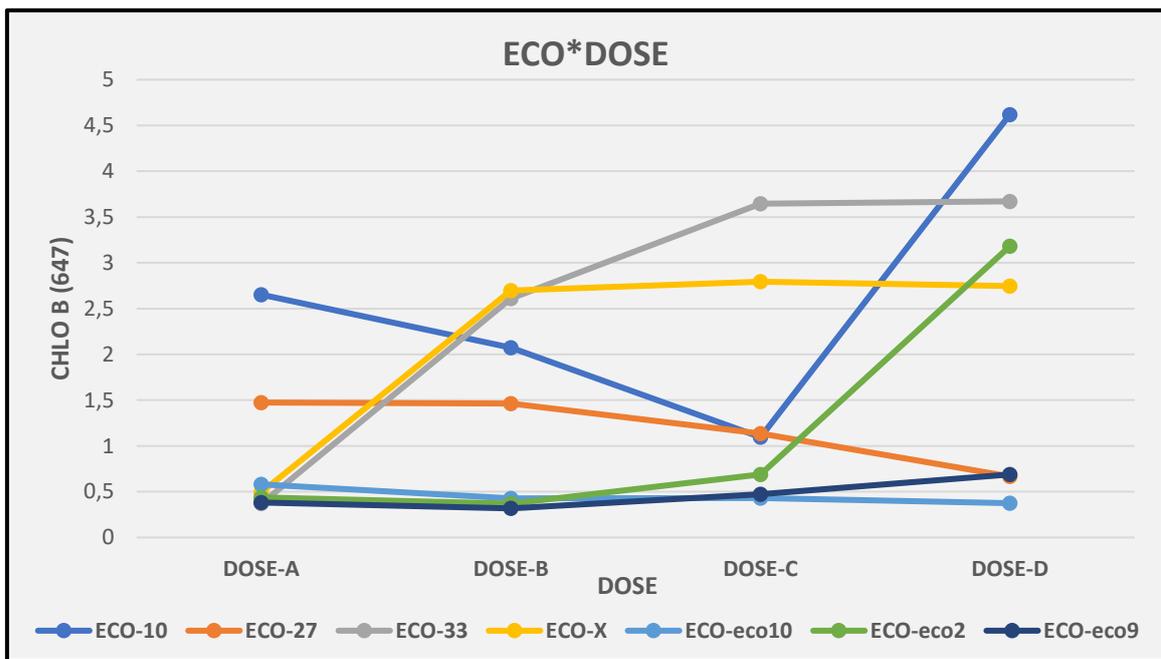
Tandis que les accessions eco10 et eco9 se sont avérées les plus sensibles et affichent une réponse descendante à mesure que la concentration de salinité augmente (**figure 55**). Le stress salin (NaCl) diminue la teneur en chlorophylle de la plante en augmentant l'activité de l'enzyme de dégradation de la chlorophylle : chlorophyllase (Rao et Rao, 1981), induisant la destruction de la structure de chloroplaste et l'instabilité des complexes protéiques pigmentaires (Sing et Dubey, 1995).

Les mêmes résultats de la teneur en chlorophylle A ont été notés pour la chlorophylle B avec le même classement cité précédemment, seulement avec des teneurs un peu plus élevées pour cette dernière. Une corrélation positive a été notée entre la teneur en chlorophylle B et le taux de traitement de salinité pour quasiment toutes les accessions. Les deux taxa eco10 et 27 ont fait l'exception en terme de réponse à la salinité et exhibent une relation négative, c'est-à-dire plus la concentration de salinité est élevée, plus la teneur en chlorophylle B est faible (**figure 56**). Des résultats similaires ont été rapportés par El-Sayed (2011), qui a constaté que la salinité avait tendance à réduire la teneur en chlorophylle de la fève cv. *Gizeh*. La réduction de la teneur en chlorophylle, en raison d'une synthèse lente ou d'une dégradation rapide, indique qu'il existe un mécanisme de photo protection en réduisant l'absorbance de la lumière en diminuant la teneur en chlorophylle (Elsheery et Cao, 2008).

Les teneurs les plus élevées des pigments A (5.81 et 3.35 mg/g) et B (3.67 et 4.62 mg/g) étaient observées chez les accessions 33 et 10, soumises au plus grande dose de salinité (12g/l). En contrepartie, les plus petites valeurs de ces deux pigments (0.3 et 0.32 mg/g) sont attribuées au eco10 et eco9 de la Vesce Narbonne. Il a été observé par Nieman (1962) que les espèces végétales diffèrent dans leur réponse à la salinité par rapport à la teneur en chlorophylle, dans le navet et le chou, la teneur en chlorophylle s'accroît en raison de la salinité, par contre dans le blé la salinité baisse la teneur totale en chlorophylle. Cela explique exactement la variété intra et inter spécifique observé dans notre étude en matière de réponse à la salinité.



**Figure 56 :** valeurs moyennes de l'effet interaction « Accession\*Dose » de la variable chlorophylle A sur les accessions de vesce étudiées.



**Figure 56 :** valeurs moyennes de l'effet interaction « Accession\*Dose » de la variable chlorophylle B sur les accessions de vesce étudiées.

### 3.3.3.4 La teneur en proline :

La proline est l'osmolyte endogène le plus courant accumulée sous divers stress abiotiques, y compris la salinité (Szabados et Savouré, 2010 ; Slama *et al.*, 2015). Elle atténue les effets des ROS en initiant des mécanismes enzymatiques efficaces de détoxification (SOD, APX, CAT, etc.) grâce à des ajustements osmotiques et protège l'intégrité cellulaire de la membrane (Szabados et Savoure, 2010 ; Reddy *et al.*, 2015 et

Hosseinifard *et al.*, 2022). La proline sert également de source majeure d'énergie et d'azote pour la croissance des plantes en situation de stress. Non seulement cela, mais la proline agit comme un régulateur de croissance des plantes en participant au métabolisme et à l'activation de divers processus de signalisation (Szabados et Savoure, 2010 et Sharma *et al.*, 2011).

L'effet moyen Accession affecte significativement la teneur en proline et permet de distinguer trois différents groupes homogènes. Le premier comprend l'accession 33 avec une très grande teneur en proline (37.71 ug/mg). Suivi par le groupe de l'individu 10 exhibant une teneur proche de 10 ug/mg. Ces deux dernières sont considérées comme très performantes et leurs valeurs dépassent la moyenne générale (8.98 ug/mg). En fin, se trouvent la dernière catégorie constituée des accessions 27, eco2, X, eco10 et eco9 affichant tous des teneurs inférieure à la moyenne avec respectivement (4.52, 3.46, 3.03, 2.12 et 2.05 ug/mg) (**tableau 27**).

**Tableau 27** : comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la teneur en proline

Accession	Moyenne estimée(C (ug/mg)/pro)	Groupes		
33	37,7106	A		
10	9,9956		B	
27	4,5163			C
eco2	3,4583			C
X	3,0268			C
eco10	2,1196			C
eco9	2,0470			C

La proline fait partie des composés solutés compatibles, et son accumulation est un indicateur de conditions de stress excessif. L'accumulation de proline aide les plantes à améliorer leurs capacités de tolérance au stress et à renforcer leur activité antioxydante pour détoxifier les éléments délétères pour la cellule (Li *et al.*, 2020). Aussi, Ahmad (2012) a signalé que des cultivars de moutarde tolérants au sel ont accumulé plus de proline que les cultivars sensibles. C'est ce qui a été observé dans notre cas pour l'accession 33 et 10. En outre, Il a été observé dans un précédent travail de (Bacha *et al.*, 2015) que *Solanum lycopersicum* L. traité avec différentes concentrations de salinité, accumule l'osmoprotecteur proline en grande quantité comme mécanismes de protection pour s'acclimater au stress abiotique.

L'effet moyen Dose affecte significativement la teneur en proline qui montre une relation positive avec le taux de salinité, c'est à dire, plus la dose est forte, plus la teneur en proline augmente. Cette dernière passe de (6.74 ug/mg) en absence de stress à (7.44 ug/mg) sous dose faible, (10.60 ug/mg) sous dose modérée et à (11.15 ug/mg) sous dose forte (**tableau 28**). Ces augmentations sont respectivement de l'ordre de 10.39, 57.27 et 65.43%. Seulement deux différents groupes homogènes ont pu être différenciés. Le premier comporte le témoin et la dose faible. Tandis que le deuxième est constitué de la dose modérée et forte.

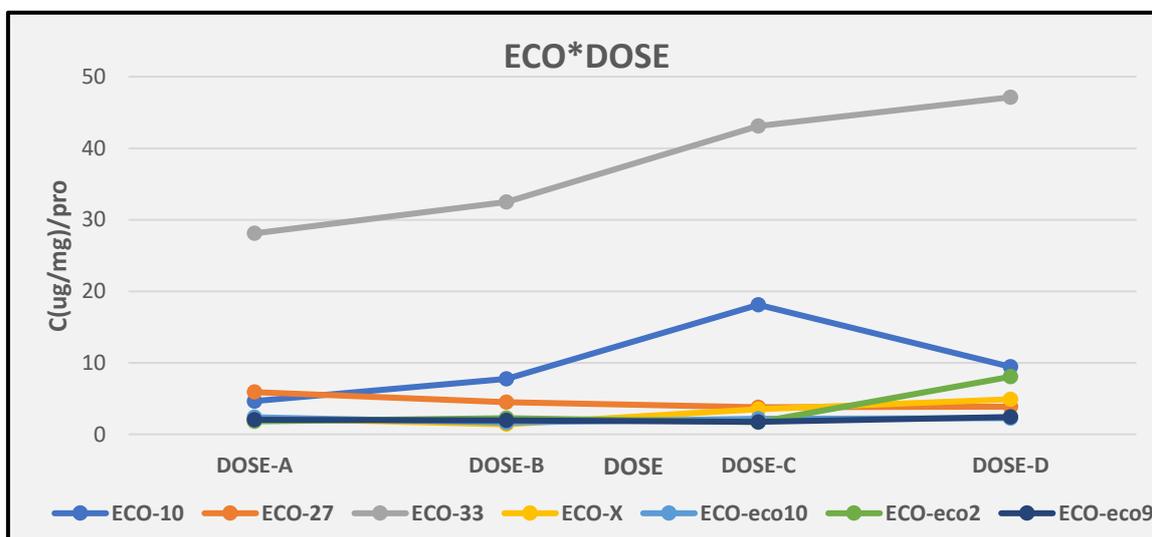
**Tableau 28** : comparaison des moyennes de l'effet principal Dose sur la teneur en proline

Accession	Moyenne estimée(C (ug/mg)/pro)	Groupes	
D	11,1531	A	
C	10,5974	A	
B	7,4357		B
A	6,7419		B

De Rossi *et al.* (2021) a mentionné que le taux de proline a été multiplié par 3 chez les plantes de *Sulla coronaria* L. exposées à 200 mM de NaCl par rapport au témoin. Nos résultats concordent ces données mais avec une multiplication plus petite de l'ordre de 1.65.

L'effet moyen combiné (Accession\*Dose) montre que la salinité affecte positivement l'accession 33 qui a affiché une haute performance en terme de cette variable, déployant une réponse positive dans la mesure où la salinité augmente (**figure 57**). L'accession 27 a montré complètement le contraire affichant une réponse négative à la salinité. De plus, il s'est avéré que la forte dose de salinité affecte positivement la plus part des accessions provoquant une augmentation de la teneur en proline. La teneur la plus élevée (47.13 ug/mg) en proline est enregistré chez l'accession 33 sous la plus forte dose de traitement (12g/l). Tandis que la plus petite valeur (1.4 ug/mg) s'est affichée par l'accession X sous la plus faible concentration de salinité (4g/l). D'une manière générale, nos résultats ont démontré que la proline était hautement accumulée dans les accessions traitées avec une concentration supérieure à 200 mM, suggérant que les plantes déclenchent le système de piégeage des ROS pour se protéger du stress oxydatif généré suite à l'exposition au stress salin excessif (Li *et al.*, 2020). En plus, De nombreuses fonctions ont été postulées pour l'accumulation de proline dans les tissus végétaux, la proline et les acides aminés libres pourraient être impliqués dans l'ajustement des plantes (Delavari *et al.*, 2010) et pourrait également être un agent protecteur des enzymes et des membranes (Abdalla et Selem, 2014). La proline peut non seulement agir comme osmorégulateur mais jouent également un rôle dans la protection des enzymes

et de la structure des macromolécules, et comme réservoir d'énergie et d'azote pour utilisation lors de l'exposition à la salinité (Tounektia *et al.*, 2011 et Abdelgawad *et al.*, 2015). Selon Carimi *et al.* (2005) la proline est accumulée dans le cytoplasme et ses organites afin de maintenir la photosynthèse.



**Figure 57** : valeurs moyennes de l'effet interaction « Accession\*Dose » de la variable teneur en proline sur les accessions de vesce étudiées.

### 3.3.3.5 Teneur en sucres solubles :

Les légumineuses tolérantes au sel réalisent l'ajustement osmotique en impliquant une coordination fine entre des mécanismes physiologiques dont l'importance semble varier entre racines, nodules et tiges (Farissi *et al.*, 2011 et Faghire *et al.*, 2011). L'une des stratégies adaptatives de tolérance à la salinité, qui maintient l'homéostasie osmotique intracellulaire, est l'accumulation d'osmolytes (ou osmoprotecteur), principalement les sucres (Farissi *et al.*, 2011). L'accumulation de solutés compatibles tels que les sucres solubles et la proline dans les plantes peuvent provoquer des rétentions de l'humidité foliaire dans des conditions de stress environnemental (Attarzadeh *et al.*, 2019).

Trois groupes d'individus ont été obtenus lors de l'analyse de variance basée sur le test de comparaison des moyennes (LSD). L'effet moyen Accession nous a montré que le taxon 33 présente la valeur la plus haute (31.26 ug/mg) concernant la teneur en sucres solubles et constitue le premier groupe. Le deuxième groupe (accession X) affiche une teneur égale à 20.03 ug/mg. Ces deux derniers sont considérés comme les meilleures en termes d'accumulation de cet osmoprotecteur et en matière de tolérance. En contrepartie, les

accessions (10, 27, eco9, eco2 et eco10) construisent le dernier groupe exposant les valeurs les plus faibles avec respectivement (2.93, 2.81, 0.97, 0.85 et 0.78 ug/mg) (**tableau 29**).

**Tableau 29** : comparaison des moyennes de l'effet principal Accession sur la teneur en sucres solubles

Accession	Moyenne estimée (suc/ (ug/mg))	Groupes		
33	31,2603	A		
X	20,0287		B	
10	2,9272			C
27	2,8073			C
eco9	0,9693			C
eco2	0,8488			C
eco10	0,7816			C

Les sucres peuvent contribuer à plus de 50% dans l'ajustement osmotique des glycophytes soumis à la salinité (Ashraf et Harris, 2004).

L'effet moyen Dose sépare trois types d'ensembles, d'une part on trouve la dose forte suivi par le témoin affichant les concentrations les plus élevés et d'autre part se présente la dose faible et modérée affectant négativement la teneur en sucres solubles passant de 11.76 ug/mg à 1.52 et 3.06 ug/mg respectivement. La dose forte provoque une hausse de 50.77% par rapport au contrôle (**tableau 30**).

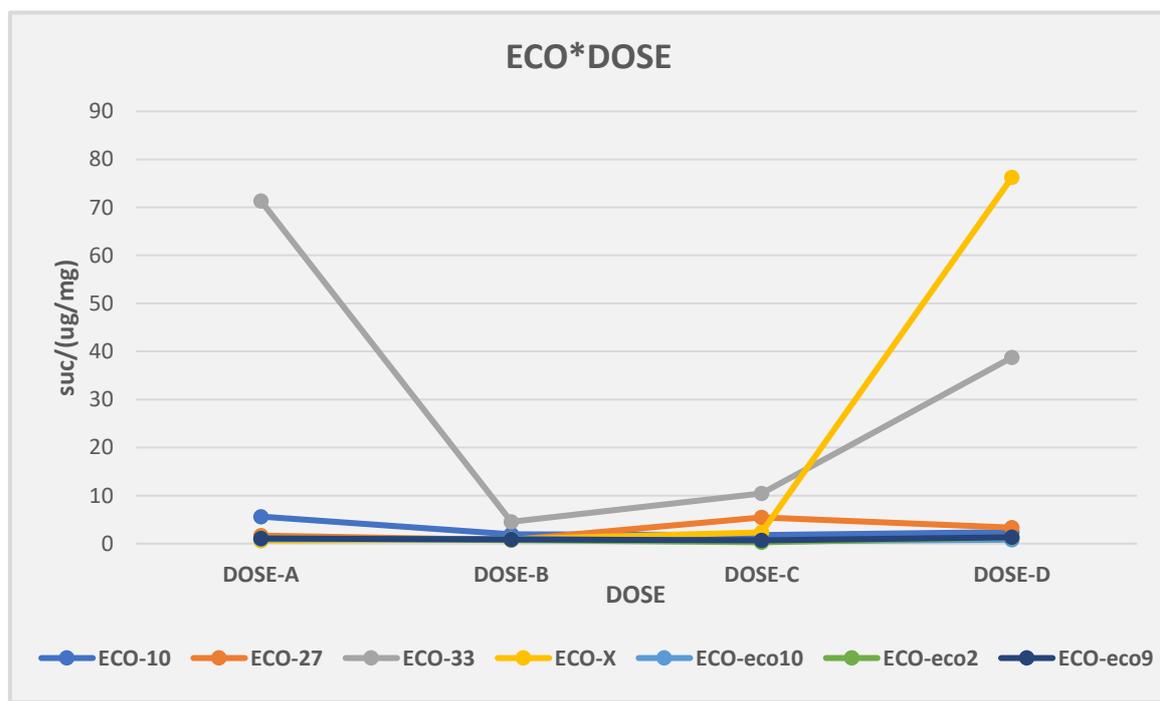
**Tableau 30** : comparaison des moyennes de l'effet principal Dose sur la teneur en sucres solubles

Accession	Moyenne estimée (suc/ (ug/mg))	Groupes		
D	17,7315	A		
A	11,7588		B	
C	3,0615			C
B	1,5186			C

L'effet moyen combiné (Accession\*Dose) montre que l'accession X affiche la réponse la plus favorable où l'augmentation de la teneur en sucres soluble s'observe au fur et à mesure avec l'augmentation de la concentration en sel et ceci concerne les dose faible et modérée. Tandis que la dose forte a provoqué une augmentation brusque et enregistre une valeur aberrante (76.25 ug/mg). Alors que, l'accession 33 affiche une baisse considérable de la teneur en sucres soluble (4.54 ug/mg) sous dose faible, face au témoin (71.33 ug/mg). Puis, son exposition au deux dose modérée et forte crée une tendance à la hausse avec des valeurs de l'ordre de 10.43 et 38.75 ug/mg. De plus, Le traitement modéré et fort a provoqué des augmentations de la teneur en sucres chez l'individu 27 (**figure 58**). Azarafshan et

Abbaspour (2014) ont rapporté que les deux variétés de *lotus corniculatus* « Karaj » et « Jofla » ont montré des teneurs élevées en sucres solubles notamment sous des niveaux élevés de salinité. Ghaffarian *et al.* (2020) ont trouvé que la salinité de l'eau d'irrigation de 9 et 14 dS m<sup>-1</sup> par rapport au niveau de salinité de 4 dS m<sup>-1</sup> a augmenté la teneur en sucre soluble de la plante Kochia en 65,7 % et 52,7 % respectivement. Ceci est en ligne avec nos résultats notamment ceux trouvés sur l'accession X. D'autre part, l'augmentation du stress de salinité a provoqué une diminution des sucres solubles dans la plante Guar (Ghaffarian *et al.*, 2020). Bien que la majorité des chercheurs ont rapporté que les stress environnementaux augmentent la teneur en sucres solubles des plantes, il y a eu des résultats contradictoires dans certaines études (Seki *et al.*, 2007 ; Jiménez-Becker *et al.*, 2019).

Sharma *et al.* (2019) a indiqué que dans l'ensemble, le contenu en sucres solubles montre une tendance à la baisse, puis une tendance à la hausse, ceci a été observé lors de notre étude d'une façon évidente sur toutes les accessions mis à part le taxon X, affichant une tendance à la hausse dès son exposition à la plus faible concentration de salinité (**figure 58**).



**Figure 58** : valeurs moyennes de l'effet interaction « Accession\*Dose » de la variable teneur en sucres solubles sur les accessions de vesce étudiées.

### 3.3.4 Réponse morphologique, physiologique et biochimique des accessions étudiées sous le traitement 4g/l NaCl

Toutes les modalités des variables mesurées ont été transformées en indices de tolérance à la salinité utilisant la méthode expliquée précédemment dans la partie analyses

statistiques. Ces valeurs ont été ensuite utilisées pour élaborer une analyse en composante principale afin de réduire le jeu de données en seulement deux axes et de déterminer les variables les plus ségréantes (discriminantes) de ces axes. Les deux premiers facteurs de l'ACP présentent 67.77% de l'ensemble de la variabilité des accessions ce qui nous permet de l'interpréter avec crédibilité. Les deux facteurs (F1 et F2) emprisonnent successivement 44.43 et 23.34% de l'ensemble du polymorphisme, soit des valeurs d'inertie égale à 8.44 et 4.44. On observant le cercle de l'ACP, on peut voir que la variable qui contribue le plus à construire le premier axe est l'attribut PF/R (poids frais racinaire) affichant la plus grande valeur (11.44). En contrepartie, il s'observe que la variable C/pro (teneur en proline) est fortement corrélée avec le deuxième facteur avec une valeur de contribution égale à 18.01 (tableau 31).

**Tableau 31** : contribution des variables pour la construction des facteurs de l'ACP sous les différentes doses de salinité

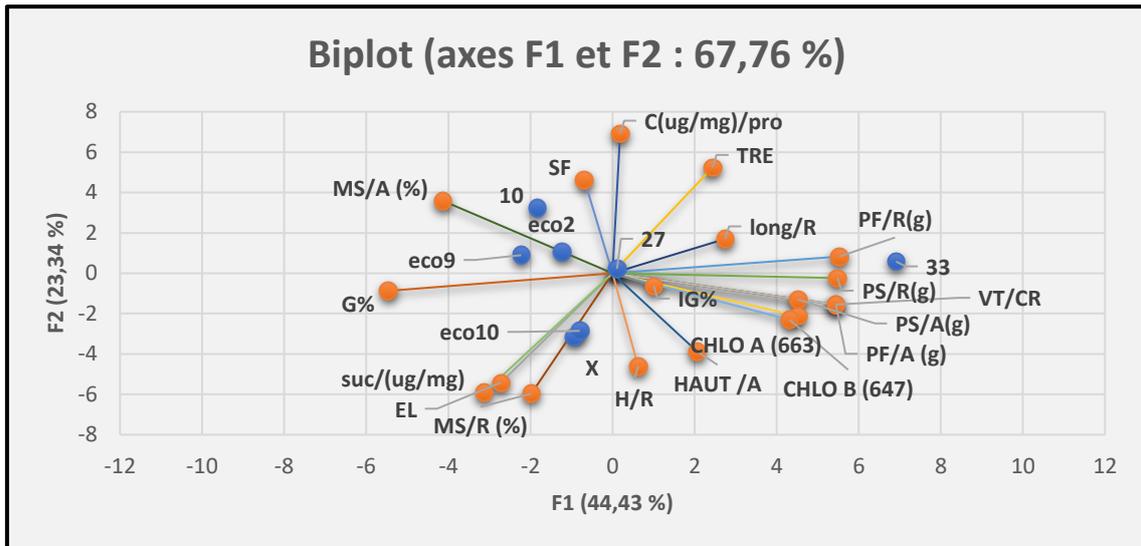
Concentration en NaCl	4g/l		8g/l		12g/l	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
PM	2,7717	10,9889	6,7304	2,5068	0,9819	18,6095
TRE	2,2220	10,2751	9,1365	0,3166	1,0382	0,9714
PFR	11,4416	0,2564	5,7195	0,9230	10,0627	0,1422
PSR	11,2570	0,0213	4,8211	2,0722	9,9133	0,4247
LR	2,8211	1,0819	8,0826	0,5377	8,6691	2,8978
MSR	1,4654	13,3204	0,6621	15,3459	9,4515	1,5903
PFA	11,0978	0,8995	12,0037	1,1030	7,0433	1,9978
PSA	7,6311	0,6225	7,1348	3,9413	7,8384	1,8904
HA	1,5933	5,6301	2,6094	3,6240	6,6083	6,4681
MSA	6,4098	4,8286	7,8909	5,7833	3,3090	0,0045
SF	0,1765	8,0145	0,0304	13,1766	5,1638	0,6711
H/R	0,1464	7,9581	0,0019	1,8958	0,0754	17,0840
VTC	11,0978	0,8995	11,9872	1,1056	7,6720	1,5744
CHL A	7,6610	1,6811	0,0067	9,0975	7,4710	7,0939
CHL B	6,9769	1,9939	2,2653	14,2511	4,2295	15,3563
SUC	3,6712	13,0832	3,0127	0,6844	0,4200	1,5801
PROL	0,0129	18,0118	5,8594	5,6927	0,2735	21,1098
G%	11,1686	0,2847	8,5505	4,6711	3,9885	0,3732
IG%	0,3779	0,1486	3,4949	13,2714	5,7906	0,1604

**TRE** : teneur relative en eau, **PM (%)** : perméabilité membranaire, **CHL A** : teneur en chlorophylle A en mg/g, **CHL B** : teneur en chlorophylle B en mg/g, **PROL** : teneur en proline en ug/mg, **SUC** : teneur en sucre soluble en ug/mg. **G%**= pourcentage de germination, **IG**= vitesse de germination. **LR** : longueur racinaire, **HA** : hauteur aérienne, **VTC** : vitesse de croissance, **SF** : surface foliaire, **H/R** : rapport tige/racine, **PFA** : poids frais aérien, **PFR** : poids frais racinaire, **PSA** : poids sec aérien, **PSR** : poids sec racinaire,

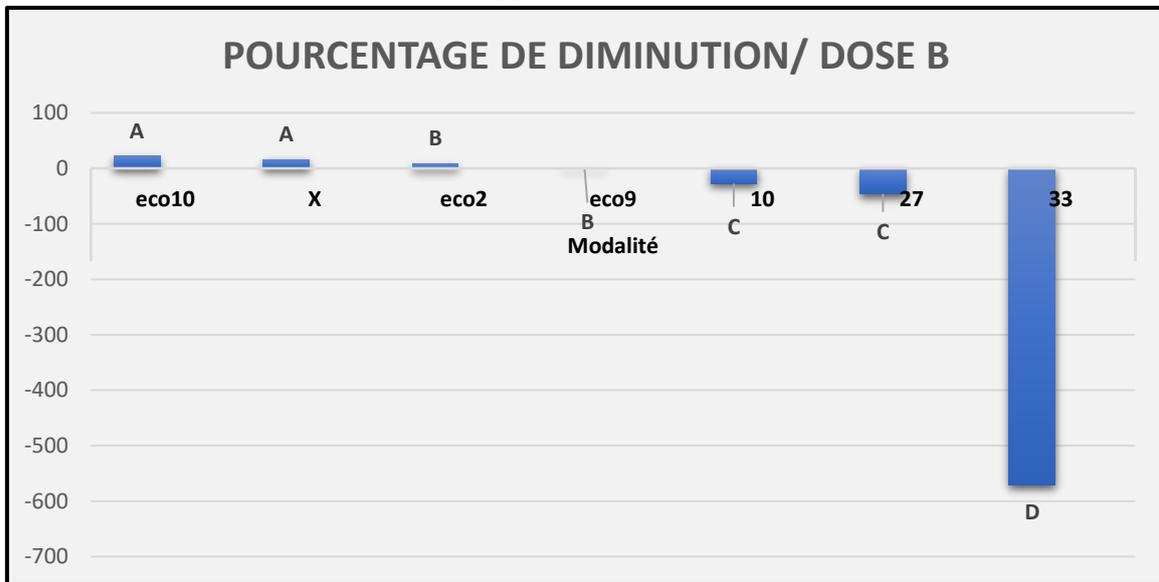
**MSA(%)** : teneur en matière sèche aérienne, **MSR (%)** : teneur en matière sèche racinaire. **VAR** : variables. **FAC** : facteurs de l'ACP.

Le pourcentage de diminution par rapport au témoin des différents paramètres sélectionnés a été calculé en utilisant la formule suivante : Le pourcentage de diminution [%] = [(valeur de contrôle - valeur stressée)/(Témoin)] × 100. La moyenne des pourcentages de diminution des variables les plus discriminantes a été soumise à un test de comparaison des moyennes (LSD) afin de classer les accessions en fonction de leur tolérance. Les individus ayant les petites valeurs sont les plus tolérantes, alors que ceux avec les plus grandes sont les plus sensibles au stress.

La dispersion des accessions dans le cercle d'individus et la comparaison des moyennes des pourcentages de diminution permet de différencier 4 groupes en se basant sur les deux variables les plus discriminantes (PF/R et C/PRO). Le premier groupe comprend l'accession33 situé à l'extrémité du premier facteur et en même temps dans la partie positive du deuxième avec la petite valeur de diminution (-570.64%) (**Figures 59, 60**). Suivi de l'accession 27 enregistrant une valeur égale à (-45.92%) situé au milieu du cercle de l'ACP dans la partie positive des deux facteurs. De plus, le taxon 10 expose une petite valeur de diminution (-27.63) et se situe à l'extrémité du deuxième facteur mais dans la partie négative du premier. Ces accessions semblent être les plus tolérantes au traitement faible 4g/l NaCl en affichant les scores les plus élevés et leurs valeurs négatives désignent que la dose faible agit positivement (provoque une augmentation) sur les deux variables sélectionnées (PF/R et C/PRO). Les accessions eco9 et eco2 situées au milieu du graphe, reflètent une tolérance moyenne et construisent le troisième groupe. En fin, les individus X et eco10 constituent le dernier groupe enregistrant les plus hautes valeurs de diminution (15.39 et 21.77%) des deux variables PF/R et C/PRO ce qui reflète leur grande sensibilité (**figure 60**).



**Figure 59 :** Biplot de l'ACP appliquée sur les indices de tolérance de la dose faible par rapport au témoin.

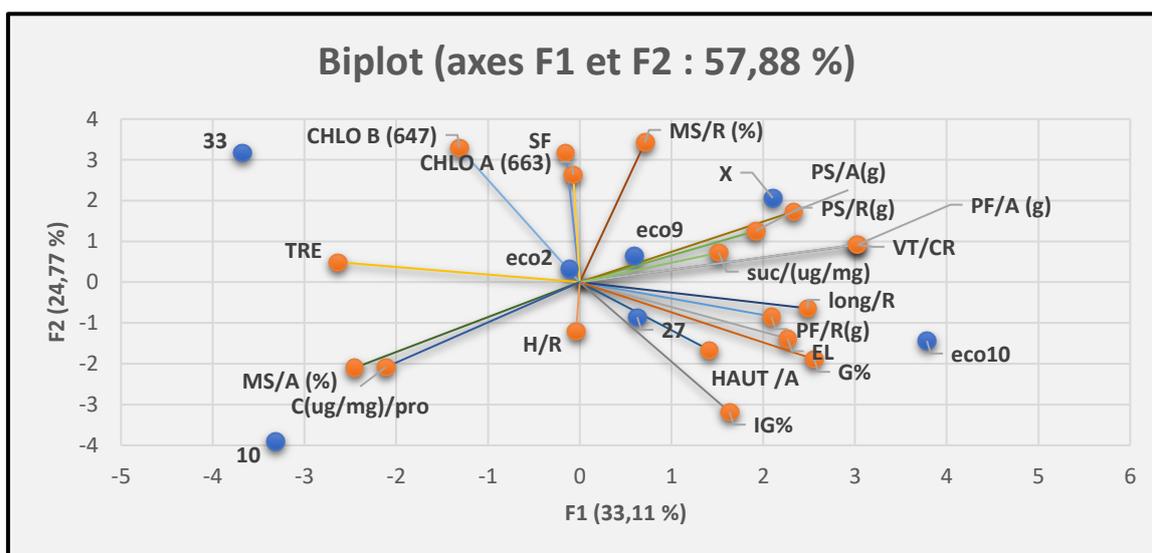


**Figure 60 :** comparaison des moyennes (LSD) des pourcentages de diminution des variables les plus discriminantes de la dose faible par rapport au témoin

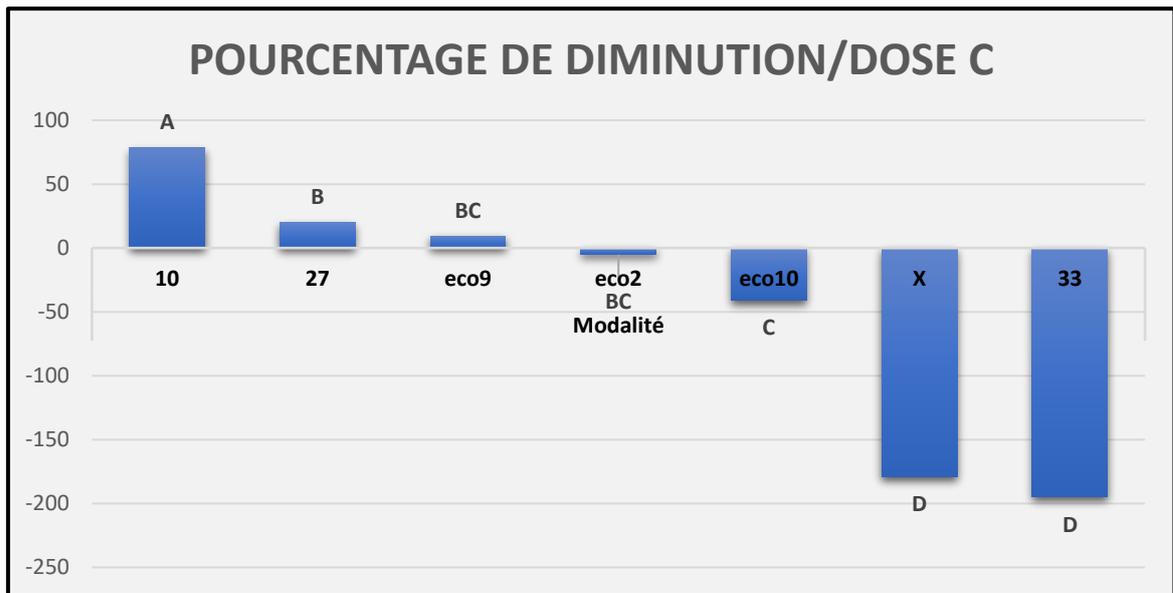
### 3.3.5 Réponse morphologique, physiologique et biochimique des accessions étudiées sous le traitement 8g/l NaCl

L'analyse en composante principale exécuté sur l'ensemble des indices de tolérance de la totalité des variables mesurées dans notre étude montre que les deux premiers facteurs détiennent 57.88% de la variabilité (F1=33.11%, F2=24.77%). Parmi les variables les plus discriminantes et fortement corrélées avec le premier axe, on peut citer les caractères PF/A (poids frais aérien) et VT/CR (vitesse de croissance) avec des valeurs de contribution égale à (12 et 11.98) (**tableau 31**). Tandis qu'au niveau du deuxième facteur, parmi les variables qui ont participé le plus à le construire on trouve MS/R (teneur en matière sèche racinaire)

(15.35) et CHLO B (teneur en chlorophylle B) (14.25). La comparaison des moyennes des pourcentages de diminution nous a permis de distinguer cinq groupes homogènes. Le premier groupe comporte les deux accessions 33 et X affichant les scores les plus faibles avec des pourcentages de (-194.81 et -179.16%) respectivement (**figure 62**). Dans le cercle de l'ACP, la bonne dispersion des points montre que l'accession X s'est avérée très performante en affichant de très bonnes valeurs pour les 4 variables principales. Cette dernière se situe dans la partie positive du cercle (**figure 61**). Tandis que l'accession 33 s'est montrée un peu sensible concernant les variables du premier facteur (PF/A et VT/CR) bien qu'elle expose les meilleures valeurs des variables CHLO B et MS/R. Ce groupe est considéré comme très tolérant. Ensuite, l'accession eco10 constitue le deuxième groupe un peu moins tolérant que le premier et présente des valeurs importantes concernant la vitesse de croissance et le poids frais aérien avec des teneurs relativement faibles en chlorophylle B et en matière sèche racinaire. Le troisième groupe comporte les accessions eco2 et eco9 présentant une tolérance modérée. En revanche, l'effet salinité 8g/l NaCl affecte négativement la réponse de l'accession 27 induisant des diminutions considérables qui touchent la totalité des variables sélectionnées. En fin, se trouve l'accession 10 située en bas du graphe dans la partie négative des deux facteurs ce qui reflète de manière évidente sa grande sensibilité confirmée par sa valeur de pourcentage de diminution la plus élevée (78.42%) (**Figures 61, 62**).



**Figure 61** : Biplot de l'ACP appliquée sur les indices de tolérance de la dose modérée par rapport au témoin

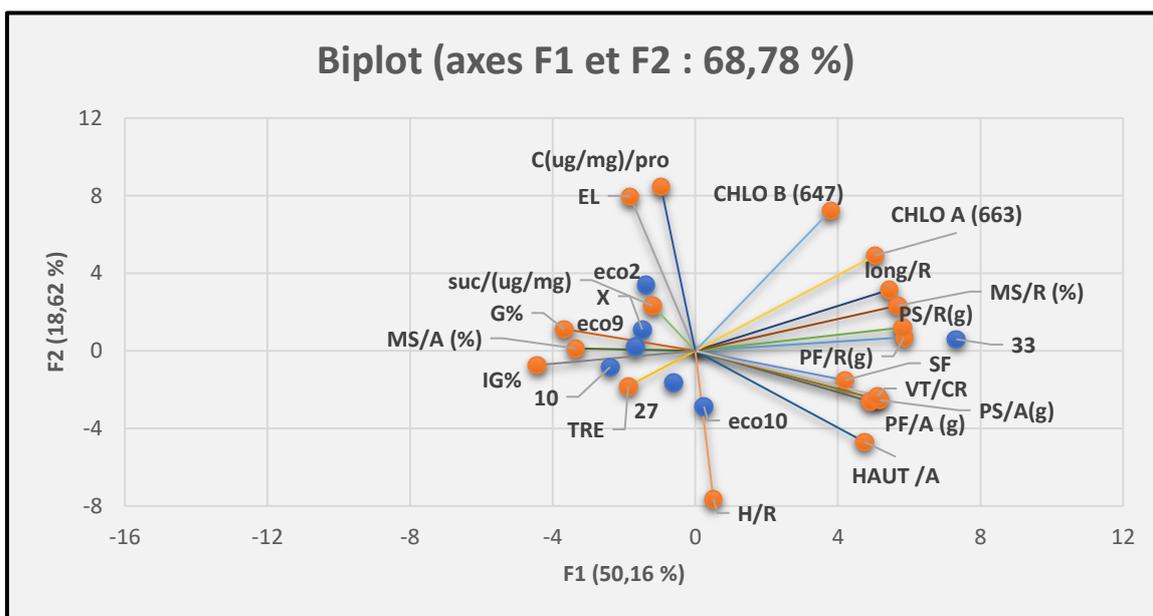


**Figure 62** : comparaison des moyenne (LSD) des pourcentages de diminution des variables les plus discriminantes de la dose modérée par rapport au témoin

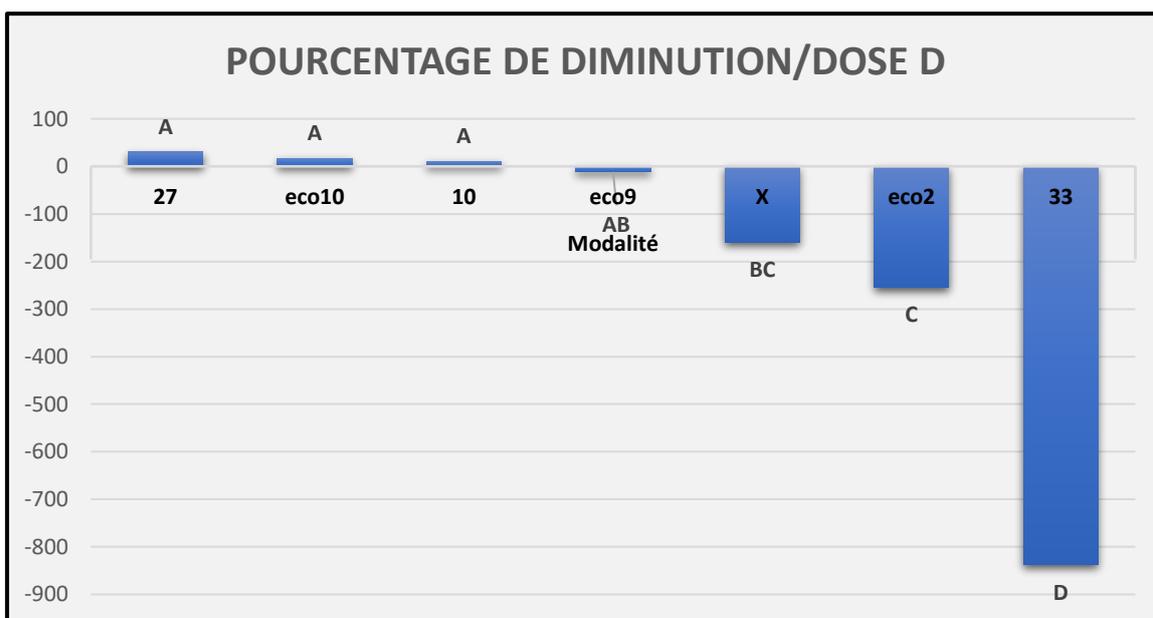
### 3.3.6 Réponse morphologique, physiologique et biochimique des accessions étudiées sous le traitement 12g/l NaCl

Après exposition des données collectées aux différents traitements statistiques cités précédemment, il ressort que les caractères qui participent le plus à définir le premier facteur de l'ACP sont ceux liés au système racinaire, notamment le poids frais racinaire (PF/R), le poids sec racinaire (PS/R) et la teneur en matière sèche de ce dernier (MS/R). Parallèlement, le deuxième facteur de l'analyse se caractérise mieux par les variables physiologiques et biochimiques à savoir : la teneur en proline (C/PRO), la perméabilité membranaire (EL) et la concentration de la chlorophylle B (CHLO B) (**tableau 31**). Cinq groupes homogènes ont pu être séparés après le test (LSD) de comparaison des moyennes des pourcentages de diminution par rapport au témoin des caractères jugées comme les plus discriminantes. Il s'est avéré que les trois premiers groupes sont les plus tolérantes mais avec des degrés divers. Au premier rang, l'accession 33 confirme sa forte tolérance aux fortes doses de salinité et présente le score le plus faible de diminution (-837.19%). Cette dernière se situe à l'extrémité du premier facteur au milieu du deuxième et montre des performances élevées en termes des caractères morphologiques liées à la fois au système racinaire et aérien (**figure 63**). Suivi par l'accession eco2 (-254.12%) positionnée en haut du deuxième facteur au milieu du premier et montre des performances élevées en matière des caractères physiologiques et biochimiques. Juste en bas de cette accession on observe l'individu X avec une tolérance un peu plus moins que celle des deux précédents (-159.79%). Puis, juste au milieu du graphe s'affiche le taxon eco9 avec une tolérance modérée exhibant une valeur de diminution (-

11.62%) qui séparent les accessions étudiées en deux groupes : tolérant et sensible. Une légère augmentation a été observée sur cette accession, cela reflète parfaitement sa stabilité face aux concentrations élevées de salinité. En fin de classement, les accessions 27 eco10 et 10 s'avèrent les plus affectées par la dose sévère du traitement se situant tout en bas du cercle de l'ACP avec les pourcentages les plus élevés de diminution (30, 16.73 et 10.37%), cela confirme de façon évidente leur grande sensibilité (**figures 63, 64**).



**Figure 63 :** Biplot de l'ACP appliquée sur les indices de tolérance de la dose forte par rapport au témoin



**Figure 64 :** comparaison des moyennes (LSD) des pourcentages de diminution des variables les plus discriminantes de la dose forte par rapport au témoin

La classification des accessions à travers différentes analyses statistiques ( ACP, pourcentages de diminution des indices de tolérance et test de comparaison des moyennes « LSD ») montre que l’accession 33 (*V. sativa* spp. *consobrina*) se présente comme la plus tolérante au stress et cela s’est observé au niveau des trois doses NaCl appliquées, faible, modérée et sévère. Cette dernière a présenté des augmentations considérables des indices de tolérance pour toutes les variables sélectionnées lors de l’analyse multivariée (ACP) aussi bien morphologiques que physiologiques et biochimiques. Cette réponse positive et stable face à la salinité, nous permet de faire l’hypothèse que cette accession peut être une espèce Halophyte, et cette supposition doit être confirmée avec plus d’essais et à travers des approches plus précises. De plus, la décision de l’incorporer dans les programmes de sélection de tolérance au sel dépend de la combinaison de la tolérance au sel à différents stades de croissance (Zeng *et al.*, 2002). En contrepartie, l’accession 27 s’avère la plus sensible avec les pourcentages des diminutions les plus élevées notamment sous la dose modérée et forte de salinité. L’analyse en composante principale appliquée sur les indices de tolérances transformés à partir des valeurs mesurées sur 19 variables morphologiques, physiologiques et biochimiques, nous a permis d’identifier ceux qui participent le plus à séparer les espèces de Vesces en se basant sur leurs comportements et leurs réponses différentes face aux plusieurs doses de NaCl. A la lumière de ces résultats et en l’absence des méthodes efficaces d’évaluation de la tolérance au sel dans le processus de dépistage, la méthode de l’ACP couplée au test de comparaison des moyennes se révèlent très utiles. En plus de l’augmentation de la précision lors du classement des individus, cela nous a donné le pouvoir de mettre en évidence à la fois les accessions résistantes et les variables intéressantes pour les sélectionneurs qui veulent apprécier la tolérance des Vesces à la salinité. Ces résultats sont en ligne avec ceux cités par Rajhi *et al.* (2020) ; Mitra (2001) ; Farshadfar et Sutka (2002) ; Mohammadi *et al.* (2010) et Gholinezhad *et al.* (2014). Dans notre étude, il ressort que les paramètres liés à la biomasse (racinaire et aérienne), à la photosynthèse, particulièrement la chlorophylle B, pourront être appliqués comme descripteurs appropriés pour évaluer la tolérance au sel chez les Vesces. Cela a été confirmé par les résultats de Ben Chikha *et al.* (2016) trouvés sur l’espèce de l’orge et ceux cités par Roshdy *et al.* (2021) sur la fraise. De même, il s’est montré que la concentration de la proline participe d’une manière assez conséquente à différencier les accessions. L’accumulation de proline en réponse aux stress environnementaux a été considérée par un certain nombre d’auteurs comme un trait adaptatif lié à la tolérance au stress, et on suppose généralement que la proline agit comme soluté compatible dans l’ajustement osmotique

(Larher *et al.*, 1993). Peu de travaux sont disponibles sur la sélection de géotypes de Vesces stables pour la tolérance au sel basée sur la combinaison de l'analyse multivariée et les indices de tolérance. Notre étude indique que la sélection basée sur des indices de stress salin est susceptible d'identifier des variétés performantes dans différents environnements de stress salin. C'est ce qui a été noté par Carpici *et al.* (2010) et Krishnamurthy *et al.* (2016) durant leurs travaux sur le Maïs et le Riz.

### **3.3.7 Conclusion :**

Nos résultats révèlent une variabilité génétique intra et interspécifique élevée des accessions étudiées, ce qui confirme l'urgence de la collecte des Vesces spontanées qui présentent un pool génétique colossale pour les sélectionneurs. L'étude des indices de tolérance montre que l'accession 33 semble très prometteuse en matière d'adaptation au stress salin et peut continuer sa croissance sous des concentrations élevées de NaCl. Les accessions de *V. narbonensis* L. se sont montrées très performantes dans les conditions sans stress (témoin). Cela nous amène à déduire que les espèces ayant un potentiel de rendement plus élevé dans des conditions de contrôle peuvent ne pas donner une production durable dans des conditions de stress salin. L'analyse en composante principale a clairement indiqué que les variables liées à la biomasse totale (racinaire et aérienne), à la chlorophylle et à la teneur en proline sont les plus ségréantes. Partant de ces constatations, on peut suggérer que ces traits pourraient être utiles pour l'identification des géotypes de Vesce tolérantes dans un laps de temps réduit. Enfin, comme nous l'avons précédemment cité, l'incorporation de l'accession 33 (*V. sativa* spp. *consobrina*) dans les programmes de sélection n'est préconisée qu'après la confirmation de son modèle d'adaptation par plus d'essais expérimentaux et avec des approches plus précises.

## 4 CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES :

Depuis un certain temps, plusieurs chercheurs ont tiré la sonnette d'alarme quant à l'impact du changement climatique colossal que connaissent de nombreuses régions du monde, particulièrement la région semi-aride de l'Algérie, connue comme étant une région à fortes contraintes climatiques. Son effet drastique affecte considérablement la flore Algérienne et cause la régression et la disparition de plusieurs espèces spontanées.

De plus, en termes de production fourragère, l'Algérie affiche un déficit fourrager de l'ordre de 4.57 milliards d'UFL/an, sachant que ce dernier est en train de s'intensifier au fil des années.

Par conséquent, la valorisation et la conservation des ressources naturelles locales est devenue l'une des premières priorités préconisées par de nombreux chercheurs, et ce en raison des grandes performances dont ces ressources ont fait preuves, surtout en matière d'adaptation et de tolérance.

Compte tenu de la conjoncture actuelle dans notre pays, à la fois agronomique et écologique, nous avons fixé comme objectifs de collecter le maximum d'accessions spontanées appartenant au Genre *Vicia* L. présentes dans la province de Sétif et ses régions limitrophes, pour répondre d'une part au vif intérêt qui porte sur l'enrichissement et la valorisation du germoplasme, et d'autre part, présenter aux sélectionneurs des accessions tolérantes avec un bon rendement et une haute valeur nutritionnelle qui pourraient participer à réduire le déficit fourrager.

De ce fait, Les résultats globaux de ce travail peuvent se résumer en cinq parties :

**Premièrement, du point de vue morphologique**, les accessions étudiées ont montré une grande variabilité phénotypique reflétant la taxonomie compliquée du genre *Vicia* notamment celle du groupe *V. sativa* L.

Des variations importantes ont été observées lors de notre étude pour la taille, le poids, la couleur des cotylédons, le type d'ornementations des graines, la consistance des feuilles, la forme et la couleur des tiges, la pilosité des folioles, la forme des stipules et la couleur des vrilles. Ces traits ont été jugés comme des caractères clés qui peuvent aider les chercheurs intéressés par l'étude de la diversité génétique et l'identification des espèces du genre *Vicia* L. par le biais de descripteurs morphologiques. Egalement, une grande ressemblance phénotypique a été notée par les accessions des sous espèces *obovata*, *cordata* et *angustifolia*, ce qui révèle que les croisements entre ces individus s'avèrent faciles.

**Secundo, du point de vue agronomique,** les meilleures productions moyennes en biomasse aérienne (matière sèche/plant) sont attribuées aux deux espèces *V. narbonensis* L. et *V. sativa* spp. *obovata* et plus particulièrement aux accessions 27, 12, 28 et 13. Ces dernières seraient convenables à la fauche. Pour cette raison, on suggère leurs intégrations dans les programmes de sélection visant à améliorer la production fourragère destinées à la consommation en sec et pourquoi pas les essayer avec différentes associations. De même, en explorant les deux meilleures productions des deux espèces et en étudiant leur corrélation avec les stades phénologiques, il s'est avéré qu'elles ont fait un cycle moyen de 90 jours. Cela nous amène à supposer qu'à la fois la précocité comme la tardivité affecte négativement la production en fourrage chez les deux espèces.

Egalement, les accessions appartenant à l'espèce *V. monantha* L. (21, 22, 23,24 et 25) se sont montrées les plus performantes en ce qui concerne le rendement en grain et pourraient être destinées vers l'alimentation du bétail sous forme de grain.

Le rendement en grain des accessions appartenant à l'espèce *V. monantha* L. et *V. peregrina* L. a affiché une forte sensibilité à la tardivité. Comme nos individus ont affiché une amplitude conséquente entre les accessions les plus précoces (130 jrs) et les plus tardives (155 jrs) à la maturité avec une étendue égale à 25 jours, cela peut amener les sélectionneurs à aboutir à un compromis.

Les accessions les plus hautes ont exposé les valeurs les plus élevées aussi bien pour la production en grain qu'en fourrage. Cela veut dire que, chez les vesces, la hauteur des plants est considérée comme un critère de sélection favorable à l'augmentation du rendement.

La verse affecte négativement le rendement et sa sévérité augmente chez les accessions qui présentent un nombre de gousses élevé et une faible épaisseur de tige.

Grace à nos observations personnelles et en termes de sensibilité à la déhiscence, on a noté que l'espèce *V. monantha* L. était la plus sensible, suivi par *V. peregrina* L., tandis que l'espèce *V. sativa* L. s'est montrée moyennement sensible.

**En troisième lieu, du point de vue éco-géographique,** il est apparu que la majorité des accessions de notre étude appartiennent à l'espèce *V. monantha* L., cela montre qu'elle existe en abondance dans la région d'étude et qu'elle s'adapte bien avec ses conditions climatiques difficiles. Compte tenu des sites de collecte, il s'avère que les populations de Vesces étudiées se répartissent entre 761 et 1327m. La pluviométrie moyenne varie de 200

à 500 mm du sud au nord. Elle est très irrégulière avec une concentration en hiver et au printemps. En plus, presque tous les sols étudiés ont présenté des niveaux élevés de calcaire. L'analyse en composante principale appliquée sur les différents traits éco-géographiques a révélé que le pH et la teneur en matière organique se sont montrés les plus ségréantes et participent de manière considérable à différencier les sites.

Globalement, ces résultats contribuent de façon efficace à l'expansion des limites des aires de répartitions cités précédemment par les chercheurs qui ont déjà travaillé sur les vesces en Algérie.

Les résultats de notre prospection ont permis d'identifier seulement 3 sur le total de 27 espèces présentes dans la flore Algérienne. Cela révèle la rareté et même peut être la disparition des espèces non trouvées dans la région semi-aride de Sétif et ses régions limitrophes.

**Quatrièmement, du point de vue nutritionnel,** l'espèce *V. monantha* L. présente les meilleures teneurs en fibres au niveau de la plante, tandis que l'espèce *V. narbonensis* L. se montre plus performante au niveau de la graine.

Concernant la teneur en matières azotées totales, l'espèce *V. sativa* L. a pris les devants à la fois en végétale et en grain. De même, elle a exposé des teneurs élevées en termes de matières minérales au niveau de la plante. En revanche, au niveau du grain, le plus grand score de ces dernières a été enregistré par l'accession 27 de l'espèce *V. narbonensis* L. Ces données présentent des informations précieuses permettant et facilitant la production d'un foin de haute valeur nutritionnelle.

**En fin, du point de vue de tolérance,** l'analyse multivariée (ACP) appliquée sur les indices de tolérance et l'utilisation des pourcentages de diminution s'avèrent très intéressantes et permettent de classer les individus tolérants et sensibles avec plus de précision, et ce à cause de la combinaison des différents paramètres étudiés. Pareillement, ces méthodes permettent de ressortir les variables les plus efficaces qui peuvent être utilisées de manière directe lors de l'identification des génotypes tolérants.

L'accession 33 (*V. sativa* spp. *consobrina*) s'est présentée comme la plus tolérante au stress et cela s'est observé au niveau des trois doses NaCl appliquées, faible, modérée et sévère.

Egalement, le comportement des accessions de l'espèce *V. narbonensis* L. a montré qu'il n'est pas nécessaire que l'individu avec le rendement le plus élevé en condition de témoin soit le plus tolérant aux différentes doses de stress salin.

A la lumière de ces résultats, on peut dire que les problèmes soulevés et les objectifs avancés en introduction ont été abordés dans la mesure du possible. Cependant, comme dans tout projet de recherche, il existe toujours des lacunes qui ouvrent la voie à une étude plus approfondie, c'est pourquoi nous suggérons de prendre en compte les points suivants afin d'y remédier dans les recherches à venir :

Utiliser des techniques plus poussées (moléculaires et biochimiques) pour estimer la diversité génétique des populations spontanées avec plus de précision.

Enrichir le germoplasme et élargir la zone de collecte

Etablir des essais multi-locaux et pluriannuels en plein champs sur les accessions collectées.

Faire des croisements entre les accessions déhiscentes et les populations qui ne s'égrènent pas à maturité.

## REFERENCES

**Abbad A and Genin D, 2004.** Politiques de développement agropastoral au Maghreb : enseignement pour de nouvelles problématiques de recherche développement. In : Environnement et société en mutation (Ed.Picouët M. et al.). IRD, Paris, France, 341-358, doi : 10.4000/books.irdeditions.1146.

**Abbasi A.R, Sarvestani R, Mohammadi B and Baghery A, 2014.** Drought Stress-Induced Changes at Physiological and Biochemical Levels in Some Common Vetch (*Vicia sativa* L.) Genotypes. J. Agr. Sci. Tech, 16: 505-516.

**Abd el Moneim A.M, 1992.** Agronomic potential of three vethes (*Vicia* spp) under rainfed conditions. Agronomy Sc. crop science, 170: 113-120.

**Abd El-Moneim A.M, 1993.** Selection for non-shattering common vetch, *Vicia sativa* L. Plant Breed, 110: 168–171. doi: 10.1111/j.1439-0523.1993.tb01231.x.

**Abdalla H and Selem E, 2014.** Fast neutrons irradiation induced changes in active ingredients, amino acids and chlorophyll contents in *Ambrosia maritima* (Damsisa) influenced by soil water stress. Life Sci. J, 11(6): 24-30.

**Abdelgawad Z.A, Mohamed T.R, Afiah S.A and Al-Agwany H.H, 2015.** Effect of Drought and Salt Stress on Growth, Osmolytes Protein and Isozymes in *Vicia faba* L. Genotypes. Egypt. J. Agron, 37(1): 93-119.

**Abdelguerfi A and Ramdane SA. 2003.** Evaluation Des Besoins En Matière De Renforcement Des Capacités Nécessaires A La Conservation Et L'utilisation Durable De La Biodiversité Importante Pour L'agriculture. Bilans des Expertises sur «La Biodiversité Importante pour l'Agriculture en Algérie » MATEGEF/PNUD : Projet ALG/97/G31. P11.

**Abdelguerfi A, 1987.** Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. Céréaliculture, ITGC, 16, 1-5.

**Abdelguerfi A and Abdelguerfi-Laouar M, 2004.** Les ressources génétiques d'intérêt fourrager et/ou pastoral : diversité, collecte et valorisation au niveau méditerranéen. In : Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). Réhabilitation des pâturages et des parcours en

milieux méditerranéens. Zaragoza. CIHEAM : 29 -41 (Cahiers Options Méditerranéennes ; n. 62)

**AbdelMotaleb N.A, Abd Elhady S.A and Ghoname A.A, 2019.** AMF and *Bacillus megaterium* neutralize the Harmful Effects of Salt Stress on Bean Plants. *Gesunde Pflanzen*, <https://doi.org/10.1007/s10343-019-00480-8>.

**Abdelraouf E.A.A, Adss I.A.A and Dakroury M.Z, 2016.** Effect of Salinity on Growth and Genetic Diversity of Broad Bean (*Vicia faba* L.) Cultivars. *ALEXANDRIA SCIENCE EXCHANGE JOURNAL*, 37 (3).

**Abdul Qados A.M.S, 2011.** Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10 : 7–15

**Achir C, Annicchiarico P, Pecetti L, Khelifi H, M’Hammedi-Bouzina M, Abdelguerfi A and Laouar M, 2020.** Adaptation patterns of sixteen alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars across contrasting environments of Algeria and implications for the crop improvement. *Italian Journal of Agronomy*, 15:1578.

**Acikgoz E, Ustun A, Gul I, Anlarsal E, Tekeli A.S, Nizam I et al. 2009.** Genotype× environment interaction and stability analysis for dry matter and seed yield in field pea (*Pisum sativum* L.). *Span J. Agric. Res*, 7: 96-106

**Adjel F, 2017.** Analyse de la tolérance de l’orge (*Hordeum vulgare* L.) au stress salin. Thèse de doctorat, Sétif, 84p.

**Ahmad P, 2012.** Salt-induced changes in photosynthetic activity and oxidative defense system of three cultivars of mustard (*Brassica juncea* L.). *Afr. J. Biotechnol*, 11(11): 2694-2703.

**Aïdoud A, Le Houérou H.N and Le Floch E, 2006.** Les steppes arides du nord de l’Afrique. *Science et Changements Planétaires - Sècheresse*, 1(17):19-30

**Alessandri A, De Felice M, Zeng N, Mariotti A, Pan Y, Cherchi A, Lee JY, Wang B, Ha KJ, Ruti P and Artale V, 2014.** Robust assessment of the expansion and retreat of Mediterranean climate in the 21st century. *Sci. Rep*, 4:7211.

**Ali Y, Aslam Z, Ashraf M.Y and Tahir G.R, 2004.** Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. *Int. J. Environ. Sci. Technol*, I (3): 221-225.

**Allkin R, Goyder D.J, Bisby F.A and White R.J, 1986.** Names and synonyms of species and subspecies in the Viciae: Issue 3. Viciae Database Project, Publication 7.

**Almodares A, Hadi M.R and Dosti B, 2008.** The Effects of Salt Stress on Growth Parameters and Carbohydrates Contents in Sweet Sorghum. *Research Journal of Environmental Sciences*, 2 (4): 298-304.

**Alzahrani S.M, Alraidh I.A, Migdadi H, Alghamidi S, Khan M.A and Ahmad P, 2019.** Physiological, biochemical, and antioxidant properties of two genotypes of *Vicia faba* grown under salinity stress. *Pak. J. Bot*, 51(3), DOI: 10.30848/PJB2019-3(3).

**Andrzejewska J, Dolata A and Wiatr K, 2006.** Variability of length of stem of determinate and indeterminate cultivars of common vetch (*Vicia sativa* L. spp. *Sativa*) and its impact on selected cropping features. *Journal of Central European Agriculture*, 7 (2): 251-258.

**Andrzejewska J, Pilarczyk W and Wiatr K, 2002.** Wartość gospodarcza wybranych odmian grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego. Cz. II. Długość łodyg i ich wpływ na niektóre cechy użytkowe. *Acta Sci. Pol, Agricultura* 2: 119-130.

**Annese V, Cazzato E and Corleto A, (2006).** Quantitative and qualitative traits of natural ecotypes of perennial grasses (*Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Phalaris tuberosa* L., *Brachypodium rupestre* (Host) R. et S. collected in southern Italy. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53: 431-441.

**Annicchiarico P, Pecetti L, Abdelguerfi A, Bouizgaren A, Carroni AM, Hayek T, M'Hammadi-Bouzina M and Mezni M, 2011.** Adaptation of landrace and variety germplasm and selection strategies for *lucerne* in the Mediterranean basin. *Field. Crop. Res*, 120:283-91.

**AOAC, 1990.** Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th edn. Association of official analytical chemists, Washington, Dc.

- Arnon A.N, 1967.** Method of Extraction of Chlorophyll in the Plants. *Agro. J*, 23: 112-121.
- Arshi A, Ahmad A, Aref I.M and Iqbal M, 2010a.** Calcium interaction with salinity-induced effects on growth and metabolism of soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *J. Environ. Biol.*, 31: 795-801.
- Arshi A, Ahmad A, Aref I.M and Iqbal M, 2012.** Comparative studies on antioxidant enzyme action and ion accumulation in soybean cultivars under salinity stress. *J. Environ. Biol*, 33: 9-20.
- Ashraf M.Y and Harris P.J.C, 2004.** Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci*, 166: 3–16.
- Attarzadeh M, Balouchi H, Rajaie M, Dehnavi M.M and Salehi A, 2019.** Improvement of *Echinacea purpurea* performance by integration of phosphorus with soil microorganisms under different irrigation regimes. *Agric Water Manag*, 221:238–247.
- Aydinoğlu B, Shabani A and Safavi SM, 2019.** Impact of priming on seed germination, seedling growth and gene expression in common vetch under salinity stress. *Cellular and Molecular Biology*, <http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2019.65.3.3>.
- Azarafshan M and Abbaspour N, 2014.** Growth and physiological parameters under salinity stress in *Lotus corniculatus*. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4(2): 991-997.
- Bacha H, Mansour E, Guasmi F, Triki T and Ferchichi A, 2015.** Proline, glycine bétaine et composition minérale des plantes de *Solanum lycopersicum* L. (var. *Microtom*) sous stress salin. *Journal of New Sciences*, 2286–5314.
- Bacha H, Tekaya M, Drine S, Guasmi F, Touil L, Enneb H, Triki T, Cheour F and Ferchichi A, 2016.** Impact of salt stress on morpho-physiological and biochemical parameters of *Solanum lycopersicum* cv. *Microtom* leaves. *South African Journal of Botany*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2016.08.018>
- Baldy C, 1974.** Etude fréquentielle du climat. Influence sur la production des zones céréalières en Algérie. Document MARA. pp. 52.

**Ball PW, 1968.** *Vicia* L. In: Tutin TG, Heywood VH, Burges NA, Moore DM, Valentine DH, Walters SM, Webb DA. (eds.) *Flora Europaea*, vol.2, Rosaceae to Umbelliferae. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 129–136.

**Bashir H, Qureshi M.I, Ibrahim A.M and Iqbal M, 2015.** Chloroplast and photosystems: Impact of cadmium and iron deficiency. *Photosynthetica*, 53: 321-325.

**Bates LS, Waldern RP and Teare ID, 1973.** Rapid Determination of Free Proline for Water-Stress Studies. *Plant Soil*, 39 : 205-207

**Bechkri S and Khelifi D, 2016.** Variation in *Vicia sativa* s.l. from Algeria based on morphological characters and ecogeographic parameters. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64: 815-832.

**Bechkri S, 2017.** Le genre *Vicia* L. en Algérie : caractérisation de 11 taxa naturels : approches éco-géographique, morphologique, biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat, Constantine. 216p.

**Beinsan C, Camen D, Sumalan R and Babau M, 2003.** Study concerning salt stress effect on leaf area dynamics and chlorophyll content in four bean local landraces from Banat area. *Vegetable Growing*, <https://www.researchgate.net/publication/266494771>.

**Bellague D, M’Hammedi-Bouzina M and Abdelguerfi A, 2016.** Measuring the performance of perennial alfalfa with drought tolerance indices. *Chil. J. Agr. Res*, 76:273-84.

**Ben Chikha M, Hessini K, Nefissi Ourteni R et al. 2016.** Identification of barley landraces genotypes with contrasting salinity tolerance at vegetative growth stage. *Plant Biotechnol*, 33: 287-295.

**Bennett SJ and Maxted N, 1997.** An ecogeographic analysis of the *Vicia narbonensis* complex. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 44: 411–428.

**Beuselinck P.R and Steiner J.J, 1992.** A proposed framework for identifying, quantifying, and utilizing plant germplasm resources. *Field Crops Res*, 29:261–272.

**Bilgili U, Çarpıcı E.B, Aşık B.B and Çelik N, 2011.** Root and shoot response of common vetch (*Vicia sativa* L.), forage pea (*Pisum sativum* L.) and canola (*Brassica napus* L.) to salt stress during early seedling growth stages. Turkish J Field Crops, 16(1): 33-38.

**Blokhina O, Virolainen E and Fagerstedt K.V, 2003.** Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress. Ann. Bot, 91: 179–194.

**Bohnert H.J, Nelson D.E and Jensen R.G, 1995.** Adaptations to environmental stresses. Plant Cell, 7: 1099-1111.

**Boquera M.L.E and Morales P.L.V.C, 2010.** Leaf chlorophyll content estimation in the monarch butterfly biosphere reserve. Revista Fitotecnia Mexicana, 33: 175–181.

**Bouabid S, Chennaoui KH, Boussaha A, Ben Naveur M and Zoghlami AK, 2018.** Assessment of genetic diversity in Narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) germplasm using morphological and molecular markers. Crop and Pasture Science, <https://doi.org/10.1071/CP18086>.

**Brignoli E and Lauteri M, 1991.** Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C<sub>3</sub> non-halophytes. Plant Physiology, 95: 638-635.

**Bryant J.A and Hughes S.G, 2011.** *Vicia*. In: Chittaranjan K. (Ed.), Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. SpringerVerlag, Berlin Heidelberg, Germany, pp. 273-289.

**Bulut F and Akinci S, 2010.** The effect of salinity on growth and nutrient composition in broad bean (*Vicia faba* L.) seedlings. Fresenius Environ, Bulletin 19: 2901-2910.

**Buyukcapar H.M. and Kamalak A, 2006.** Raw and heat-treated culban (*Vicia peregrina*) seed as protein source for mirror carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. South African Journal of Animal Science, 36 (4).

**Cakmakci S and Aclikgöz E, 1994.** Components of Seed and Straw Yield in Common Vetch (*Vicia sativa* L.). <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1994.tb00704.x>.

**Cakmakci S, Aydinoglu B, Karaca M and Bilgen M, 2006.** Heritability of yield components in common vetch (*Vicia sativa* L.). *Acta Agr Scand*, 56:54–59.

**Campanelli A, Ruta C, Morone-Fortunato I and De Mastro G, 2013.** Alfalfa (*Medicago sativa* L.) clones tolerant to salt stress: in vitro selection. *Cent Euro J Biol*, 8(8): 765-776.

**Carimi G, Ghorbanli M, Heidari, H, Nejad R and Assareh M, 2005.** The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biol. Plantarum*, 49: (2): 301-304.

**Carpici E.B and Tunali M.M, 2012.** Effects of mixture rates on forage yield and quality of mixtures of common vetch combined with oat, barley and wheat under a winter intercropping system of southern Marmara Region. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(2): 649-652.

**Carpici E.B, Celik N and Bayram G, 2010.** The effects of salt stress on the growth, biochemical parameter and mineral element content of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 9(41): 6937-6942.

**Caruso C, Maucieri C, Berruti A, Borin M and Barbera AC, 2018.** Responses of different *Panicum miliaceum* L. genotypes to saline and water stress in a marginal Mediterranean environment. *Agronomy*, 8(1): 8. <https://doi.org/10.3390/agronomy8010008>.

**Castroluna A, Ruiz O.M, Quiroga A.M and Pedranzani H.E, 2014.** Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of *Medicago sativa* L. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(1): 39-50.

**Ciftci B, Okumus O, Uzun S and Kaplan M, 2021.** Effect of maturity stages on potential nutritive value of *Vicia cracca* (L.) Hay. *Current Trends in Natural Sciences*, 10 (20): 43-47.

**Clere E and Bretagnolle V, 2001.** Disponibilité alimentaire pour les oiseaux en milieu agricole : biomasse et diversité des arthropodes capturés par la méthode des pots-pièges. *Revue Ecol (Terre Vie)*, 56 : 257-297.

**DAFWA (Department of Agriculture and Food Western Australia), 2005.** *Narbon Bean* in Western Australia. DAFWA, South Perth. Accessible at <[http://www.agric.wa.gov.au/PC\\_92162.html](http://www.agric.wa.gov.au/PC_92162.html)> (last accessed on 20.03.14).

**Danso S.K.A, 1995.** Assessment of biological nitrogen fixation. *Fertilizer research*, 42: 33-41.

**Daoudi A, Terranti S, Hammouda R.F and Bedrani S, 2013.** Adaptation à la sécheresse en steppe algérienne : le cas des stratégies productives des agropasteurs de Hadj Mechri. *Cah. Agri*, 22 (4) : 303-310, doi : 10.1684/ agr.2013.0629.

**Davis P.H and Plitman U, 1970.** *Vicia* L. In: Davis P.H (Ed.), *Flora of Turkey* 3, p.p. 274-325, University Press, Edinburgh.

**De Azevedo Neto A and da Silva E, 2014.** Physiology and biochemistry of salt stress tolerance in plants. In: *Abiotic Stresses in Crop Plants*. Chakraborty U, Chakraborty B. (eds.), CAB International, 81- 101.

**De Rossi S, Di Marco G, Bruno L, Gismondi A and Canini A, 2021.** Investigating the Drought and Salinity Effect on the Redox Components of *Sulla coronaria* (L.) Medik. *Antioxidants*, 10: 1048. <https://doi.org/10.3390/antiox10071048>.

**Delavari P. M, Baghizadeh A, Enteshari S.H, Kalantari K.H.M, Yazdanpanah A and Mousavi E.A, 2010.** The effects of salicylic acid on some of biochemical and morphological characteristic of *Ocimum basilicum* under salinity stress. *Aust.J.Basic and Applied Sci*, 4(10): 4832-4845.

**Demir M and Aril I, 2003.** Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of *safflower* *Turkish J. Agric*, 27 221–7.

**Desalegn K and Hassen W, 2015.** Evaluation of biomass yield and nutritional value of different species of vetch (*Vicia*). *Academic Journal of Nutrition*, 4 (3): 99-105.

**Djaouti M, 2010.** Renforcement des capacités des acteurs de la filière céréales en Algérie dans le cadre d'un partenariat Nord-Sud. Cas de la wilaya de Sétif. Dissertation, CIHEAM IAM Montpellier.

**Dong R, Jahufer M.Z.Z, Dong D.K, Wang Y.R and Liu ZP, 2016a.** Characterization of the morphological variation for seed traits among 537 germplasm accessions of common vetch (*Vicia sativa* L.) using digital image analysis. *New Zeal J Agr Res*, 59:422–435.

**Dong R, Dong D.K, Shao, K.Z. et al. 2016.** The digital evaluation of the cracking force of common vetch with the different characteristics of pod shattering. (In Chinese with English abstract.). *Pratacultural Science*, 33: 2511-2517.

**Dong R., Liu Z.P., Dong D.K, Luo D, Zhou Q, Chai X.T, Zhang J.Y, Xie W.G, Liu W.X., Dong Y, Wang Y.R and Liu Z.P, 2017.** Transcriptome analyses reveal candidate pod shattering associated genes involved in the pod ventral sutures of common vetch (*Vicia sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8: 649.

**Dong R, Shen S.H, Jahufer M.Z.Z, Dong D.K. et al. 2019.** Effect of genotype and environment on agronomical characters of common vetch (*Vicia sativa* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00789-3>.

**Downie JA, 2005.** Legume haemoglobins: symbiotic nitrogen fixation needs bloody nodules. *Current Biology* 15: 6.

**Dubois M, Gilles K.A, Hamilton P.A, Ruberg A and Smith F, 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3) : 350- 356.

**ECOCROP, 2013.** Ecocrop Database. FAO, Rome, Italy. Accessible at <<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>> (last accessed on 19.03.14).

**El Fatehi S, Béna G, Filali-Maltouf A and Ater M, 2016.** Genetic diversity of Moroccan bitter vetch *Vicia ervilia* (L.) Willd. Landraces revealed by morphological and SSR markers. *AJCS*, 10(5): 717-725.

**El-Bok S, Jabri C, Ben-Brahim T, Lamine O, El Gazzah M and Zoghalmi-Khe'ílil A, 2015.** Pod, seed traits and cytotoxic studies of some *Vicia narbonensis* L. accessions (Fabaceae). *Saudi Journal of Biological Sciences*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.003>.

**El-Hendawy S.E, Hu Y, Yakout G.M, Awad A.M, Hafiz S.E and Schmidhalter U, 2005.** Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. *Eur. J. Agron*, 22: 243–253.

**El-Keblawy A and Al-Rawai A, 2005.** Effects of salinity, temperature and light on germination of invasive *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. *J Arid Environ*, 61(4): 555-565.

**El-Sayed H.E.A, 2011.** Influence of salinity (NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) treatments on growth development of broad bean (*Vicia faba* L.) plant. Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci, 10 (4): 600 – 610.

**Elsheery N.I and Cao K.F, 2008.** Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. Acta Physiologiae Plantarum, 30: 769–777.

**Elsheikh E.A.E and Wood M, 1990.** Effect of salinity on growth, nodulation and nitrogen yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Experimental Botany, 41: 1263-1269.

**Erskine W, Smartt J and Muehlbauer F.J, 1994.** Mimicry of lentil and the domestication of common vetch and grass pea. Economic Botany, 48: 326-332.

**Faghire M, Bargaz A, Farissi M, Palma F, Mandri B and Lluch C, 2011.** Effect of salinity on nodulation, nitrogen fixation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculated with rhizobial strains isolated from the Haouz region of Morocco. Symbiosis, 55: 69–75.

**Fagnano M and Maggio A, 2018.** On the interactions among tropospheric ozone levels and typical environmental stresses challenging Mediterranean crops. Environ. Sci. Pollut. R, 25:8174-8.

**FAO and WHO, 2014.** Second International Conference on Nutrition. Conference Outcome Document: Rome Declaration on Nutrition. (Also available at <http://www.fao.org/3/a-ml542e.pdf>).

**FAO, 2008.** FAO land and plant nutrition management service.

**FAO, 2016.** Soils and pulses symbiosis for life. Food and agriculture organization of the united nations, Rome.

**FAO. 1994.** Definition and classification commodities, 4. Pulses and derived products. (Also available at <http://www.fao.org/es/faodef/fdef04e.htm>)

**Farissi M, Bouizgaren A, Faghire M, Bargaz A and Ghoulam C, 2011.** Agro-physiological responses of Moroccan alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations to salt stress during germination and early seedling stages. Seed Sci. Technol, 39: 389–401.

**Farshadfar E and Sutka J, 2002.** Screening drought tolerance criteria in maize. *Acta Agron. Hung*, 50: 411-416.

**Fedchenko BA (1948)** *Vicia* L. In: Shishkin BK, Bobrov EG. (eds.) *Flora of the USSR* 13. Moscow, pp. 406–475.

**Fehr W.R, 1993.** *Principles of Cultivar Development. I. Theory and Technique.* Macmillan Comp Inc, Ames, Iowa, USA, 536 P.

**Fehr WR, 1987.** *Principles of cultivar development.* vol 1. New York: Macmillan publishing company.

**Firincioglu H.K, 2014.** A comparison of six vetches (*Vicia* spp.) for developmental rate, herbage yield and seed yield in semi-arid central Turkey. *Grass Forage Sci*, 69:303–314.

**Firincioglu, H.K., Erbehtas, E., Dogruyol, L. et al. (2009).** Phenotypic variation of autumn and spring-sown vetch (*Vicia sativa* ssp.) populations in central Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7: 596-606.

**Fisher R.A and Turner N.C, 1978.** Plant productivity, in arid and semi-arid zones. *Ann. Rev. Plant Physiol*, 29: 897–912.

**Fracchiolla M, Lasorella C, Laudadio V and Cazzato E, 2018.** *Trifolium mutabile* as new species of annual legume for mediterranean climate zone: First evidences on forage biomass, nitrogen fixation and nutritional characteristics of different accessions. *Agriculture*, 8: 113.

**Francis CM, Enneking D and Abd El Moneim AM, 1999.** When and where will vetches have an impact as grain legumes? In *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21<sup>st</sup> Century.* Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference, ed. By Knight R. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 375-384.

**Gauthier J, 1991.** *Notion d'agriculture* "Ed. TEC et DOT- Lavoisier, 573p.

**Gençtan, T, 1998.** *Agricultural Ecology (Tarımsal Ekoloji),* Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, 191s.

**Georgieva N, Nikolova I and Naydenova Y, 2016.** Nutritive value of forage of vetch cultivars (*Vicia sativa* L., *Vicia villosa* ROTH). Banat's Journal of Biotechnology, DOI: 10.7904/2068-4738-VII (14)-5.

**Getu K, Solomon M, Eyasu S and Mesfin D, 2010.** Supplementary value of vetch (*vicia dasycarpa*) hay as a replacement to concentrate mix in the diet of lactating crossbred cows. At Holeta Agricultural Research Center, Ethiopia. SINET: Ethiop. J. Sci., 33(1): 31-40.

**Ghaffarian M.R, Yadavi A, Dehnavi M.M, Nassab A.D.M and Salehi M, 2020.** Improvement of physiological indices and biological yield by intercropping of Kochia (*Kochia scoparia*), Sesbania (*Sesbania aculeata*) and Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) under the salinity stress of irrigation water. *Physiol Mol Biol Plants*, <https://doi.org/10.1007/s12298-020-00833-y>.

**Ghavami N and Ramin A, 2007.** Salinity and temperature effects on seed germination of milk thistle. *Commun Soil Sci Plan*, 38(19-20): 2681-2691.

**Ghixari B, Vrapci H and Hobdari V, 2014.** Morphological characterization of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes stored in Albanian gene bank. *Albanian J. Agric. Sci (special edition)*.

**Ghobadi M, Khosravi S, Kahrizi D and Shirvani F, 2011.** Study of water relations, chlorophyll and their correlations with grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 78: 582-585.

**Gholamian S, Ghamarnia H and Kahrizi D, 2018.** Effects of saline water on *Camelina* (*Camelina sativa*) yield in greenhouse condition. *Water and Irrigation Management*, 7(2): 333-348.

**Gholinezhad E, Darvishzadeh R and Bernousi R, 2014.** Evaluation of drought tolerance indices for selection of confectionery sunflower (*Helianthus annuus* L.) landraces under various environmental conditions. *Not. Bot. Horti. Agrobot*, 42: 187-201.

**Ghozlane F, Bendir M, Yakhlef H and Marie M, 2009.** La sédentarisation et le développement durable de l'élevage ovin dans les zones steppiques algériennes. Cas de la wilaya de Djelfa. *Rencontres Rech. Rumi*, 16: 126.

**Gil J and Cubero J.I, 1993.** Multivariate analysis of the *Vicia sativa* L. aggregate. *Bot. J. Linn. Soc.* 113: 389-400.

**Guilbot R, 1999.** Les insectes des prairies : un maillon essentiel de l'écosystème prairial. Revue Fourrages, 160 : 403-416.

**Hadj Omar k, 2008.** Caractérisation chimique de la production fourragère de quelques variétés d'espèces de légumineuses d'intérêt fourrager dans la Mitidja. Mémoire de magister. Blida 114p.

**Hafeez F.Y, Aslam Z and Malik K.A, 1988.** Effect of salinity and inoculation on growth, nitrogen fixation and nutrient uptake of *Vigna radiata* L. Wilczek. Plant and Soil, 106: 3-8.

**Hakeem K.R, Khan F, Chandna R, Siddiqui T.O and Iqbal M, 2012.** Genotypic variability among soybean genotypes under NaCl stress and proteome analysis of salt-tolerant genotype. Appl. Biochem. Biotechnol, 168: 2309-2329.

**Hammouda R.F, Huguenin J and Nedjraoui D, 2013.** Régression des parcours et adaptation des élevages en zone steppique algérienne. Rencontres Rech. Rum, 20: 299.

**Han S, Sebastin R, Wang X, Lee K.J, Cho G.T, Hyun D.Y and Chung J.W, 2021.** Identification of *Vicia* Species Native to South Korea Using Molecular and Morphological Characteristics. Frontiers in plant science, Doi: 10.3389/fpls.2021.608559.

**Hanelt P and Mettin D, 1966.** Cytosystematische Untersuchungen in der Artengruppe um *Vicia sativa* L. II.Kulturpflanze, 14:137–161.

**Hanelt P, Mettin D, 1989.** Biosystematics of the genus *Vicia* L. (Leguminosae) Annu. Rev. Ecol. Syst, 20: 199-223.

**Hasegawa P.M, Bressan R.A, Zhu J.K and Bohnert H.J, 2000.** Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol, 51: 463–499.

Havilah E.J, 2011. Forage and Pasture: Annual forage and pasture crops establishment and management. Elsevier, 563–575.

**Herrero M, Havlík P, Valin H, Notenbaert A, Rufino MC, Thornton PK, Blümmel M, Weiss F, Grace D and Obersteiner M, 2013.** Biomass use, production, feed efficiencies and greenhouse gas emissions from global livestock systems. Proc Natl Acad Sci, 110:20888-20893.

**Hollings E and Stace CA, 1978.** Morphological variation in the *Vicia sativa* L. aggregate. *Watsonia*, 12: 1–14.

**Hopkins W.G, 2003.** Traduction de la 2e édition américaine par Serge Rambour,... ; révision scientifique de Charles-Marie Evrard. De boeck and larcier s.a, ISBN 13 : 978-2-7445-0089-3.

**Hopmans P, Douglas L.A, Chalk P.M, 1984.** Effect of soil salinity and mineral nitrogen on the acetylene reduction activity of *Trifolium subterraneum* L. *Australian Journal of Agricultural Research*, 35: 9-15.

**Hosseinifard M, Stefaniak S, Ghorbani J.M, Soltani E, Wojtyla L and Garnczarska M, 2022.** Contribution of exogenous proline to abiotic stresses tolerance in plants: A review. *Int. J. Mol. Sci*, 23: 5186.

**Huaman Z, 1984.** The evaluation of potato germplasm at the International Potato Centre. In: Holden JHW, Williams JT, editors. *Crop genetic resources: conservation and evaluation*. First ed. London: George Allen & Unwin; p. 199–201.

**Huang Y, Li R, Coulter J.A, Zhang Z and Nan Z, 2019.** Comparative grain chemical composition, ruminal degradation *in Vivo*, and intestinal digestibility *in Vitro* of *Vicia sativa* L. varieties grown on the Tibetan Plateau. *Animals*, 9: 212. Doi: 10.3390/ani9050212.

**Huang Y, Zhang Z, Nan Z, Unkovich M and Coulter J.A, 2020.** Effects of cultivar and growing degree-day accumulations on forage partitioning and nutritive value of common vetch (*Vicia sativa* L.) on the Tibetan Plateau. *Journal of the science of food and agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.11006>.

**Husen A, Iqbal M and Aref I.M, 2016.** IAA-induced alteration in growth and photosynthesis of pea (*Pisum sativum* L.) plants grown under salt stress. *J. Environ. Biol*, 37: 421-429.

**Hussein M, Embiale A, Husen A, Aref I.M and Iqbal M, 2017.** Salinity-induced modulation of plant growth and photosynthetic parameters in faba bean (*Vicia faba*) cultivars. *Pak. J. Bot*, 49(3): 867-877.

**Huyghe C, 2006.** Place des légumineuses fourragères à grosses graines dans les systèmes de production en France. Workshop international sur « Diversité des Fabacées fourragères

et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales  
», Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév, 163-174.

**HYPPA (HYpermédia pour la Protection des Plantes-Adventices), 2000.** *Vicia narbonensis* L. Unité de Malherbologie & Agronomie Weed Science & Agronomy INRA-Dijon, France. Accessible at <[http://www2.dijon.inra.fr/hyppa/hyppa-a/vicna\\_ah.htm](http://www2.dijon.inra.fr/hyppa/hyppa-a/vicna_ah.htm)> (last accessed on 28.04.15).

**INRAA, 2006.** Rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétique, pp 10-67

Issolah R, Sebkhil Z, Bouziane Z, 2022. Ecological characterization of natural habitats of some *Vicia* L. species (FABACEAE) in northeastern Algeria. Pak. J. Bot, 54(6) : 2253-2261

**Jahufer MZZ, Cooper M and Harch BD, 1997.** Pattern analysis of the diversity of morphological plant attributes and herbage yield in a world collection of white clover (*Trifolium repens* L.) germplasm characterized in a summer moisture stress environment of Australia. Genet Resour Crop Evol, 44:289–300.

**Jamil M, Rehman S and Rha E.S, 2007a.** Salinity effect on plant growth, ps11 photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.). Pak. J. Bot, 39 (3): 753–760.

**Janghel D.K, Kumar K, Kumar M and Chhabra A.K, 2021.** Genetic diversity assessment in chickpea (*Cicer arietinum* L.) through agro-morphological and ISSR molecular markers. Legume Research, 7: 751-758.

**Jimenez-Becker S, Ramirez M and Plaza B.M, 2019.** The influence of salinity on the vegetative growth, osmolytes and chloride concentration of four halophytic species. J Plant Nutr, 42(15):1838–1849.

**Kadry NAK and AL-Gohary IH, 2013,** Taxonomic relationships in some *Vicia* species from Egypt, based on seed morphology and SDS-PAGE of seed proteins. Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá, v. 35, n 4, p. 603-611.

**Kahrizi D, Arminian A and Masumi A, 2007.** In vitro Plant Breeding: Razi University Press, Kermanshah

**Kaplan A and Ertikin S, 2020.** New distribution areas of the *Vicia monantha* RETZ. Subsp. *Monantha* RETZ. And *Vicia Caesarea* BOISS. And BAL. (Fabaceae) from southeastern region, in Turkey. International Health Sciences Conference.

**Kaplan A, Selçuk Ertekin A and Gündüzer E, 2021.** Molecular phylogenetic analysis of *Vicia* L. (Fabaceae) taxa growing in the southeastern anatolia region of turkey: based on internal transcribed spacer (ITS). T.U.R.J.A.F, 9(10): 1831-1839.

**Kaymakanova M and Stoeva N, 2008.** Physiological reaction of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) to salt stress. Gen. Appl. Plant Physiol, (Special issue) 34: 177-188.

**Keatinge J.D.H, Asghar A, Roidar K.B, Abd el moneim A.M and Ahmed S, 1991.** Germplasm evaluation of annual sown forage legumes and environmental conditions marginal for crop growth in highland of West Asia. Journal of Agronomy and Crop Science, 45-87.

**Khayatnezhad M and Gholamin R, 2011.** Effects of water and salt stresses on germination and seedling growth in two durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes. Scientific Research and Essays, 6 (21): 4597-4603.

**Kissing Kucek L, Riday H, Rufener B.P, Burke A.N, Eagen S.S, Ehlke N, Sarah Krogman S, Mirsky S.B, Reberg-Horton C, Ryan M.R, Wayman S and Wiering N.P, 2020.** Pod dehiscence in hairy vetch (*Vicia villosa* ROTH.). Front. Plant Sci. 11:82. doi: 10.3389/fpls.2020.00082.

**Klein H.D, Rippstein G, Huguenin J, Toutain B, Guerin H and Louppe D, 2014.** Les cultures fourragères. Editions Quae, CTA. Presses agronomiques de Gembloux, 262p.

**Kouamé C.N and Quesenberry K.H, 1993.** Cluster analysis of a world collection of *red clover* germplasm. Genet Resour Crop Evol, 40:39–47.

**Koyro H.W, Hussain T, Huchzermeyer B and Khan M.A, 2013.** Photosynthetic and growth responses of a perennial halophytic grass *Panicum turgidum* to increasing NaCl concentrations. Environ. Exp. Bot, 91: 22-29.

**Krishnamurthya S.L, GautamaR.K, Sharma P.C and Sharma D.K, 2016.** Effect of different salt stresses on agro-morphological traits and utilization of salt stress indices for

reproductive stage salt tolerance in rice. *Field Crops Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.02.018>.

**Kroschel, J, 2001.** A Technical Manual for Parasitic Weed Research and Extension. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 276p.

**Kupicha F.K, 1974.** Taxonomic studies in the tribe Viceae (leguminosae). Ph.D. thesis, university of Edinburgh.

**Kupicha F.K, 1981.** Viceae. In Polhil R.M and Raven P.M. (Eds) *Advances in legume systematics*. Royal botanic gardens, kew. 377-381.

**Kupicha FK, 1976.** The infrageneric structure of *Vicia*. *Notes Royal Botanical Garden Edinburgh*, 34: 287–326.

**Lahmar R, 1993.** Intensification céréalière dans les hautes plaines sétifiennes : quelques résultats *Cahiers Options Méditerranéennes*, 2:93-97.

**Larbi A, Abd El-Moneim AM, Nakkoul H, Jammal B and Hassan S, 2011.** Intra-species variations in yield and quality determinants in *Vicia* species: 3. Common vetch (*Vicia sativa* ssp. *sativa* L.). *Anim Feed Sci Technol*, 164:241-251.

**Larher F, Leport L, Petrivalsky M and Chappart M (1993).** Effectors for the Osmoinduced Proline Response in Higher Plants. *Plant Physiol. Biochem*, 31(6): 911-922.

**Le Houérou H.N, 1995.** Considération bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l’Afrique. *Options Méditerr, Sér B*, 10 : 396 p.

**Leht M and Jaaska V, 2020.** Phylogenetic position of *Vicia montbretii* and *Lens* species in relation to *Vicia* subgenus *Cracca* (Fabaceae): morphological and isozyme evidence. *Feddes Repertorium*, 0: 1–17.

**Leht M, 2005.** Cladistic and phenetic analyses of relationships in *Vicia* subgenus *Cracca* (Fabaceae) based on morphological data. *Taxon*, 54(4): 1023-1032p.

**Leht M, Jaaska V, 2002.** Cladistic and phenetic analysis of relationships in *Vicia* subgenus *Vicia* (Fabaceae) by morphology and isozymes. *Plant Systematics and Evolution*, 232: 237–260.

**Li J, Essemine E, Shang C, Zhang H, Zhu X, Yu J, Chen G, Qu M and Sun D, 2020.** Combined Proteomics and Metabolism Analysis Unravels Prominent Roles of Antioxidant System in the Prevention of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) against Salt Stress. *Int. J. Mol. Sci*, 21: 909, doi: 10.3390/ijms21030909.

**Link J, Graeff S, Batchelor WD and Claupein W, 2006.** Evaluating the economic and environmental impact of environmental compensation payment policy under uniform and variable-rate nitrogen management. *Agricultural Systems*, 91: 135-153.

**Longo C, Hummel J, Liebich J, Bueno I.C.S, Burauel P, Ambrosano E.J, Abdalla A.L, Anele U.Y and Sudekum K.H, 2012.** Chemical characterization and *in vitro* biological activity of four tropical legumes, *Stylobium aterrimum*, *Stylobium deeringianum*, *Leucaena leucocephala*, and *Mimosa caesalpiniaefolia*, as compared with a tropical grass *Cynodon* spp. for the use in ruminant diets. *Czech Journal of Animal Science*, 57(6): 255–264.

**Lutts S, Kinet J.M and Bouharmont J, 1996.** NaCl-induced Senescence in Leaves of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars Differing in Salinity Resistance. *Ann. Bot*, 78: 389– 398.

Madidi S, El Baroudi B and Bani Aameur F, 2004. Effects of salinity on germination and early growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Int. J. Agri. Biol*, 6: 767-770.

**Maguire J.D, 1962.** Speed of germination-aid in selection and evaluation for seed vigour. *Crop Sci*, 2: 176-177.

**Mahmoud A.E.M, Abbas M.S, Cieslak A and Strabel M.S, 2017.** Evaluation of chemical composition and *in Vitro* dry and organic matter digestibility of some forage plant species derived from Egyptian rangelands. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(5): 1573-1581.

**Malek N, Aci M.M, Khamassi K, Lupini A, Rouaissi M and Hanifi-Mekliche L, 2021.** Agro-Morphological and Molecular Variability among Algerian Faba Bean (*Vicia faba* L.) Accessions, 11 (8): 1456. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081456>.

**Mao F, Leung W.Y and Xin X, 2007.** Characterization of EvaGreen and the implication of its physicochemical properties for qPCR applications. *BMC Biotechnology*, 7: 76.

**Mao Z.X., Hua F, Nan Z.B, Wan C.G, 2015.** Fatty acid, amino acid and mineral composition of four common vetch seeds on Qinghai-Tibetan plateau. *Food Chemistry*, 171: 13-18.

**Marchenay PH, Lagarde MF, 1986.** Prospection et collecte des variétés locales de plantes cultivées. Guide pratique. Page PACA. Conservatoire botanique de Porquerolles, 19 ISBN : 2-9501451-1-8 pp 11-65.

**Marrou J, 1987.** Croissance végétale, nutrition azotée des légumineuses, p7.

**Martinez J.P, Silva H, Ledent J.F and Pinto M, 2007.** Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 26: 30–38.

**Mathieu C and F Pieltain, 2003.** Analyse chimique des sols. Méthodes choisies. Lavoisier, ISBN : 2-7430-0620-X.

**Maxted N, 1995.** An ecogeographical study of *Vicia* subgenus *Vicia*. Systematic and ecogeographic studies on crop gene pools 8. International Plant Genetic Resources Institute, Rome

**Maxted N. 1993a.** A phenetic investigation of *Vicia* L. subgenus *Vicia* (Leguminosae, Viciae). *Bot. J. Linn. Soc.* 111: 155–182.

McIvor JG and Bray RA, 1983. Genetic resources of forage plants. Melbourne: CSIRO, p. 313–321.

**Mebarkia A, 2011.** Variabilité génétique et analyses agronomiques de quatre espèces de Vesces (*Vicia* spp) dans la région semi-aride de Sétif. Thèse de doctorat, INA. EL-HARRACH. 97p.

**Mebarkia A and Abdelguerfi A, 2007.** Etude du potentiel agronomique de trois espèces de vesces (*Vicia* spp.) et variabilité dans la région semi-aride de Sétif (Algérien). *Fourrages*, 192: 495-504.

**Mebarkia A, Bougrine H, Badache F, Mahmah S, 2020.** Etude de la production et de la phénologie de dix variétés de Vesce (*vicia*) du réseau maghrébin dans les hautes plaines Sétifiennes (Algérie). *Fourrages*, 241: 57-64.

**Medoukali I, 2016.** Les genres *Medicago* L. et *Trifolium* L. en Algérie : Diversité morphologique, biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat, 195p.

**Mekkya R.H, Thabeta M.M, Rodríguez-Pérezb C, Elnaggara D.M.Y, Mahrousd E.A, Segura-Carreterob A and Abdel-Sattard E, 2020.** Comparative metabolite profiling and antioxidant potentials of seeds and sprouts of three Egyptian cultivars of *Vicia faba* L. *Food Research International*, 136 109537. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109537>.

**Melamed Y, Plitmann U, and Kislev M.E, 2008.** *Vicia peregrina*: an edible early Neolithic legume. *Veget Hist Archaeobot* 17, (Suppl 1):S29–S34. DOI 10.1007/s00334-008-0166-6.

**Mettin D and Hanelt P, 1964.** Cytosystematische Untersuchungen in der Artengruppe um *Vicia sativa* L. *Kulturpflanze*, 12:163–225.

**Mettin, D and Hanelt, P, 1964.** Cytosystematische Untersuchungen in der Artengruppe um *Vicia sativa* L. I. Die Kulturpflanze. 12: 163-225.

**Mezni M, Chakroun A.B.G and Haffani S, 2013.** Growth and Water Status in Narbonne Vetch (*Vicia Narbonensis* L.) Under Salt Stress. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 3 (3): 40-47.

**Mikic A, Mihailovic V, Cupina B, Milic D, Katic S, Karagic D, Pataki I, D’Ottavio P and Kraljevic-Balalic M, 2013.** Forage yield components and classification of common vetch (*Vicia sativa* L.) cultivars of diverse geographic origin. *Grass Forage Sci*, 69: 315-322.

**Misra A, Sahu An, Misra, M, Singh P, Meera I, Das N, Kar M and Sahu P, 1997.** Sodium chloride induced changes in leaf growth, and pigment and protein contents in two rice cultivars. *Biol. Plantarum*, 39 (2): 257–262.

**Mitra J, 2001.** Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Curr. Sci. India*, 80: 758-762.

**Mohammadi R, Armion M, Kahrizi D and Amri A, 2010.** Efficiency of screening techniques for evaluating *durum wheat* genotypes under mild drought conditions. *Int. J. Plant Prod*, 4: 11-24, 2010.

- Mohsen A.A, Ebrahim M.K.H and Ghoraba W.F.S, 2013.** Effect of salinity stress on *Vicia faba* productivity with respect to ascorbic acid treatment. Iran. J. Plant Physiol, 3: 725-736.
- Munns R and Tester M, 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol, 59: 651-681.
- Munns R, 1993.** Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ, 16: 15–24.
- Munns R, 2002.** Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ, 25 : 239–250.
- Munns R, Hare R.A, James R.A and Rebetzke G.J, 2000.** Genetic variation for improving the salt tolerance of *durum wheat*. Aust. J. Agric. Res, 51: 69-74.
- Nan ZB, Abd El-Moneim AM, Larbi A and Nie B, 2006.** Productivity of vetches (*Vicia* spp.) under alpine grassland conditions in China. Trop Grassl, 40:177-182.
- Netondo GW, Onyango J.C and Beck E, 2004.** Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Sci, 44 (3): 806-811.
- Neumann P, 1997.** Salinity resistance and plant growth revisited. Plant Cell Environ, 20 : 1193–1198.
- Nieman R.H, 1962.** Some effects of sodium chloride on growth, Photosynthesis and respiration of twelve crop plants. Bot. Gaz, 123: 279-285.
- Nijenstein H, Don R and Nydam J, 2008.** Comparison of oven moisture tests at 130°C vs. 103 °C. Seed Testing International, 135: 28-33.
- Nobel P.S and Huang B, 1992.** Hydraulic and structural changes for lateral roots of two desert succulents in response to soil drying and rewetting. International Journal of Plant Science, 153: 163-170.
- OdatN, Tawaha A.M, Hasan M, Imran M.H, Amanullah, Al-Tawaha A.R, Thangadurai D, Sangeetha J, Rauf A, Khalid S, Saranraj P, AL-Taey D.K.A, Safari Z.S, Zahid N.A, Qazizadah A.Z and Sirajuddin S.N, 2021.** Seed priming with chitosan

alleviates salinity stress by improving germination and early growth parameters in common vetch (*Vicia sativa*). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 788 012059, doi: 10.1088/1755 1315/788/1/012059.

**Olszewski J, Fordoński G and Żuk-Golaszewska K, 2001.** Plonowanie samokończących form wyki siewnej i bobiku w zależności od sposobu siewu. Biul. Nauk, 11: 95-104.

**Omoto E, Taniguchi M and Miyake H, 2010.** Effects of salinity stress on the structure of bundle sheath and mesophyll chloroplasts in NAD-malic enzyme and PCK type C4 plants. Plant Production Science, 13: 169–176.

**ONS, 2011.** Recensement général de la population et de l’habitat, résultats 2009. Office national des statistiques, Alger, Algérie, 213 p.

**Orak A and Ateş E, 2005.** Resistance to salinity stress and available water levels at the seedling stage of the common vetch (*Vicia sativa* L.). Plant soil environ, 51(2): 51–56.

**Osman S.A, Ali H.B, El-Ashry Z.M and El-Khodary S.E, 2020.** Karyotype variation and biochemical analysis of five *Vicia* species. Bulletin of the National Research Centre, 44:91 <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00347-3>.

**Pecetti L, Annicchiarico P and Damania AB, 1992.** Biodiversity in a germplasm collection of *durum wheat*. Euphytica, 60:229–238.

**Pecetti L, Annicchiarico P, De Rosa L and Proietti S, 2013.** Targeting *lucerne* cultivars to saline-soil environments. In: S. Barth and D. Milbourne (ed.) Breeding strategies for sustainable forage and turf grass improvement. Springer, Dordrecht, the Netherlands, pp 249-53.

**Peoples MB, Herridge DF and Ladha JK, 1995.** Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production. Plant Soil, 174: 3-28.

**Pessarakli M and Huber J.T, 1991.** Biomass production and protein synthesis by alfalfa under salt stress. J. Plant Nutri, 14: 283-293.

**Pessarakli M, 1994.** Response of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to salt stress. In: Handbook of Plant and Crop Stress. 2nd ed. (Ed.): M. Pessarakli. Marcel Dekker Inc., New York, pp: 415-430.

**Potokina E.K, 1997.** *Vicia sativa* L. aggregate (Fabaceae) in the flora of the former USSR. Genetic Resources and Crop Evolution, 44: 199–209.

**Praxedes S.C, de Lacerda C.F, DaMatta F.M, Prisco J.T and Gomes-Filho E, 2010.** Salt tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivar. J. Agronomy & Crop Science, 196: 193–204

**Quézel P and Santa S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions méridionales. Tome 1. Editions du centre national de la recherche scientifique. Paris, pp, 524-531.

**Rahmati T, Azarfar A, Mahdavi A, Khademi K, Fatahnia F, Shaikhahmadi H and Darabighane B, 2012.** Chemical composition and forage yield of three *Vicia* varieties (*Vicia* spp.) at full blooming stage.

**Rajhi I, Ben Moussa S, Neji I, Baccouri B, Ben Chikha M, Chammakhi C, Amri M, Brouquisse R and Mhadhbi H, 2020.** Photosynthetic and physiological responses of small seeded faba bean genotypes (*Vicia faba* L.) to salinity stress: identification of a contrasting pair towards salinity. Photosynthetica, 58 (1) : 174-185.

**Ramos-Font M.E, Tognetti-Barbieri M.J, González-Rebollar J.L and Robles-Cruz A.B, 2019.** Potential of wild annual legumes for mountain pasture restoration at two silvopastoral sites in southern Spain: promising species and soil-improvement techniques. Agroforestry Systems, 95: 7–19.

**Ramos-Morales E, Sanz-Sampelayo M and Molina-Alcaide E, 2010.** Nutritive evaluation of legume seeds for ruminant feeding. J Anim Physiol Anim Nutr, 94: 55-64.

**Rao G.G and Rao G.R, 1981.** Pigment composition & chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus Spreng*) & Gingelley (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. Indian Journal of Experimental Biology, 19: 768-770.

**Rebaa F, Abid G, Aouida M, Abdelkarim S, Aroua I, Muhovski Y, Baudoin J.P, M'hamdi M, Sassi K and Jebara M, 2017.** Genetic variability in Tunisian populations of faba bean (*Vicia faba* L. var. *major*) assessed by morphological and SSR markers. Physiol Mol Biol Plants, 23(2) :397–409.

**Reddy P.S, Jogeswar G, Rasineni G.K, Maheswari M, Reddy A.R, Varshney R.K and Kishor P.B.K, 2015.** Proline over-accumulation alleviates salt stress and protects

photosynthetic and antioxidant enzyme activities in transgenic sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Plant Physiol, Biochem*, 94: 104–113.

**Renzi J. P, Chantre G. R, and Cantamutto M.A, 2017.** Self-regeneration of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) as affected by seedling density and soil tillage method in a semi-arid agroecosystem. *Grass Forage Sci*, 72: 524–533. doi: 10.1111/gfs.12255.

**Romero Zarco C, 1999.** *Vicia* L. In: Castroviejo S. (ed.) *Flora Iberica: Plantas vasculares de la península Iberica e islas baleares*. Real Jardín Botánico, Madrid, pp. 360–417.

**Roshdy A, Alebidi A, Almutairi K, Al-Obeed R and Elsabagh A, 2021.** The Effect of Salicylic Acid on the Performances of Salt Stressed Strawberry Plants, Enzymes Activity, and Salt Tolerance Index. *Agronomy* 11: 775. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040775>.

**Rouabhi A, Hafsi M and Monneveux P, 2019.** Climate change and farming systems in the region of Setif (Algeria). *Journal of Agriculture and Environment for International Development - JAEID*, 113 (1): 79-95. DOI: 10.12895/jaeid.20191.928.

**Rumbaugh M.D, Graves W.L, Caddel J.L and Mohammad R.M, 1988.** Variability in a collection of *alfalfa* germplasm from Morocco. *Crop Sci*, 28:605–609.

**Sabir F, SangwanR.S, Kumar R and Sangwan N.S, 2012.** Salt stress-induced responses in growth and metabolism in callus cultures and differentiating In vitro shoots of Indian ginseng (*Withania somnifera* Dunal). *J. Plant Growth Regul*, 31: 537-548.

**Sadeghi G.H, Mohammadi L, Ibrahim S.A and Gruber K.J, 2009.** Use of bitter vetch (*Vicia ervilia*) as feed ingredient for poultry. *World Poultry Sci*, 65:51-63.

**Sadiki M, Amri A, Birouk A and Bounejmate M, 1995.** Les ressources phylogénétiques des plantes cultivées au Maroc. In *Etude de Faisabilité du Projet FEM/PNUD/FAO sur la Conservation et la Valorisation des Ressources Génétiques des Plantes au Maghreb* ; Ministère de l'Environnement : Rabat, Maroc.

**Sallam A, Martsch R and Moursi YS, 2015.** Genetic variation in morpho-physiological traits associated with frost tolerance in faba bean (*Vicia faba* L.). *Euphytica*, DOI 10.1007/s10681-015-1395-2.

**Sangwan N.S, Farooqi A.H.A and Sangwan R.S. 1994**, Effect of drought on growth and essential oil metabolism in lemongrass species. *New Phytol*, 128: 173-179.

**Sattell R, Dick R, Luna J and Peachey R.E, (1998)**. Common vetch (*Vicia sativa* L.). Corvallis Ext. Serv., Oregon State Univ, Corvallis.

**Sayar R, Bchini H, Mosbahi M and Ezzine M, 2010**. Effects of salt and drought stresses on germination, emergence and seedling growth of Durum wheat (*Triticum durum* Desf). *Journal of Agricultural Research*, 5 (15), 2008-2016.

**Schäfer H.I, 1973**. Zur Taxonomie der *Vicia narbonensis* - Gruppe. *Kulturpflanze* 21: 211-273.

**Schonfeld M.A, Carver B.F and Mornhinweg D.W, 1988**. Water Relations in Winter Wheat as Drought Resistance Indicator. *Crop Sci*, 28: 526-531.  
*Sécheresse*, 17 (1-2) : 01-06.

**Seeman J.R and Critchley C, 1985**. Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species *Phaseolus vulgaris* L. *Planta*, 165: 151-162.

**Seki M, Umezawa T, Urano K and Shinozaki K, 2007**. Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Curr Opin Plant Biol*, 10(3):296–302.

**Shah SH, Houborg R and McCabe MF, 2017**. Response of chlorophyll, carotenoid and SPAD-502 measurement to salinity and nutrient stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*, 7(3): 61. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030061>.

**Shanon, M.C, 1986**. New insights in plant breeding efforts for improved salt tolerance. *Hort. Technol.* 6: 96–99.

**Sharma A, Shahzad B, Kumar V, Kohli SK, Sidhu GPS, Bali AS, Handa N, Kapoor D, Bhardwaj R and Zheng B, 2019**. Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress. *Biomolecules*, 9(7):285.

**Sharma R.N, Johnson P.L, Nanda H.C, Sao A, Sarawgi A.K, Umesh Verma S.K, Prabha N and Singh A.K, 2021**. Genetic variability, character association and coheritability

for yield traits over the locations in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Legume Research*, 7: 859-863.

**Sharma S, Villamor J.G and Verslues P.E, 2011.** Essential role of tissue-specific proline synthesis and catabolism in growth and redox balance at low water potential. *Plant Physiol*, 157: 292–304.

**Shiferaw B and Baker D.A, 1996.** An evaluation of drought screening technics for *Eragrostis tef*. *Trop Sci*, 36: 74 - 85.

**Singh A.K and Dubey R.S, 1995.** Changes in chlorophyll a and b contents and activities of photosystems 1 and 2 in rice seedlings induced by NaCl. *Photosynthetica*, 31: 489-499.

**Singh S, Sharma V.R, Nannuru V.K.R, Singh B and Kuma M, 2021.** Phenotypic diversity of pea genotypes (*Pisum sativum* L.) based on multivariate analysis. *Legume Research*, 8: 875-881.

**Slama S, Bouchereau A, Flowers T, Abdelly C and Savouré A, 2015.** Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. *Ann. Bot*, 115: 433–447. doi: 10.1093/aob/mcu239.

**Small E, 2010.** Alfalfa and relatives: Evolution and classification of *Medicago*. NRC Research Press, Ottawa, and CAB International, Wallingford.

**Souidi Z, Hammimed A, Donze F, Seddini A and Mederbek K, 2010.** Estimation de l'évapotranspiration d'un couvert forestier en Algérie par télédétection. *Revue Télédétection*, 9:164-181.

**Stankevich A.K, 1978.** K sistematike politipnogo vida *Vicia sativa* L.s.l. *Bulleten VIR*, 81:3–11.

**Stebler N, 1984.** Etude de la gestion des prairies naturelles, 33p.

**Szabados L and Savouré A, 2010.** Proline: a multifunctional amino acid. *Trends Plant Sci*, 15: 89–97. doi: 10.1016/J.TPLANTS.2009.11.009.

**Talukdar D, 2013.** Leguminosae. *Brenner's Encyclopedia of Genetics*, 2nd Edition, 4: 212-216.

**Tan M and Temel S, 2005.** Effect of mepiquat chloride, a growth retardant, on seed yield and yield components in common vetch (*Vicia sativa*). Indian journal of agriculture sciences, 75 (3): 160-61.

**Tan M, Koc A and Gul Z.D, 2012.** Morphological characteristics and seed yield of east Anatolian local forage Pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L. ecotypes. Turkish Journal of Field Crops, 17(1): 24-30

**Tanveer K, Gilani S, Hussain Z, Ishaq R, Adeel M, and Ilyas N, 2019.** Effect of salt stress on tomato plant and the role of calcium. Journal of plant nutrition, <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1659324>

**Tayefi-Nasrabadi H, Dehghan G, Daeihassani B et al, 2011.** Some biochemical properties of guaiacol peroxidases as modified by salt stress in leaves of salt-tolerant and salt sensitive safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. African Journal of Biotechnology, 10: 751–763.

**Tayyab, Azeem M, Qasim M, Ahmed N and Ahmad R, 2016.** Salt stress responses of pigeon pea (CAJANUS CAJAN) on growth, yield and some biochemical attributes. Pak. J. Bot, 48(4): 1353-1360

**Tlahig S, Bellani L, Karmous I, Barbieri F, Loumerem C.M and Mucciforac S, 2021.** Response to Salinity in Legume Species: An Insight on the Effects of Salt Stress during Seed Germination and Seedling Growth. Chem. Biodiversity, 18 : e2000917. DOI : 10.1002/cbdv.202000917.

**Tounektia T, Vadela A.M, Nateb M.O, Khemiraa H and Munné-Bosch S, 2011.** Salt-induced oxidative stress in rosemary plants: Damage or protection? Environmental and Experimental Botany, 71: 298–305.

**Turkan I and Demiral T, 2009.** Recent developments in understanding salinity tolerance. Environ. Exp. Bot, 67(1) : 2-9.

**Tzvelev N.N, 1987.** *Vicia* L. – In: Fedorov A.A (ed.), Flora Partis Europaeae URSS, vol. 6. – Nauka, Leningrad (in Russ.), pp. 127–147.

**Upov, 1988.** Principes directeurs pour la conduite de l'examen des caractères distinctifs de l'homogénéité et de la stabilité. DOC No.TG/32/6 (21.10.1988).

**Upov, 2009.** International Union for the Protection of New Varieties of Plants, guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability 52 p.

**Uslu O.S, Kurt O, Kaya E and Kamalak A, 2018.** Effect of species on chemical composition, metabolizable energy, organic matter digestibility and methane production of some legume plants grown in Turkey. Journal of applied animal research, 46 (1): 1158–1161.

**Van de Wouw M, Maxted N and Bria Fordlioyd B.V, 2003.** Agromorphological characterisation of common Vetch and its close relatives. Euphytica, 130(2): 281-292.

**Vasiljević S, Milić D and Mikić A, 2009.** Chemical attributes and quality improvement of forage legumes. Biotechnology in Animal Husbandry, 25(5–6), 493–504

**Veronesi F and Falcinelli M, 1988.** Evaluation of an Italian germplasm collection of *Festuca arundinacea* Schreb. through a multivariate analysis. Euphytica, 38:211–220.

**Volaire F, Barkaoui K and Norton M, 2014.** Designing resilient and sustainable grasslands for a drier future: adaptive strategies, functional traits and biotic interactions. Eur. J. Agron, 52:81-9.

**Waheed M.A, Jamil M, Khan M.D, Shakir S.K and Rehman S.U, 2016.** Effect of plant-derived smoke solutions on physiological and biochemical attributes of maize (*Zea mays* L.) under salt stress. Pak. J. Bot, 48: 1763-1774.

**Wignarajah K, 1990.** Growth response of *Phaseolus vulgaris* to varying salinity regimes. Environ. Exp. Bot. 2: 141-147.

**Woodward A.J and Bennett I.J, 2005.** The effect of salt stress and abscisic acid on proline production, chlorophyll content and growth of in vitro propagated shoots of *Eucalyptus camaldulensis*. Plant Cell Tiss. Org. Cult, 82: 189-200.

**Xie J, Dai Y, Mu H, De Y, Chen H, Wu Z, Yu L and Ren W, 2016.** Physiological and biochemical responses to NaCl salinity stress in three *Roegneria* (Poaceae) species. Pak. J. Bot, 48: 2215-2222.

- Yabrir B, Laoun A, Chenouf N.S and Mati A, 2015.** Caractéristiques des élevages ovins de la steppe centrale de l'Algérie en relation avec l'aridité du milieu : cas de la wilaya de Djelfa. *Livest. Res. Rural Dev*, 27: 207.
- Yao A.R, 1998.** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. *J. Exp. Bot*, 49: 915–929.
- Yousef A.N and Sprent J.I, 1983.** Effect of NaCl on growth, nitrogen incorporation in chemical composition of inoculated and NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> fertilized *Vicia faba* L. plants. *Journal of Experimental Botany*, 143: 941-950.
- Zahran H.H and Sprent J.I, 1986.** Effects of sodium chloride and polyethylene glycol on root-hair infection and nodulation of *Vicia faba* L. plants by *R. leguminosarum*. *Planta*, 167: 303-309.
- Zeng L, Shannon M.C and Grieve C.M, 2002.** Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by multiple agronomic parameters. *Euphytica*, 127: 235-245.
- Zhu J. K, 2001.** Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6 (2): 66-71.
- Zoghhlami khellil A, Jabri C, Lamine O, El-Bok S, 2014.** Caractérisation morphologique des gousses et des graines de trois accessions de vesce commune (*Vicia sativa* L.). *Annales de l'INRAT*, Volume 87.
- Zoghlami A and Hassen H, 2004.** Ressources génétiques des espèces spontanées de légumineuses fourragères et pastorales en Tunisie. *Cah. Options Méditerran.*, 62: 375-377.
- Zoghmal K, Hassen H, Ben Salem H and Ben Yousef S, 2012.** Agronomic evaluation of introduced accessions of *Vicia narbonensis* L. under contrasting environments and two years period. *Options Méditerranéennes*, 102: 149–154.
- Zohary D and Plitman U, 1979.** Chromosome polymorphism, hybridization and colonization in the *Vicia sativa* group (Fabaceae). *Plant Syst & Evol*, 31:143–156.
- Zohary M, 1972.** *Flora Palaestina*, (vol 2. text) The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, p 203.

## Annexe

### Publication internationales

1. **BOUGRINE H, MEBARKIA A and BECHRKI S, 2022.** Genetic Diversity Associated with Eco-geographical Parameters, Morphological Characteristics and Soil Analyzes of Common Vetch (*Vicia sativa* L.) in Algeria. *Agricultural Science Digest*, Volume 42 Issue 3: 317-321.
2. **BOUGRINE H, MEBARKIA A and BECHRKI S, 2023.** Caractérisation phénotypique de 8 taxa spontanés du genre *Vicia* L. dans la région semi-aride de Sétif (Algérie). *Fourrage* (en cours de publication, corrections déjà faites).

### Communication nationale :

1. Evaluation agronomique et caractérisation phénotypique de plusieurs écotypes spontanées du genre *Vicia* L. en Algérie. Communication orale, séminaire national sur la valorisation des bioressources végétales en Algérie (VBRV) tenu le 07/06/2022, à l'université Abbas Laghrour Khenchla.

## ملخص

في المناطق شبه القاحلة والجافة في الجزائر ، تعتبر الثروة الحيوانية جزءاً لا يتجزأ من أنظمة الإنتاج. من المعروف أن إنتاج الأعلاف في هذه المنطقة لا يزال يهيم عليه بشكل رئيسي جمعية البقية / الشوفان التي على الرغم من كل الجهود المبذولة لتحسينها ، إلا أن إنتاجها لا يزال منخفضاً ولا يمكن أن يلبى الاحتياجات المتزايدة للقطيع. نتيجة لذلك ، حددت دراساتنا أنفسنا أهدافاً لجمع أكبر عدد من المدخلات التلقائية الموجودة في هذه المنطقة ، بهدف توصيفها من خلال عدة مناهج ، هي: المورفولوجية والبيئية والجغرافية والكميائية الحيوية ، من أجل تعزيزها أولاً من ناحية التنوع و أيضاً من ناحية من ناحية الكيف.

في هذا السياق ولتحقيق هذه الأهداف ، عرضنا الأنواع المجموعة لثلاثة اختبارات تجريبية تحت ظروف خاضعة للرقابة. الأول يتعلق بدراسة مدى التنوع الجيني ضمن هذه المدخلات من خلال الوصفات الزراعية والظاهرة المرتبطة بمعايير جغرافية إيكولوجية مختلفة. بينما ركز الاختبار الثاني على التوصيف الزراعي وتقييم بعض المعايير المتعلقة بالقيمة الغذائية. أخيراً ، ركز الاختبار الأخير على الاستجابة المورفولوجية والبيئية والكميائية الحيوية لهذه المدخلات تحت ضغط الملوحة.

أظهرت نتائجنا اختلافات كبيرة للعديد من الصفات المورفولوجية التي كانت تعتبر متغيرات رئيسية لتحديد وتصنيف أنواع *Vicia L*. وبالمثل ، كان أداء هذه المدخلات جيداً جداً من الناحية الزراعية ، سواء بالنسبة لإنتاج الأعلاف (أفضل محتوى = 3.10 جرام / نبات) والحبوب (أفضل محتوى = 5.83 جم / نبات). لوحظ اتساع كبير في المراحل الفينولوجية (الفاصل الزمني 29 يوماً) ، والحساسية للاختناخ (الفاصل 75٪) ، ودرجة تفكك الفصوص لهذه الموارد ، والتي من الواضح أنها سمات ذات أهمية هائلة للمربين. بشكل عام ، تساهم نتائجنا بشكل فعال في توسيع حدود النطاقات المذكورة من قبل الباحثين الذين سبق لهم العمل على البقية في الجزائر.

أيضاً ، ومن وجهة النظر التغذوية ، فإن الاختلافات الملحوظة لمحتويات النيتروجين والألياف والمعادن والمواد العضوية ، تقدم معلومات قيمة تسمح وتسهل إنتاج تين ذا قيمة غذائية عالية. في النهاية ، تظهر دراسة تحمل هذه الأنواع للملوحة أن التحليل متعدد المتغيرات (PCA) المطبق على مؤشرات التحمل واستخدام نسب التخفيض أثبت أنه مثير للاهتمام للغاية ويجعل من الممكن تصنيف الأفراد المتحملة والحساسة بمزيد من الدقة نتيجة لتوليف المتغيرات المختلفة المدروسة. وبالمثل ، فإن هذه الأساليب تجعل من الممكن تسليط الضوء على المتغيرات الأكثر فعالية التي يمكن استخدامها مباشرة عند تحديد الأنماط الجينية المحتملة (في حالتنا النوع 33). **الكلمات المفتاحية:** المدخل، التوصيف، الجغرافيا البيئية، مورفولوجي، الكيمياء الحيوية، التحمل، الملوحة

## RESUME

Dans les régions semi-arides et arides d'Algérie, l'élevage fait partie intégrante des systèmes de production. Il est connu que la production fourragère dans cette région demeure toujours majoritairement dominée par l'association Vesce/Avoine qui, malgré tous les efforts consentis à son amélioration, sa production reste faible et ne peut répondre aux besoins sans cesse croissants du cheptel. De ce fait, notre étude s'est fixée comme objectifs de collecter le maximum d'accessions spontanées présentes dans cette région, dans le but de les caractérisées à travers plusieurs approches à savoir : morphologique, éco-géographique et biochimique, afin de les valoriser d'une part en termes de diversité et d'autre part en matière d'adaptation. **Dans ce contexte et afin de répondre à ces objectifs, nos accessions ont fait l'objet de trois essais expérimentaux en pots et sous conditions contrôlées. Le premier a concerné l'étude de l'ampleur de la diversité génétique au sein de ces accessions par des descripteurs agronomiques et phénotypiques associée aux différents paramètres éco géographiques. Tandis que le deuxième essai a porté sur la caractérisation agronomique et l'appréciation de certains paramètres liées à la valeur nutritionnelle. En fin, le dernier essai s'est intéressé à la réponse morphologique, physiologique et biochimique de ces accessions sous contrainte saline.** Nos résultats ont montré des variations importantes pour plusieurs traits morphologiques qui ont été jugés comme variables clés pour l'identification et la caractérisation des espèces du genre *Vicia L*. De même, ces accessions ont été très performantes agronomiquement, tant pour la production fourragère (meilleure teneur=3.10g/plant) et en grain (meilleure teneur=5.83g/plant). Une grande amplitude s'est observée chez les stades phénologiques (intervalle de 29 jrs), la sensibilité à la verse (intervalle 75%) et le degré de déhiscence de ces ressources, qui sont bien évidemment des traits d'une importance colossale pour les sélectionneurs. Globalement, nos résultats contribuent de façon efficace à l'expansion des limites des aires de répartitions cités précédemment par les chercheurs qui ont déjà travaillé sur les vesces en Algérie. Egalement, du point de vue nutritionnel, les variations observées pour les teneurs en azote, en fibres, en minéraux et en matière organique, présentent des informations précieuses permettant et facilitant la production d'un foin de haute valeur nutritionnelle. En fin, l'étude de la tolérance de ces accessions à la salinité montre que l'analyse multivariée (ACP) appliquée sur les indices de tolérance et l'utilisation des pourcentages de diminution s'avèrent très intéressantes et permettent de classer les individus tolérants et sensibles avec plus de précision, et ce à cause de la combinaison des différents paramètres étudiés. Pareillement, ces méthodes permettent de ressortir les variables les plus efficaces qui peuvent être utilisées de manière directe lors de l'identification des géotypes tolérants (en l'occurrence l'accession 33). **Mots clés :** Accession, Caractérisation, éco-géographique, morphologique, biochimiques, tolérance, salinité.

## ABSTRACT:

In the semi-arid and arid regions of Algeria, livestock is an integral part of production systems. It is known that fodder production in this region is still mainly dominated by the Vetch/Oats association, which, despite all the efforts made to improve it; its production remains low and cannot meet the ever-increasing needs of the herd. As a result, our study has set itself the objectives of collecting the maximum number of spontaneous accessions present in this region, with the aim of characterizing them through several approaches, namely: morphological, eco-geographical and biochemical in order to enhance them, on the one hand, in terms of diversity and on the other hand in terms of adaptation. **In this context and in order to meet these objectives, our accessions were the subject of three experimental tests in pots and under controlled conditions. The first concerned the study of the extent of genetic diversity within these accessions by agronomic and phenotypic descriptors associated with different eco-geographical parameters. While the second test focused on the agronomic characterization and the assessment of certain parameters related to nutritional value. Finally, the last test focused on the morphological, physiological and biochemical response of these accessions under saline stress.** Our results showed significant variations for several morphological traits that were consider as key variables for the identification and characterization of species of the genus *Vicia L*. Similarly, these accessions performed very well agronomically, both for fodder production (best content=3.10g/plant) and in grain (best content=5.83g/plant). A great amplitude was observed in the phonological stages (interval=29 days), the sensitivity to lodging (interval=75%) and the degree of dehiscence of these resources, which are obviously traits of colossal importance for breeders. Overall, our results contribute effectively to the expansion of the limits of the ranges cited above by researchers who have already worked on vetches in Algeria. In addition, from the nutritional point of view, the variations observed for the nitrogen, fiber, mineral and organic matter contents, present valuable information allowing and facilitating the production of hay of high nutritional value. In the end, the study of the tolerance of these accessions to salinity shows that the multivariate analysis (PCA) applied to the indices of tolerance and the use of the percentages of reduction prove to be very interesting and make it possible to classify the tolerant individuals and sensitive with more precision, due to the combination of the different parameters studied. Similarly, these methods can highlight the most effective variables that can be used directly when identifying tolerant genotypes (in our case accession 33).

Key words: Accession, Characterization, eco-geographical, morphological, biochemical, tolerance, salinity.