

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

THESE

Présentée par

MAHMAH Selma

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT 3^{ème} CYCLE

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration de la Production Végétale

THÈME

**Valorisation de certaines légumineuses fourragères
à graines dans l'alimentation animale**

Soutenu publiquement le : 18 / 12 / 2023

DEVANT LE JURY

Président :	M. MEBARKIA Abdelkrim	Pr. Université Ferhat ABBAS Sétif 1
Directeur :	M. MEBARKIA Amar	Pr. Université Ferhat ABBAS Sétif 1
Examinatrice :	Mme. TELLAH Sihem	Pr. ENSA El Harrach, Alger
Examinatrice :	Mme. BECHKRI Sakina	MCA Université Frères Mentouri Constantine 1
Examineur :	M. MOUFFOK Charef Eddine	MCA Université Ferhat ABBAS Sétif 1

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

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents mon père Toufik; ma mère BENBRINIS Fatima Zohra, pour leur soutien inconditionnel, leurs sacrifices et leur amour infini.

A mes sœurs Zeineb, Tounes et Soumia.

A mes frères Zakaria, Yahia et Youcef.

A mes oncles ; mes tantes, mes cousins et mes cousines.

Je ne peux oublier d'avoir une pensée pour mes défuntes grand-mères ; Rebiha et Tounes (Que Dieu tout puissant et miséricordieux vous accepte dans son vaste paradis).

A mes amis, sans exception et à tous mes camarades du Département des Sciences Agronomiques.

Selma

Remerciements

Je remercie Dieu tout puissant qui m'a donné la force et la foi pour mener à bien ce modeste travail de recherche

Je tiens à remercier:

*Professeur **MEBARKIA Amar** ; pour m'avoir encadré et dirigé tout le long de la réalisation de ce travail avec une grande rigueur scientifique, pour sa parfaite disponibilité et ses précieux conseils.*

Je tiens à remercier également, les membres de jury :

***M. MEBARKIA Abdelkrim** ; professeur à l'Université Ferhat Abbas de Sétif 1, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance. Je lui exprime toute ma reconnaissance.*

***M^{me}. TELLAH Sihem** ; professeur à l'ENSA d'El Harrach, je voudrais qu'elle trouve ici mes remerciements les plus vifs d'avoir voulu examiner mon travail et de faire partie du jury.*

***M^{me}. BECHKRI Sakina** ; docteur à l'Université Frères Mentouri Constantine 1, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury et d'examiner ce travail.*

***M. MOUFOUK Charef Eddine** ; docteur à l'Université Ferhat Abbas de Sétif 1, d'avoir accepté d'examiner ce travail. Qu'il trouve ici mon profond respect et ma parfaite reconnaissance.*

*De très précieux remerciements vont à **M. REKIK Fouad** ; docteur à l'Université El Hadj Lakhder Batna 1 ; qui n'a pas hésité une seconde de venir humblement à mon aide, et de ne m'avoir jamais privé de son savoir.*

Un grand merci à M. MERATLA Laid ; le président directeur général de la Laiterie COOPSEL (Anfel) pour son aide précieuse. Qu'il trouve ici le témoignage de ma gratitude.

Je n'oublie pas de remercier vivement M. Djemili Khier ; le président directeur général du SARL VETAM et Mme. SETTA Meriem ; docteur vétérinaire à SARL VETAM d'avoir accepté de m'aider à réaliser des analyses au niveau du laboratoire.

J'adresse mes vifs remerciements à M. MOUJAHED Nizar ; professeur à l'INAT de Tunisie, pour sa précieuse aide.

Finalement, je tiens à remercier tous ceux, de près ou de loin, qui m'ont aidé dans ma tâche.

Table des matières

	Page
ملخص	
Résumé	
Abstract	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des annexes	
Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse	
Introduction générale	1
<i>PARTIE I : Synthèse Bibliographique</i>	
1. Les cultures fourragères	7
1.1. Place des cultures fourragères dans le monde	7
1.2. Etat des lieux des cultures fourragères en Algérie	8
1.3. Contraintes au développement des cultures fourragères en Algérie	11
1.3.1. Contraintes abiotiques	11
1.3.2. Contraintes techniques	12
1.3.3. Contraintes anthropiques	13
1.3.4. Contraintes socio-économiques	13
1.3.5. Contraintes législatives et politiques	13
2. Déficit fourrager en Algérie	14
3. Valeur nutritive des cultures fourragères	15
3.1. Composition chimique et Digestibilité	15
3.2. Valeur énergétique	17
3.3. Valeur azotée	17
4. Les légumineuses	19
4.1. Atouts de l'utilisation des légumineuses	19
4.1.1. Atouts agronomiques	20
4.1.1.1. Fixation symbiotique de l'azote atmosphérique	20

4.1.1.2. Amélioration de la fertilité du sol	21
4.1.1.3. Rôle dans les rotations des cultures	21
4.1.2. Atouts nutritifs	22
4.1.3. Atouts écologiques	22
4.1.4. Atouts économiques	23
5. Facteurs antinutritionnels des légumineuses à graines	24
6. Le genre <i>Vicia</i> sp.	26
6.1. Taxonomie du genre <i>Vicia</i> sp.	27
6.2. Vesce de narbonne (<i>Vicia narbonensis</i> L.)	28
6.3. Vesce commune (<i>Vicia sativa</i> L.)	30
7. Etat des lieux de la culture de vesce en Algérie	31

PARTIE II : Matériel et Méthodes

CHAPITRE I : Etude de la diversité des caractères phénologiques, morphologiques et agronomiques de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. dans la région semi-aride de Sétif

1. Objectif	38
2. Présentation de la région d'étude	38
3. Présentation du matériel végétal	39
4. Présentation de l'essai	40
5. Caractères étudiés	41
5.1. Stades phénologiques	41
5.2. Caractère morphologique	41
5.3. Paramètres agronomiques	41
5.4. Composantes de rendement	42
6. Traitement statistique	42

CHAPITRE II : Valeur nutritive des graines de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. pour les ruminants

1. Objectif	44
2. Détermination de la composition chimique	44

2.1. Teneur en matière sèche (MS)	44
2.2. Teneurs en cendres brutes (CB) et en matière organique (MO)	45
2.3. Teneur en protéines brutes (PB)	45
2.4. Teneur en matières grasses (MG)	46
2.5. Dosage de la cellulose brute (CB)	47
3. Digestibilité <i>in vitro</i> de la matière organique (dMO)	48
4. Calcul de la valeur nutritive à partir de la composition chimique, la digestibilité <i>in vitro</i> de la MO et des équations de prédiction	49
4.1. Valeur énergétique	49
4.1.1. Calcul de l'énergie brute (EB)	49
4.1.2. Calcul de la digestibilité de l'énergie (dE)	49
4.1.3. Transformation de l'énergie digestible en énergie métabolisable	50
4.1.4. Transformation de l'énergie métabolisable en énergie nette	50
4.1.5. Calcul de la valeur énergétique exprimée en UFL et UFV	50
4.2. Valeur azotée	51
4.2.1. Calcul de la matière organique fermentescible (MOF)	51
4.2.2. Calcul des PDIA, PDIM _N et PDIM _E	51
4.2.3. Calcul des deux valeurs azotées PDIE et PDIN	51
5. Traitement statistique	51

CHAPITRE III : Approche économique

1. Objectif	53
2. Estimation des coûts de production d'un hectare de semences de vesce dans la région semi-aride de Sétif	53
3. Estimation du taux de substitution du tourteau de soja par les grains de <i>Vicia narbonensis</i> L. dans une formule de concentré	53
3.1. Taux de substitution nutritif	53
3.2. Impact de la substitution sur le plan économique	54
4. Traitement statistique	54

PARTIE III : Résultats et Discussion

CHAPITRE I : Etude de la diversité des caractères phénologiques, morphologiques et agronomiques de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. dans la région semi-aride de Sétif

1. Stades phénologiques	58
2. Caractère morphologique : Hauteur des plantes	60
3. Paramètres agronomiques	62
3.1. Productions de matière sèche et de grains	62
3.2. Poids de cent grains	67
3.3. Indice de récolte	69
4. Composantes de rendement	71
4.1. Nombre de gousses par plant	71
4.2. Longueur de gousse	73
4.3. Nombre de grains par gousse	75
5. Relations entre les paramètres étudiés	77

CHAPITRE II : Valeur nutritive des graines de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. pour les ruminants

1. Composition chimique et Digestibilité <i>in vitro</i> de la matière organique	82
1.1. Teneur en matière sèche	82
1.2. Teneurs en cendres totales et en matière organique	83
1.3. Teneur en protéines brutes	85
1.4. Teneurs en matières grasses	87
1.5. Teneur en cellulose brute	88
1.6. Digestibilité <i>in vitro</i> de la matière organique	89
2. Valeur nutritive des graines de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. pour les ruminants	91
2.1. Valeur énergétique	92
2.2. Valeur azotée	94

CHAPITRE III : Approche économique

1. Estimation des coûts de production d'un hectare de semences de vesce dans la région semi-aride de Sétif	98
2. Estimation du taux de substitution du tourteau de soja par les grains de <i>Vicia narbonensis</i> L. dans une formule de concentré	99
2.1. Taux de substitution nutritif	99
2.2. Impact de la substitution sur le plan économique	100
Discussion générale	102
Conclusion générale et Perspectives	107
Références bibliographiques	110
Annexes	

ملخص

لا تزال الموارد العلفية محدودة في الجزائر. تعتمد أساليب تربية الماشية التقليدية على استغلال المراعي، الأراضي البور والمراعي الطبيعية منخفضة الجودة ، ولا تحظى محاصيل الأعلاف إلا بالقليل من الاهتمام. تعتمد أعلاف الحيوانات على الواردات لتلبية احتياجاتها من البروتين. وفي الواقع، يشكل إنتاج الأعلاف الرافعة الرئيسية لتحسين تغذية الماشية، وبالتالي إنتاجية نظم الثروة الحيوانية المعنية. كما أنه أمر بالغ الأهمية لاستدامة النظم المختلطة التي تجمع بين الإنتاج النباتي والحيواني. أجريت الدراسة الحالية لتقييم المراحل الفينولوجية وتحليل أداء إنتاج العلف وإنتاج الحبوب ومكوناته لنوع *Vicia narbonensis* L. مقارنة مع *Vicia sativa* L وتحديد القيمة الغذائية لحبوبها؛ من أجل تحسين سنة البور في دورة الحبوب/البور وتنمية الأراضي الهامشية من جهة ودراسة إمكانية تهمين أنواع البقية في أعلاف الحيوانات من جهة أخرى. تم إجراء التجارب على قطع أراضي الحرم الجامعي فرحات عباس تحت الظروف الممطرة في منطقة سطيف شبه القاحلة لمدة ثلاثة مواسم زراعية (2017-2020)، باستخدام عشرة أنماط بيئية من *Vicia narbonensis* L. واثنين من الأنماط البيئية من *Vicia sativa* L (كأنماط بيئية ضابطة) في تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاثة مكررات. تم العثور على تأثيرات كبيرة ($P > 0.05$) للتفاعل بين النمط البيئي والسنة والنمط البيئي × العام، بالإضافة إلى تباين كبير في المراحل الفينولوجية والخصائص الزراعية للأنماط البيئية التي تمت دراستها. وجدت علاقة طردية معنوية ($P > 0.05$) بين إنتاج الحبوب وإنتاج المادة الجافة وعلاقات سلبية معنوية ($P > 0.05$) بين موعد التزهير الكامل وإنتاجية المادة الجافة وإنتاج الحبوب. يبدو أن الأنماط البيئية المزهرة المبكرة تنتج غلات أفضل من تلك المزهرة المتأخرة في منطقة سطيف شبه القاحلة. أظهرت الدراسة وجود اختلافات كبيرة ($P > 0.05$) بين الأنماط البيئية المدروسة لنبات *Vicia narbonensis* L و *Vicia sativa* L من حيث وحدات علف الحليب واللحوم ، والبروتينات القابلة للهضم فعليًا في الأمعاء والتي يتم تمكينها بواسطة الطاقة والنيتروجين. سيؤدي استبدال مسحوق فول الصويا بحبوب بيقية ناربون إلى تحقيق ربح محتمل قدره 1798.76 DA/q في حالة تركيز أبقار الألبان COOPSSSEL. وهذا يعالج التحدي المتمثل في تحسين ربحية نبات *Vicia narbonensis* L في الجزائر لجعله محصولًا جذابًا للمزارعين مع تلبية متطلبات صناعة الأعلاف الحيوانية.

الكلمات المفتاحية: الثروة الحيوانية ؛ الظروف البعلية ؛ البور؛ منطقة شبه قاحلة ؛ محاصيل ؛ نظام الإنتاج ؛ القيمة الغذائية ؛

Vicia spp.

Résumé

Les ressources fourragères restent limitées en Algérie. Les méthodes traditionnelles d'élevage reposent sur l'exploitation de parcours, des jachères et de pâturages naturels de mauvaise qualité, les cultures fourragères recevant peu d'attention. L'alimentation animale dépend des importations pour satisfaire ses besoins en protéines. En effet, la production fourragère constitue le principal levier d'amélioration de la nutrition du bétail et, par conséquent, de la productivité des systèmes d'élevage concernés. C'est également crucial pour la durabilité des systèmes mixtes combinant productions végétales et animales. La présente étude est menée pour évaluer les stades phénologiques, analyser les performances de rendement fourrager, de rendement en grains et de ses composantes de l'espèce *Vicia narbonensis* L. en comparaison avec *Vicia sativa* L. et déterminer la valeur nutritive de leurs grains ; afin d'améliorer l'année de jachère dans la rotation céréales/jachère et développer les terres marginales d'une part et d'étudier la possibilité de valorisation des espèces de vesce dans l'alimentation animale d'autre part. Les essais sont menés sur les parcelles du Campus universitaire FERHAT Abbas sous conditions pluviales dans la région semi-aride de Sétif pendant trois saisons de croissance (2017-2020), en utilisant dix écotypes de *Vicia narbonensis* L. et deux écotypes de *Vicia sativa* L. (comme écotypes témoins) dans une conception en blocs complètement randomisés avec trois répétitions. Des effets significatifs ($P < 0.05$) de l'écotype, de l'année et de l'interaction écotype \times année sont trouvés, ainsi qu'une grande variabilité des stades phénologiques et des caractéristiques agronomiques des écotypes étudiés. Une relation positive significative ($p < 0,05$) est trouvée entre le rendement en grains et le rendement en matière sèche et des relations négatives significatives ($p < 0,05$) de la date de pleine floraison avec le rendement en matière sèche et le rendement en grains. Il semble que les écotypes à floraison précoce produisent de meilleurs rendements que ceux à floraison tardive dans la région semi-aride de Sétif. L'étude montre des différences significatives ($P < 0.05$) entre les écotypes étudiés de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. en termes d'unités fourragères lait et viande, et de protéines réellement digestibles dans l'intestin permises par l'énergie et par l'azote. La substitution du tourteau de soja par la vesce de narbonne en grains va générer un gain potentiel de 1798.76 DA/q dans le cas du concentré vache laitière 'COOPSEL'. Cela relève le défi d'améliorer la rentabilité de *Vicia narbonensis* L. en Algérie afin d'en faire une culture attractive pour les agriculteurs tout en répondant aux demandes de l'industrie de l'alimentation animale.

Mots clés : bétail, conditions pluviales ; jachère ; région semi-aride ; rendements ; système de production ; valeur nutritive ; *Vicia* spp.

Abstract

Fodder resources remain limited in Algeria. Traditional livestock farming methods rely on the exploitation of low-quality rangelands, fallows and natural pastures, with fodder crops receiving little attention. Animal feed depends on imports to meet its protein needs. Indeed, fodder production constitutes the main lever for improving livestock nutrition and, consequently, the productivity of the livestock systems concerned. It is also crucial for the sustainability of mixed systems combining plant and animal production. The present study is carried out to evaluate the phenological stages, analyze the performance of forage yield, grain yield and its components of the species *Vicia narbonensis* L. in comparison with *Vicia sativa* L. and determine the nutritional value of their grains; in order to improve the fallow year in the cereal/fallow rotation and develop marginal lands on the one hand and to study the possibility of valorizing vetch species in animal feed on the other hand. The trials are carried out on the plots of the FERHAT Abbas University Campus under rainfed conditions in the semi-arid region of Setif during three growing seasons (2017-2020), using ten ecotypes of *Vicia narbonensis* L. and two ecotypes of *Vicia sativa* L. (as control ecotypes) in a randomized complete block design with three replications. Significant effects ($P < 0.05$) of ecotype, year and ecotype \times year interaction are found, as well as a great variability in phenological stages and agronomic characteristics of the ecotypes studied. A significant positive relationship ($p < 0.05$) is found between grain yield and dry matter yield and significant negative relationships ($p < 0.05$) of full flowering date with dry matter yield and grain yield. It appears that early flowering ecotypes produce better yields than late flowering ones in the semi-arid region of Setif. The study shows significant differences ($P < 0.05$) between the studied ecotypes of *Vicia narbonensis* L. and *Vicia sativa* L. in terms of milk and meat forage units and; energic and nitrogenous intestinal digestible proteins. The substitution of soybean meal with narbon vetch grains will generate a potential gain of 1798.76 DA/q in the case of 'COOPSSSEL' dairy cow concentrate. This raises the challenge of improving the profitability of *Vicia narbonensis* L. in Algeria in order to make it an attractive crop for farmers while meeting the demands of the animal feed industry.

Key words: livestock, rainfed conditions; fallow; semi-arid region; yields; production system; nutritive value; *Vicia* spp.

Liste des Abréviations

100 % F: 100 % floraison (en jours)
50 % F: 50 % de la floraison (en jours)
AFNOR : Association Française de NORmalisation
AOAC : Association of Official Agricultural Chemists
CB : Cellulose brute
CBo : Teneur en cellulose brute exprimé en g/kg de MO
COOPSEL : Coopérative Spécialisée en Services d'Elevage
CT : Cendres totales
CV : Coefficient de variation
DA : Dinard
DA/ha : Dinard par hectare
DA/kg : Dinard par kilogramme
DA/q : Dinard par quintal
DcellMO : Digestibilité cellulasique de la MO
dE : Digestibilité de l'énergie
DF : Début de floraison (en jours)
dMO : Digestibilité de la Matière Organique
dr : Digestibilité intestinale vraie chez les ruminants des protéines alimentaires non dégradées
DT : Dégradabilité théorique des protéines dans le rumen
E(MO) : Poids de la prise d'essai
EB : Energie brute
EC : Energie sous forme d'extra-chaueur
ECH₄ : Energie sous forme de méthane
ED : Energie digestible
EF : Energie fécale
EM : Energie métabolisable
EN : Energie nette
ENEV : Energie nette d'entretien et de production de viande
ENL : Energie nette de lactation
ETR : Ecart-type résiduel

EU : Energie urinaire

FAO : Food and Agriculture Organization

FAOSTAT : Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

FAT : Facteurs Antinutritionnels

g/kg : Gramme par kilogramme

g/kg MO : Gramme par kilogramme de matière organique

g/kg MS : Gramme par kilogramme de matière sèche

GEC : γ -L-glutamyl - S-éthényl -L- cystéine

ha: Hectare

HP : Hauteur des plantes

ICARDA: International Center for Agricultural Research in Dry Areas (Centre International de Recherche Agricole dans les Zones Arides)

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

kcal/kg MS : Kilocalorie par kilogramme de matière sèche

kg/ha : Kilogramme par hectare

k_l : Efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable pour la lactation

k_{mf} : Efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable pour l'entretien et la production de viande

Long-G : Longueur de la gousse

m² : Mètre carré

MAD : Matières azotées digestibles

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MAT : Matières azotées totales

MATo : Teneur en matière azotée exprimé en g/kg de MO

MG : Matières grasses brutes

Mj/kg MS : Mégajoules par kilogramme

mm/an : Millimètre par an

MO : Matière organique

MOD : Matière organique digestible

MOF : Matière organique fermentescible

Mrds : Milliards

MS : Matière sèche

Mt : Millions de tonnes

N : Normalité

NA : Niveau alimentaire

NG/G : Nombre de grains par gousse

NG/P : Nombre de gousses par plant

ONAB : Office national des aliments de bétails

ONM : Office National de la Météorologie

ONS : Office National des Statistiques

P : Précipitations

PB : Protéines brutes

PCG : Poids de cent grains

PDI : Protéines digestibles dans l'intestin grêle

PDIA : Protéines digestibles dans l'intestin qui proviennent des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen

PDIE : Protéines réellement digestibles dans l'intestin permises par l'énergie

PDIM : Protéines digestibles dans l'intestin qui proviennent des protéines vraies synthétisées par la population microbienne du rumen

PDIM_E : PDIM qui correspondent au potentiel de synthèse de l'aliment en énergie fermentescible dans le rumen

PDIM_N : PDIM qui correspondent au potentiel de synthèse de l'aliment en azote dégradé dans le rumen

PDIN : Protéines réellement digestibles dans l'intestin permises par l'azote

pH : Potentiel hydrogène

q : Niveau de concentration énergétique de l'aliment

q/ha : Quintaux par hectare

RGA : Rendement en grains

RMS : Rendement en matière sèche

SAU : Surfaces agricoles utilisables

t : Tonnes

t/ha : Tonnes par hectare

T°C Max : Températures Maximales

T°C Min : Températures Minimales

T°C Moy : Températures Moyennes

TC: Tanins condensés

UF : Unité fourragère

UF/ha : Unité fourragère par hectare

UF/kg MS : Unité fourragère par kilogramme de matière sèche

UFL : Unité fourragère lait

UFV : Unité fourragère viande

β -ODAP : β -N-Oxalyl-L- α , β -diaminopropionic Acid

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1. Classification sectionnelle des sous-genres <i>Vicilla</i> et <i>Vicia</i>	28
Tableau 2. Conditions climatiques dans la région semi-aride de Sétif	39
Tableau 3. Origines des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. étudiés	40
Tableau 4. Charges de production d'un hectare de grains de vesce	53
Tableau 5. Variance des paramètres mesurés des 12 écotypes de vesce au cours des trois années d'expérimentation (2017-2020)	57
Tableau 6. Stades phénologiques observés chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	59
Tableau 7. La hauteur des plantes chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	61
Tableau 8. Le rendement en matière sèche chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	63
Tableau 9. Le rendement en grains et chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	65
Tableau 10. Le poids de cent grains chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	68
Tableau 11. L'indice de récolte chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	70
Tableau 12. Le nombre de gousses par plant chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	72
Tableau 13. La longueur de gousse chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	74
Tableau 14. Le nombre de grains par gousse chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	76
Tableau 15. Variance de la composition chimique et de la digestibilité <i>in vitro</i> de la matière organique de graines des 12 écotypes de vesce	82
Tableau 16. Variance de la valeur énergétique et de la valeur azotée de graines des 12 écotypes de vesce	91

Tableau 17. Total des charges de production d'un hectare de semences de vesce	98
Tableau 18. Coût de production d'un hectare de semences de vesce	98
Tableau 19. Valeurs PDIN /ha des dix écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L.	99

Liste des figures

	Page
Figure 1. Evolution des superficies des cultures fourragères en Algérie (MADR, 2020)	9
Figure 2. Evolution des productions des cultures fourragères en Algérie (MADR, 2020)	10
Figure 3. Evolution des rendements des cultures fourragères (q/ha) en Algérie (MADR, 2020)	10
Figure 4. a) Feuilles et Fleur, b) gousses, c) grains de la vesce de narbonne (<i>Vicia narbonensis</i> L.)	30
Figure 5. a) Feuilles et fleurs, b) gousses, c) grains de la vesce commune (<i>Vicia sativa</i> L.)	31
Figure 6. Evolution des superficies des vesces-avoines (ha) en Algérie (MADR, 2020).....	32
Figure 7. Evolution des rendements des vesces-avoines (q/ha) en Algérie (MADR, 2020).....	33
Figure 8. Phénomène d'égrenage des gousses de <i>Vicia sativa</i> L. à maturité	35
Figure 9. La hauteur moyenne des plantes chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	61
Figure 10. Le rendement en matière sèche chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	64
Figure 11. Le rendement en grains chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	65
Figure 12. Le poids de cent grains chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	68
Figure 13. L'indice de récolte chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	70
Figure 14. Le nombre de gousses par plant chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	72

Figure 15. La longueur de gousse chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	74
Figure 16. Le nombre de grains par gousse chez les écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	76
Figure 17. Relation observée entre le rendement en matière sèche et la date de floraison a) chez <i>Vicia narbonensis</i> L. et b) chez <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	77
Figure 18. Relation observée entre le rendement en grains et la date de floraison a) chez <i>Vicia narbonensis</i> L. et b) chez <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	78
Figure 19. Relation observée entre le rendement en grains et le rendement en matière sèche a) chez <i>Vicia narbonensis</i> L. et b) chez <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	79
Figure 20. Relation observée entre le rendement en matière sèche et la hauteur des plantes a) chez <i>Vicia narbonensis</i> L. et b) chez <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	79
Figure 21. Relation observée entre le rendement en grains et l'indice de récolte a) chez <i>Vicia narbonensis</i> L. et b) chez <i>Vicia sativa</i> L. au cours des trois années d'expérimentation	80
Figure 22. Teneur en matière sèche des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	83
Figure 23. Teneur en cendres totales des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	84
Figure 24. Teneur en matière organique des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	85
Figure 25. Teneur en protéines brutes des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	86
Figure 26. Teneur en matières grasses des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	88
Figure 27. Teneur en cellulose brute des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	89

Figure 28. Digestibilité <i>in vitro</i> de la matière organique des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	90
Figure 29. Unités fourragères lait des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	92
Figure 30. Unités fourragères viande des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	93
Figure 31. Protéines réellement digestibles dans l'intestin permises par l'énergie des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	94
Figure 32. Protéines réellement digestibles dans l'intestin permises par l'azote des écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. et <i>Vicia sativa</i> L.	95
Figure 33. Valeurs PDIN /ha des dix écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L.	99
Figure 34. Répartition des 10 écotypes de <i>Vicia narbonensis</i> L. en quatre groupes d'après la moyenne des trois années d'expérimentation	104

Liste des annexes

Tableau 20. Evolution des superficies des cultures fourragères (ha) en Algérie (MADR, 2020)

Tableau 21. Evolution des productions des cultures fourragères (q) en Algérie (MADR, 2020)

Tableau 22. Evolution des rendements des cultures fourragères (q/ha) en Algérie (MADR, 2020)

Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse

MAHMAH Selma, MEBARKIA Amar and REKIK Fouad (2023). A comparative study on Narbon vetch and Common vetch in the semi-arid region of Setif (Algeria). *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 68 (3): 263-282.

MAHMAH Selma et MEBARKIA Amar (2022). Evaluation des performances agronomiques et la teneur en protéines brutes des écotypes de vesce de narbonne (*Vicia narbonensis* L.) dans la région semi-aride de Sétif. Séminaire national : Valorisation des Bio-Ressources Végétales en Algérie, 7 juin 2022 Khanchela.

MAHMAH Selma (2022). Valeur nutritive des cultures fourragères : Cas de la vesce de Narbonne (*Vicia narbonensis* L.) dans la région semi-aride de Sétif. Séminaire National sur: « Amélioration des plantes : stratégies et perspectives (AMPSP-1) », 05 mai 2022, Mila.

Introduction générale

Introduction générale

De tous temps, l'élevage en Algérie a gardé un caractère traditionnel, fondé principalement sur le nomadisme et l'exploitation des ressources naturelles (Carter, 1974). L'alimentation constitue en particulier la contrainte névralgique des élevages, notamment celle des ruminants ; sa dépendance vis-à-vis de la végétation naturelle est très importante (Merdjane et Yakhlef, 2016). A cela, s'ajoute le fait que l'élevage est menacé par l'inflation des prix des intrants agricoles importés, notamment ceux des aliments concentrés du bétail (Schilling *et al.*, 2012 ; Semara *et al.*, 2018). Par conséquent, le bétail est nourri principalement des ressources alimentaires pauvres, qui ont une faible valeur nutritionnelle (Sayar et Han, 2014). Ces ressources sont principalement constituées de sous-produits (son, paille et chaume), de pâturage sur des végétaux en jachère spontanée et rarement de vesce, d'avoine et d'orge (CIHEAM, 2006). Cette situation découle du fait que la production et la culture des fourrages en Algérie reste, à bien des égards, une activité marginale des exploitations agricoles.

Par ailleurs, en 2016 ; le déficit fourrager était de – 7,3 milliards d'UF pour un besoin total de 13,3 de milliards d'UF, soit un taux de couverture de seulement 45% (Ladjali et Tayeb Bey, 2016).

Au niveau national, près de 39,5 millions d'hectares de terres sont dédiés à la production fourragère, répartis en prairies naturelles, cultures fourragères, chaumes, pâturages, parcours et jachères (MADR, 2006). En 2017, plus de la moitié de la SAU était consacrée aux grandes cultures, notamment les céréales, avec une jachère occupant plus du tiers de la SAU nationale (37,3 %) (Bessaoud *et al.*, 2019). La pratique de la jachère est liée au système de production très répandu jachère-céréales-élevage (Nedjraoui, 200) ; le système céréales/jachère concentre plus de 80% de la SAU totale (Bessaoud *et al.*, 2019).

Les fourrages cultivés sont généralement concentrés dans le nord du pays. Ils sont essentiellement constitués de vesce-avoine, dont le foin est réputé de qualité médiocre (Abdelguerfi, 1987). La superficie réservée à cette culture représente environ 70 à 80 % du total des fourrages annuels consommés secs et fluctue d'une année à l'autre puis décroît à plus de 50 % (Mebarkia et Abdelguerfi, 2007). La principale contrainte de cette faiblesse est son incapacité à s'adapter à toutes les conditions agro-écologiques de l'Algérie en raison du manque de diversité spécifique et variétale. En fait, seule l'espèce *Vicia sativa* L. et sa variété *Languedoc* sont cultivées dans les différentes zones agro-écologiques d'Algérie (Acikgoz, 1982 ; Acikgoz, 1988). De plus,

cette espèce est extrêmement vulnérable aux stress abiotiques, au phénomène d'égrenage des gousses à maturité (Zulfiqar et Muhammad, 2006) et au manque de production de graines (Mebarkia *et al.*, 2003). La production fourragère en Algérie demeure bien en deçà des besoins du cheptel, malgré tous les efforts visant à l'améliorer.

Pour fournir une alimentation de meilleure qualité au bétail et pour améliorer la fertilité des sols (Turk, 1997), de nombreuses espèces fourragères très intéressantes ; rencontrées à travers le Nord-Est de l'Algérie méritent d'être valorisées (Issolah *et al.*, 2001). Parmi toutes les espèces présentes en Algérie, les légumineuses fourragères renferment à elles seules 33 genres et environ 293 espèces (Issolah et Belouad, 2005). A cet effet, les espèces de légumineuses fourragères sont bien connues pour leur potentiel à produire plus de nourriture sur les terres laissées en jachère (Abd El Moneim *et al.*, 1988 ; Abd El Moneim *et al.*, 1990) et sont aussi directement pâturable par les petits ruminants.

Les légumineuses fourragères annuelles, comme celles du genre *Vicia*, font partie des solutions à envisager pour remplacer l'année de jachère dans la rotation céréales-jachère (Issolah, 2008). Les vesces (genre *Vicia* sp.) sont des légumineuses fourragères courantes dans les systèmes agricoles pluviaux et semi-arides de la région méditerranéenne (Turk, 1997). Les vesces sont bien adaptées et plus prometteuses comme cultures fourragères à court terme. L'un des avantages de la vesce est sa polyvalence, qui permet une large gamme d'utilisations (Seyoum, 1994). Les vesces peuvent être pâturées comme fourrage frais (Haddad, 2006), ou peuvent être coupées et conservées sous forme d'ensilage ou de foin (Abdullah *et al.*, 2010) ; qui peuvent être utilisés comme supplément protéique, tandis que leurs grains servent à la fois de sources de protéines et d'énergie dans l'alimentation des ruminants et des non-ruminants (Sadeghi *et al.*, 2009) avec des prix moins élevés que les concentrés, en particulier dans les pays en développement (Seyoum, 1994). La contribution de la vesce dans les systèmes de production agricole et animale à travers le monde est bien reconnue (Berhanu *et al.*, 2003).

Parmi le genre *Vicia* sp., un grand intérêt, en effet, est accordé à la vesce de narbonne (*Vicia narbonensis* L.), l'une des espèces domestiquées dans les premiers siècles de l'agriculture (Bryant et Hughes, 2011). De plus, en Méditerranée orientale, cette espèce a été promue pour remplacer la jachère dans la rotation traditionnelle jachère-orge (Maxted, 1995). La vesce de narbonne est une légumineuse fourragère prometteuse (Kroschel, 2001) qui peut pousser sans support (Bryant et Hughes, 2011), tolérante à la sécheresse et au froid (Kroschel, 2001). Elle pousse en hiver (Davies

et al., 1993) et ne perd pas ses feuilles suite au gel (El Moneim, 1989). Dans les régions chaudes et sèches, son haut niveau de résistance aux ravageurs et aux maladies est la principale raison de son utilisation à la place de la féverole ou de la vesce commune (Mateo Box, 1961). *Vicia narbonensis* L. possède un plus grand potentiel de production de grains comme aliment de bétail dans les zones sèches non tropicales que la vesce commune (*Vicia sativa*), la vesce amère (*Vicia ervilia*) ou la vesce velue (*Vicia villosa* subsp. *dasycarpa*) (Larbi *et al.*, 2010). Les graines ont une teneur élevée en protéines (Abd El Moneim, 1992), environ 20 à 32 % (Eason *et al.*, 1990 ; Thomson *et al.*, 1990 ; Abd El Moneim, 1992), ce qui les suggère comme substitut de soja dans les rations animales (Huseyin, 2014 ; Renna *et al.*, 2014). L'espèce est également très importante dans les systèmes de rotation des cultures, soit sous forme de peuplements purs, soit mélangées à des céréales pour fournir un aliment de haute qualité au bétail (Altınok, 2002 ; Altınok et Hakyemez, 2002 ; Iptaş et Karadağ, 2009 ; Nizam *et al.*, 2011).

En outre, sa biomasse verte élevée et sa capacité à fixer une grande quantité d'azote dans le sol, en font un engrais vert précieux (Özyazıcı et Manga, 2000 ; Avcioğlu *et al.*, 2009) dans les tendances modernes telles que l'agriculture durable et l'agriculture biologique (Ćupina *et al.*, 2004). *Vicia narbonensis* L. est également meilleure que les autres espèces de vesce car elle laisse suffisamment de temps pour planter une deuxième culture (Cakmakcı *et al.*, 1999). Des essais menés en Syrie, en Irak, à Chypre, en Turquie, en France et en Australie ont montré que *Vicia narbonensis* L. peut produire des rendements en grains élevés (1,5 à 5,1 t/ha) dans des conditions de précipitations hivernales sèches de type méditerranéen (250 à 550 mm/an) (Enneking et Maxted, 1995).

Il est bien connu que la plupart des graines de légumineuses contiennent des substances antinutritionnelles, principalement des tanins ou des inhibiteurs de la trypsine et de la chymotrypsine, qui interfèrent avec les enzymes digestives (Charalambous *et al.*, 1999). Les tanins limitant la digestibilité et/ou les facteurs antinutritionnels sont aujourd'hui bien maîtrisés, soit par élimination (ou réduction) par sélection génétique, soit par traitements technologiques (Peyraud *et al.*, 2015). Il y a clairement beaucoup de travail de sélection végétale à faire dans les années à venir (Tate et Enneking, 2006).

La valorisation des espèces du genre *Vicia* sp. peut assurer une alimentation du bétail suffisante, diversifiée et équilibrée, basée sur des ressources fourragères riches en protéines et par

voie de conséquence, une réduction de la facture de l'importation des aliments concentrés, un développement de l'élevage, de la production laitière et des viandes.

Dans ce contexte, notre travail se veut une contribution dans la filière 'fourrages'. Par conséquent, il est réalisé avec les objectifs suivants :

- 1) Contribuer à une meilleure connaissance des performances de deux espèces de vesces (*Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.) sous les conditions pluviométriques de la région semi-arides de Sétif.
- 2) Evaluer la valeur nutritive des graines de ces deux espèces afin d'apprécier les apports énergétiques et azotés.
- 3) Etudier la possibilité d'utiliser le grain de vesce de narbonne (*Vicia narbonensis* L.) comme source de protéines pour la substitution partielle du tourteau de soja et pour la mise en relief de son intérêt économique.

La thèse s'organise en trois parties :

- La première partie qui donne une synthèse bibliographique sur les cultures fourragères notamment les espèces du genre *Vicia* sp. ; leur situation et importance ; leur valeur nutritive et les contraintes liées à leur développement.
- La deuxième partie décrit les méthodes et matériels utilisés dans l'expérimentation et au laboratoire.
- La troisième partie correspond à la présentation des résultats et leurs discussions.

La conclusion générale et les perspectives seront développées à la fin de cette étude.

PARTIE I :

Synthèse

Bibliographique

1. Les cultures fourragères

Les cultures fourragères cultivées appartiennent principalement à deux familles botaniques : les graminées ou poacées (herbacées) et les légumineuses (herbacées et ligneuses) (Klein *et al.*, 2014) dont la biologie et les exigences techniques sont différentes (Cesar *et al.*, 2004). Elles sont très nombreuses et ont été repérées dans les milieux naturels parce qu'elles étaient bien consommées par le bétail, puis elles ont été sélectionnées génétiquement sur différents caractères (Klein *et al.*, 2014). Les légumineuses fourragères sont plus économiques que les graminées. Par leur pouvoir fixateur de l'azote atmosphérique, elles n'ont pas besoin de fertilisation azotée, mais elles sont en revanche exigeantes en phosphore (Cesar *et al.*, 2004).

Les cultures fourragères sont des cultures vertesensemencées comme appoint au pâturage normal et fréquemment fauchées et enlevées pour alimenter le bétail. Ces cultures peuvent se composer d'espèces annuelles, par exemple la vesce, l'orge comme aliment d'hiver ; des navets, de l'herbe du Soudan, etc. comme aliment d'été; ou encore des espèces vivaces comme la luzerne (Carter, 1975).

1.1. Place des cultures fourragères dans le monde

Au niveau mondial, les terres consacrées à l'élevage couvrent 3 à 4 milliards d'hectares, soit 80% des surfaces utilisées pour la production agricole, servent à nourrir le bétail ; en parallèle à la demande en hausse constante en produits animaux. L'énorme étendue des terres consacrées à l'élevage est l'une des raisons de l'importance particulière des cultures fourragères dans le monde (Klein *et al.*, 2014).

De plus, la production fourragère est d'une importance capitale dans le développement durable des régions chaudes et considérée comme le principal levier de la productivité des systèmes d'élevage. Elle joue également un rôle essentiel pour les systèmes qui allient productions végétales et animale et de nombreux systèmes agro-écologiques intégrant des plantes fourragères (Klein *et al.*, 2014).

Au Maroc, les cultures fourragères contribuent pour 14% au bilan fourrager et occupent seulement 3% dans la superficie de la SAU totale, dominée à 60% par la céréaliculture. Ces chiffres révèlent la faible part des cultures fourragères dans l'alimentation animale, dans un pays où l'élevage joue un rôle très important (DE-MADR, 2005).

En France, depuis les années 1950, la part des légumineuses à graines et fourragères dans les surfaces arables a considérablement diminué, sous l'effet conjugué de l'intensification de l'élevage, reposant progressivement sur des importations massives de soja, d'un soutien politique européen aux productions céréalières et d'un contexte climatique et parasitaire défavorable. Ces évolutions sont similaires en Europe, où les légumineuses ne couvraient, en 2006, qu'en moyenne 3,3 % de la surface agricole, contre plus de 30 % aux États-Unis (Voisin *et al.*, 2013).

Selon FAOSTAT (2013), la production mondiale de graines de vesce est d'environ 734 566 tonnes avec un rendement moyen de 1 500 kg/ha. Dans le bassin méditerranéen, elle est considérée comme l'une des plus importantes légumineuses fourragères annuelles d'hiver. L'étendue de la culture des vesces est d'importance égale en Méditerranée à celle de la féverole (*Vicia faba* L.), la Turquie et l'Espagne étant les principaux pays producteurs de grains. Ces pays ont cultivé environ 90 000 ha et 75 000 ha et produit respectivement 114 200 t et 67 000 t. Il existe un deuxième groupe de pays producteurs formé par l'Albanie, la Grèce, l'Italie et le Maroc. La superficie cultivée par tous ces pays est d'environ 60 000 -10 000 ha avec une production de 2 000 t et 9 000 t.

1.2. Etat des lieux des cultures fourragères en Algérie

En Algérie, les cultures fourragères sont constituées de fourrages naturels et de fourrages cultivés ou artificiels secs et verts, et sont incontestablement l'une des contraintes majeures à l'essor de l'élevage (MADR, 2020). La production fourragère a atteint 46,1 millions de quintaux durant la campagne 2020-2021 contre 50,7 millions de quintaux lors de la campagne 2019-2020, subissant une baisse de 9,2% et 52,6 millions de quintaux enregistrée lors de la campagne 2018-2019, marquant ainsi une baisse de 4% (ONS, 2023).

Les superficies fourragères totales ont augmenté d'une manière considérable, en passant de 450 178 ha durant la décennie précédente à 997 121 ha au cours de la période 2010-2019, soit un taux d'accroissement de 121%, marquée par la dominance des fourrages artificiels (secs et verts) qui occupent 75% de la superficie totale réservée aux fourrages et le reste est consacré aux fourrages naturels (prairies naturelles, jachères fauchées) (Figure 1, Annexe 1) (MADR, 2020).

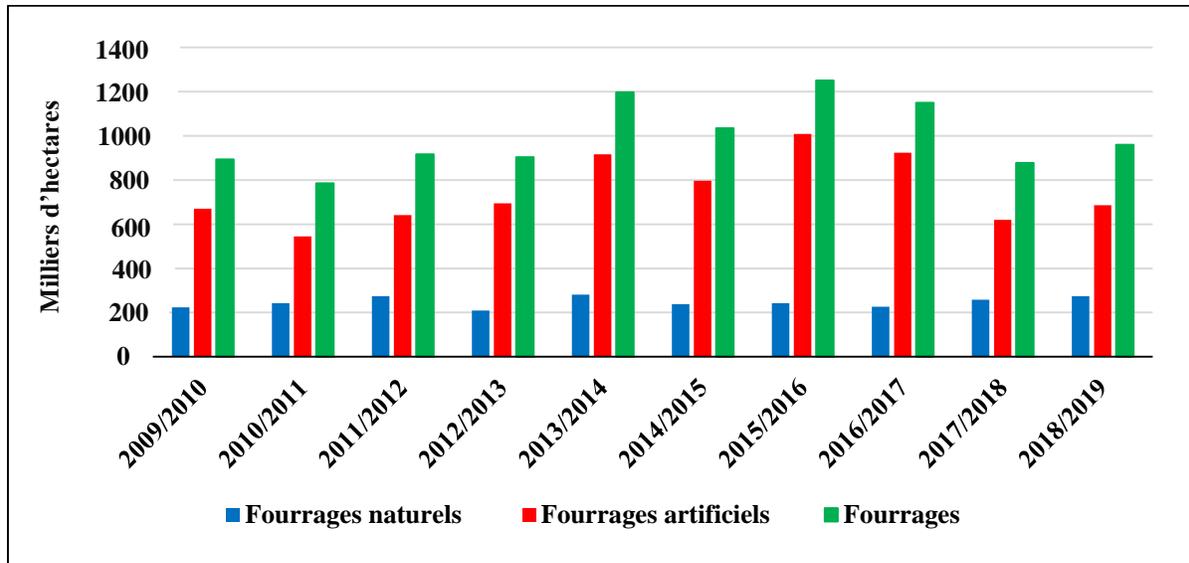


Figure 1. Evolution des superficies des cultures fourragères en Algérie (MADR, 2020)

La production moyenne des fourrages s'élève à 41,2 millions de quintaux (2010-2019), soit une augmentation de plus de 31.1% par rapport à la décennie 2000-2009 (31,2 millions de quintaux). Les fourrages artificiels récoltés contribuent à l'alimentation des herbivores, avec une part moyenne de 83% de la production fourragère totale, ce qui représente en termes de quantité plus de 34 millions de quintaux. Leur production est passée de 25,9 millions de quintaux en 2010 à plus de 43 millions en 2019, soit une augmentation de 68,5%. La production des fourrages naturels composée de prairies naturelles et jachères fauchées ne représente que 17% de la production moyenne des fourrages, soit une production moyenne de 7 millions de quintaux. De même que la production des fourrages artificiels, les fourrages naturels ont affiché une hausse de la production durant la période considérée de l'ordre de 64,3%. En effet, elle est passée de 5,4 millions de quintaux en 2009/2010 pour atteindre 8,9 millions de quintaux lors de la campagne 2018/2019 (Figure 2, Annexe 2) (MADR, 2020).

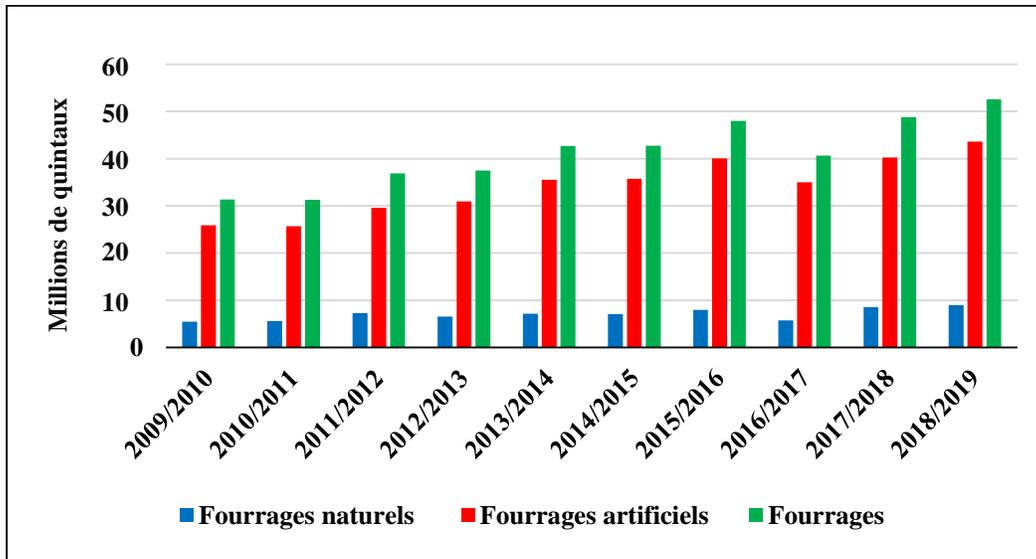


Figure 2. Evolution des productions des cultures fourragères en Algérie (MADR, 2020)

En ce qui concerne le rendement moyen des fourrages, il s'est établi à 41,4 q/ha (2010-2019). La campagne agricole 2017-2018 est caractérisée par le meilleur rendement, soit 55,6 q/ha (Figure 3, Annexe 3) (MADR, 2020).

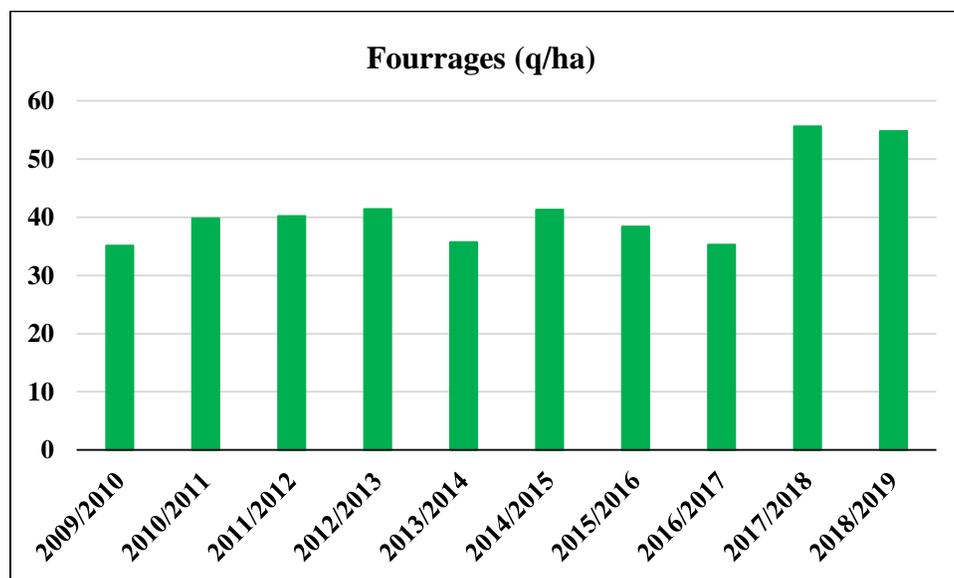


Figure 3. Evolution des rendements des cultures fourragères (q/ha) en Algérie (MADR, 2020)

Une analyse antérieure réalisée sur la situation des fourrages en Algérie, sur une période de dix ans (1997-2007), a indiqué que l'alimentation du cheptel est assurée en grande partie par les

pacages et parcours (Issolah, 2008), la jachère, les chaumes de céréales (Houmani, 1999) qui occupent la plus grande superficie destinée aux fourrages. Elle a indiqué ainsi que l'Algérie importe annuellement des quantités massives de graines fourragères pour faire face au problème de la production de semences des espèces fourragères posé et combler ainsi le déficit fourrager enregistré. Parmi les graines des espèces fourragères importées, signalons entre autres, le trèfle, la luzerne, les fétuques, le ray-grass, engendrant ainsi des coûts élevés à l'importation (Issolah, 2008).

L'Algérie est dotée, pourtant, d'une richesse naturelle appréciable en ressources fourragères, avec des potentialités remarquables qui ne demandent qu'à être valorisées (Issolah et Abdelguerfi, 1999 ; Issolah *et al.*, 2006 ; Issolah et Khalfallah, 2007 ; Issolah *et al.*, 2011 ; Issolah *et al.*, 2012 ; Issolah *et al.*, 2014 ; Issolah *et al.*, 2015 ; Issolah *et al.*, 2016). De nombreuses légumineuses et graminées fourragères existent dans diverses régions du pays. A elles seules, les légumineuses fourragères sont représentées par 33 genres comprenant environ 293 espèces, dont le genre *Vicia* sp. faisant partie des six genres qui se distinguent par leur richesse en espèces avec 26 espèces (Quezel et Santa, 1962 ; Issolah et Beloued, 2005).

1.3. Contraintes au développement des cultures fourragères en Algérie

Parmi les contraintes qui entravent le développement des cultures fourragères en Algérie :

1.3.1. Contraintes abiotiques

Toutes les recherches confirment ainsi que l'Algérie connaîtra un accroissement sévère de l'aridité qui la rendra davantage vulnérable au stress hydrique et à la désertification. L'Algérie se trouve également de plus en plus confrontée à la recrudescence d'accidents climatiques extrêmes (tempêtes, inondations, vagues de chaleur), qui accentuent sa vulnérabilité (Bessaoud *et al.*, 2019).

Dans la plupart des régions d'élevage, la production de fourrages est saisonnière et soumise aux contraintes climatiques (Anonyme, 1992). Les rendements des fourrages cultivés varient en fonction des aléas climatiques (Nedjraoui, 2006).

Dans les hautes plaines steppiques algériennes, les perturbations climatiques ; et plus particulièrement une plus faible pluviosité, sont une cause importante de la fragilité de ces milieux déjà très sensibles et provoquent des crises écologiques se répercutant sur la production primaire des écosystèmes et sur le changement de la composition floristique. Les disponibilités fourragères naturelles deviennent de plus en plus aléatoires. Des études du Réseau d'Observations et de Suivi

Ecologique à Long Terme (ROSELT) dans les steppes algériennes ont montré une perte de la production pastorale équivalente à 236 UF/ha pour une diminution de la pluviosité annuelle de 104 mm/an (Nedjraoui, 2006).

De plus, un stress thermique de courte durée, entraîne une diminution réversible de l'efficacité de conversion du rayonnement absorbé par une diminution de la photosynthèse nette. Par ailleurs, le nombre de graines par plante est réduit sous l'effet de conditions stressantes, hydriques ou thermiques, au travers i) d'une réduction du nombre de phytomères, due à l'inhibition précoce du développement des phytomères situés dans l'extrémité apicale (contraintes précoces) et ii) d'une modification de la répartition du nombre de graines sur la tige. Une contrainte thermique sévère provoque des avortements floraux. Une contrainte modérée tardive, hydrique ou thermique, favorise le développement de graines sur les premiers nœuds reproducteurs, sans modifier le nombre de graines par plante (Boutin *et al.*, 1999).

On assiste à la disparition de l'alfa alors que cette plante représentait 80 % du couvert végétal du système préexistant, cette disparition étant bien entendu encore plus rapide dans les parcelles pâturées. De plus, les pratiques culturales inadaptées font que les superficies labourées annuellement et soumises à l'érosion éolienne sont estimées à près de 1.2 millions d'ha (CREAD, 2018). La récurrence des cycles de sécheresse, devenus de plus en plus longs, accentue cette désertification (Bessaoud *et al.*, 2019).

1.3.2. Contraintes techniques

La première contrainte technique semble être celle ayant lien avec les semences fourragères et pastorales. D'une manière générale et à quelques exceptions près, il existe deux types de matériel végétal disponible sur le marché : adapté, mais non amélioré ou bien amélioré et non adapté (Lorenzetti et Falcinelli, 1987 ; Abdelguerfi *et al.*, 2000). L'industrie des semences pastorales et fourragères est inexistante (Abdelguerfi *et al.*, 2008).

En outre, le programme de multiplication de semences fourragères est nettement insuffisant et reste tributaire de l'importation (Hamrit, 1995). La production de semences et de plants d'arbres et d'arbustes adaptés est une nécessité pour l'augmentation de la production animale, la préservation des sols, des bassins versants et de la diversité biologique (Abdelguerfi *et al.*, 2008).

De plus, le faible niveau de productivité des pâturages permanents des régions sèches est certainement dû, entre autres, au fait que la recherche sur les herbages a commencé beaucoup plus

tard dans les régions semi-arides qu'en Europe. Dans cette dernière région du monde, la nécessité d'accroître les rendements à l'hectare a conduit depuis des décennies à intensifier le travail scientifique en matière d'économie herbagère et à améliorer les techniques de production (Jaritz, 1982).

L'Algérie est encore loin et la réflexion n'est pas encore entamée (Abdelguerfi *et al.*, 2008). La faible diversification et la régression de la gamme des espèces fourragères utilisées (Ouknider et Jacquard, 1986) dans le système fourrager ; qui repose essentiellement sur l'utilisation des céréales (Nouad, 2001) ; et dominé par l'association vesce-avoine (Ouknider et Jacquard, 1986 ; Nouad, 2001).

Nouad (2001) a rapporté d'autres contraintes techniques, à savoir : l'utilisation d'un matériel végétal de faible performance ; l'absence des techniques d'ensilage et d'affouragement en vert ; la méconnaissance totale des techniques culturales des espèces fourragères à graines (bersim, luzerne, vesce, etc.) et les ressources hydriques pour l'irrigation qui sont limitées.

1.3.3. Contraintes anthropiques

Habitué depuis plusieurs siècles au recours aux unités fourragères gratuites, beaucoup d'agro éleveurs ne ressent pas la nécessité de cultiver l'herbe pour leurs troupeaux (Abdelguerfi, 1987), c'est ainsi qu'il existe rarement des calendriers fourragers, alors que les besoins des animaux devraient être les principaux indicateurs pour élaborer le calendrier fourrager (Hamrit, 1995).

1.3.4. Contraintes socio-économiques

L'absence de l'investissement dans le secteur des semences ; en particulier des légumineuses fourragères, l'insuffisance du fond alloué à la réhabilitation des parcours et les activités se rapportant à leurs améliorations, constituent le frein essentiel de développement de la production des semences fourragères et pastorales (Khaldoun *et al.*, 2001).

1.3.5. Contraintes législatives et politiques

L'Algérie n'a pas institué une législation de certification de semences fourragères et pastorales. Cependant, les règles de certification mise en place sont parfois contraignantes et ne tiennent pas compte des moyens et des techniques utilisés par les agriculteurs. Les efforts déployés restent assez limités en matière de promotion, de développement des cultures fourragères et des

pâturages. Les actions incitatives sont souvent très limitées et inefficaces dans le secteur. Par ailleurs, l'absence de politique claire en matière de gestion et de développement des pâturages, constitue un frein à la demande en semences pastorales (Nouad, 2001).

2. Déficit fourrager en Algérie

En Algérie, pour une superficie totale de 238 millions d'hectares de terres que dispose le pays (FAO, 2007), la superficie agricole totale est de 43.5 millions d'ha, soit 18,2 % de la superficie territoriale. Sur ces 43.5 millions d'ha, 36 millions d'ha sont consacrés à la production fourragère: dont 85.2% sont occupés par les parcours steppiques et par les pacages ; 11.7% par la jachère ; 2.8% par les cultures fourragères et 0.4% par les prairies permanentes (MADR, 2016).

Par ailleurs, les cultures fourragères ont augmenté en même temps que l'accroissement du cheptel, sans que cette augmentation ne résolve la problématique de l'alimentation animale (MADR, 2017).

Moskal (1983) établissait un déficit chronique du bilan fourrager à -3,3 Mrds d'UF, il y a 40 ans, dans le pays depuis ses premiers travaux. En 2016, le déficit fourrager était de -7,3 Mrds d'UF pour un besoin total de 13,3 Mrds d'UF, soit un taux de couverture de seulement 45% (Ladjali et Tayeb Bey, 2016). De ce fait, un hectare de production fourragère fournit un rendement assez faible, de l'ordre de 153,82 UF/ha (Merdjane et Yakhlef, 2016). La valeur du déficit obtenu est nettement supérieure à celle rapportée par Bouzida (2008) pour l'année 2006 ; soit -3,3 Mrds d'UF, et celle rapportée par Alfa et Bello (2004) pour la phase allant de 1997 à 2001 ; soit -2,34 Mrds d'UF.

Ce déficit fourrager a des répercussions négatives sur la productivité des animaux et se traduit par un recours massif aux importations de produits animaux (Adem et Ferrah, 2001), notamment les aliments concentrés qui se règlent à des prix exorbitants (Merdjane et Yakhlef, 2016).

Les quantités importées en fourrages n'ont pas cessé d'augmenter durant la période 2011-2017 où 3 165 512 de tonnes ont été importées pour une valeur de 1 005 152 398 Dollars U.S. Les importations ont consisté en l'achat d'aliments de fourrages sous forme de grains surtout. Il faut souligner que durant la période allant de 2014 à 2016, les fourrages importés ont augmenté en quantité mais ont diminué en valeur, en raison de la chute des prix sur les marchés mondiaux (MADR, 2017).

Il apparaît donc qu'augmenter les disponibilités en UF devient une nécessité pour préserver à long terme les capacités de production de viande des ruminants dont le pays a besoin (Rami *et al.*, 2021).

3. Valeur nutritive des cultures fourragères

Dans les systèmes de cultures, les fourrages cultivés peuvent constituer la base du système fourrager. Ils peuvent également être utilisés comme compléments stratégiques pendant les périodes déficitaires, pour des animaux cibles, dans les systèmes agropastoraux, notamment ceux des régions à saison sèche marquée. Le but des cultures fourragères est alors de constituer des réserves sur pied ou des stocks. Les fourrages cultivés servent aussi à compléter des fourrages pauvres pour améliorer la qualité des rations. Classiquement, la valeur nutritive est déterminée au laboratoire par l'analyse chimique du fourrage et par la mesure ou l'estimation de sa digestibilité à l'aide de méthodes chimiques, biologiques ou enzymatiques (Guerin, 1999).

La valeur nutritive des plantes analysées (valeur énergétique exprimée en UFL et UFV) et (valeur azotée exprimée en PDIN et PDIE) est estimée à partir des résultats de la composition chimique. Cette estimation est basée sur les travaux de Jarrige (1988) et Guerin *et al.*, (1989). Elle nécessite le calcul successif de l'énergie brute (EB), digestible (ED), métabolisable (EM), nette lait (ENL) et nette viande (ENV) pour la valeur énergétique. Le calcul de la valeur azotée est fait selon le système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). Ce système nécessite le calcul des protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA), des protéines digestibles dans l'intestin grêle d'origine microbienne limitées par l'azote (PDIMN), des protéines digestibles dans l'intestin grêle d'origine microbienne limitées par l'énergie (PDIME) et des matières organiques fermentescibles (MOF).

3.1. Composition chimique et Digestibilité

Les fourrages sont composés d'eau et de matière sèche. La teneur en eau varie d'environ 10% (foin) à 90% (fourrage vert). La matière sèche comprend d'une part la matière organique composée des constituants pariétaux, des glucides intercellulaires (amidon et sucres solubles), des lipides, et des matières azotées totales ; et d'autre part de la matière minérale (macroéléments et oligo-éléments) (Maxin *et al.*, 2012).

Les graines des protéagineux (légumineuses à graines), sont caractérisées par une forte teneur en protéines. Selon leur composition chimique, elles peuvent être divisées en deux groupes (Carrouée *et al.*, 2003). Le premier groupe est le plus important et comprend des graines riches en protéines (24 à 32 %) et en amidon (40 à 50 %) et pauvres en matières grasses (1 à 3 %). Il rassemble le pois, la féverole, les vesces et gesses, les haricots, le pois chiche et les lentilles. Les graines de ce groupe sont des aliments intermédiaires entre les céréales et les tourteaux. Les graines du deuxième groupe contiennent peu d'amidon et sont plus riches en matières grasses. Ce groupe rassemble les lupins, le soja et des légumineuses tropicales comme l'arachide (Peyraud *et al.*, 2015).

Les protéines de toutes les légumineuses sont riches en lysine (le pois en particulier) comparativement aux céréales, ce qui les rend intéressantes en formulation pour les volailles ; en revanche, elles sont relativement pauvres en méthionine et cystéine (acides aminés soufrés) (Inra-AFZ, 2004).

L'analyse au laboratoire permet de caractériser la composition chimique et la digestibilité enzymatique d'un aliment. Il est nécessaire de déterminer les teneurs en cellulose brute (CB), en matières grasses (MG), en protéines (matières azotées totales ou MAT), et en matières minérales (cendres ou MM). Elle permet également de mesurer la digestibilité enzymatique par la méthode «Aufrère ». L'analyse chimique au laboratoire reste la méthode de référence et permet d'obtenir un maximum de précision sur la composition chimique (Peyrat *et al.*, 2016).

L'analyse de la composition chimique d'un fourrage permet de prévoir sa valeur alimentaire et ainsi d'ajuster la ration distribuée aux animaux. A partir de la composition chimique du fourrage, des équations de prédiction (INRA, 2010), permettent de calculer des critères intermédiaires tels que la digestibilité de la matière organique ou la dégradabilité de l'azote. Ces critères sont ensuite utilisés pour le calcul de la valeur alimentaire du fourrage (les valeurs UE, UF, PDI).

La digestibilité est un facteur important de la valeur nutritive des aliments. La digestibilité détermine la relation entre la teneur en nutriments et l'énergie disponible pour les ruminants. La composition chimique des aliments fournit des informations sur les propriétés physiques et la qualité des aliments et elle est utilisée pour déduire la digestibilité et les performances attendues du ruminant recevant les aliments (Comité d'experts sur la nutrition animale, 1986).

3.2. Valeur énergétique

Dans le système des unités fourragères (UF), La valeur énergétique des fourrages s'exprime par leur teneur en énergie nette (kcal/kg MS). Le principal facteur de variation de la teneur en énergie nette des aliments est la digestibilité de l'énergie (dE) qu'ils contiennent et qui est très étroitement liée à la digestibilité de matière organique (dMO) (INRA, 1978 ; INRA, 1988 ; Tran et Sauvant, 2002 ; Sauvant *et al.*, 2004). La dMO d'une plante fourragère dépend essentiellement de sa teneur en parois végétales et de leur digestibilité (Baumont *et al.*, 2009).

L'énergie nette d'un aliment est déterminée par étapes successives à partir de la teneur en énergie brute (EB) (INRA, 1978), qui représente l'énergie potentiellement valorisable par les êtres vivants, elle dépend des teneurs relatives en glucides, protéines et lipides (Sauvant et Nozière, 2013).

Ainsi, par des mesures de digestibilité on quantifie l'énergie digestible (ED) en intégrant les pertes d'énergie par la voie fécale (EF) : $ED = EB - EF$. L'énergie digestible est partiellement perdue sous forme de méthane (ECH_4) et par la voie urinaire (EU). L'énergie résultante s'appelle l'énergie métabolisable ($EM = ED - ECH_4 - EU$). Celle-ci n'est que partiellement valorisée par l'animal car une majeure partie est perdue sous forme d'extra-chaleur (EC); et transformée en énergie nette (EN) (INRA, 1978).

La teneur en énergie nette est finalement exprimée en unité fourragère, par comparaison avec celle d'un kilogramme d'orge de référence ; égale par définition à 1 UF (INRA, 1988).

Pour les animaux à l'entretien, en gestation, en lactation, au travail ou en croissance modérée (gain quotidien moyen inférieur à 0.3% du poids vif), les besoins et les apports énergétiques sont exprimés en unités fourragères pour la lactation (UFL). Pour les animaux en croissance et en engraissement intensifs (gain quotidien moyen supérieur à 0.3% du poids vif), les besoins et la valeur énergétique des aliments sont exprimés en unités fourragères pour la production de viande (UFV) (INRA, 1988).

3.3. Valeur azotée

Dans la plupart des pays, les apports alimentaires et les besoins des animaux en azote ont longtemps été exprimés en matières azotées digestibles (MAD), qui correspondent au bilan digestif apparent de l'ensemble des matériaux azotés (Demarquilly *et al.*, 1996).

Ce mode d'expression simple est ensuite devenu insuffisamment précis, notamment du fait de l'accroissement des performances animales, de la diversification des sources azotées et des objectifs d'efficacité alimentaire, de qualité des produits et de moindres rejets azotés (Demarquilly *et al.*, 1996).

L'INRA (1978) a développé un nouveau système d'évaluation de la nutrition azotée. Ce système, appelé système PDI, a été diffusé dès 1978 (Jarrige *et al.*, 1978). Il a été révisé en 1988 (Vérité *et al.*, 1987) pour intégrer quelques concepts nouveaux et tenir compte de très nombreuses données quantitatives nouvelles. Depuis 1993, la lysine et la méthionine digestibles sont aussi prises en compte dans les besoins azotés des vaches laitières et la valeur des aliments (Demarquilly *et al.*, 1996).

La valeur azotée des fourrages s'exprime par leur teneur en protéines digestibles dans l'intestin (PDI en g/kg) afin d'intégrer les remaniements importants des protéines dans le rumen. La synthèse microbienne peut être limitée par l'apport d'azote alimentaire fermentescible ou bien par la disponibilité en énergie produite par les fermentations ruminales. Cela conduit à la définition pour chaque aliment des deux valeurs azotées, PDIE lorsque l'énergie est limitante, PDIN lorsque l'azote est limitant. Chacune d'elle comprend une valeur commune, PDIA, qui représente l'azote alimentaire non dégradé (N *by-pass*), le complément étant essentiellement l'azote microbien (INRA, 1978 ; INRA, 1988 ; Tran et Sauvant, 2002 ; Sauvant *et al.*, 2004 ; INRA, 2007).

La valeur PDIA des aliments (graminées et légumineuses fourragères) dépend de deux variables, la dégradabilité théorique des protéines dans le rumen (DT) et la digestibilité réelle des acides aminés d'origine alimentaire dans l'intestin grêle (dr). Pour la fraction microbienne, deux valeurs sont attribuées pour chaque aliment, selon que l'on considère que l'énergie fermentescible est le facteur limitant de l'activité microbienne (PDIME) ou que c'est la quantité d'azote dégradable (PDIMN) (Nozières *et al.*, 2005).

Pour les graminées et les légumineuses fourragères, la valeur azotée augmente avec la valeur énergétique. A même valeur énergétique, les légumineuses ont une valeur azotée supérieure à celle des graminées, particulièrement en PDIN, du fait de leur teneur en MAT plus élevée (Baumont *et al.*, 2009).

4. Les légumineuses

Avec plus de 700 genres et environ 20 000 espèces, les légumineuses (plantes dicotylédones) appartiennent à la famille botanique des Fabacées nommée *Fabaceae* ou *Leguminosae*, représentant la troisième famille de plantes la plus riche par le nombre d'espèces après les composées (Astéracées) et les orchidées (Lewis, 2005 ; Schneider *et al.*, 2015). Les légumineuses sont considérées comme la deuxième famille après les Graminées en termes d'importance pour l'homme. Il est à préciser que les légumineuses comprennent trois grandes sous familles : les *Caesalpinoideae* avec une fleur pseudo-papilionacée, les *Mimosoideae* avec une fleur régulière et les *Faboideae* ou *Papilionoideae* avec une fleur typique en papillon (Langer et Hill, 1991). Cette troisième sous famille renferme la plupart des légumineuses cultivées et plus précisément ceux des tribus des *Fabeae*, des *Phaseoleae* et des *Trifolieae* (Maxted, 1993 ; Schneider *et al.*, 2015), ainsi que la majorité des espèces nodulées (Dommergues, 1970).

Avec d'innombrables espèces qui sont actuellement sauvages ou semi-domestiquées, les légumineuses sont réputées pour avoir une place remarquable dans la biodiversité mondiale. Les légumineuses fournissent également divers services respectueux de l'environnement, et en raison de leur nature polyvalente, elles jouent un rôle multiple dans divers systèmes de production de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux en tant que culture principale, secondaire, de couverture ou de rente, s'intégrant facilement dans des schémas agronomiques contrastés et complexes. Dans de nombreuses régions du monde, les légumineuses sont des cultures de base (Vaz Patto *et al.*, 2015).

De nombreuses cultures de légumineuses sont cultivées pour le grain, le fourrage, l'engrais vert et sont utilisées dans l'alimentation humaine ou animale, l'industrie non alimentaire et énergétique, la pharmacie et la médecine et à des fins ornementales (Mikic *et al.*, 2016). Parmi elles figurent certaines des premières espèces domestiquées au monde et qui sont économiquement importantes, comme le pois chiche commun (*Cicer arietinum* L.), la lentille commune (*Lens culinaris* Medik.), le pois commun (*Pisum sativum* L.) et la vesce amère (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) (Zohary et Hopf, 2000).

4.1. Atouts de l'utilisation des légumineuses

De nombreux travaux ont permis de mettre en évidence et d'évaluer des spécificités intéressantes des légumineuses. Ces travaux concernent les légumineuses à graines, et les

légumineuses fourragères (Schneider et Huyghe, 2015). Ces spécificités leur confèrent des atouts qui sont autant d'arguments en faveur de leur utilisation dans les systèmes des cultures et d'élevage de ruminants.

4.1.1. Atouts agronomiques

Les traits majeurs des plantes appartenant aux légumineuses y compris celles en rapport avec un usage fourrager sont les suivants :

4.1.1.1. Fixation symbiotique de l'azote atmosphérique

Les légumineuses ont une propriété essentielle, celle de fixer l'azote atmosphérique de l'air (Cesar *et al.*, 2004) pour produire ses propres composants protéiques. Cette capacité est permise par une symbiose avec des bactéries du sol fixatrices de l'azote, des genres *Rhizobium* ou *Bradyrhizobium*, au sein d'organes spécialisés (les nodules) qui se développent sur les racines (Schneider *et al.*, 2015).

La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique fait des légumineuses des composants essentiels pour améliorer l'efficacité des systèmes de production végétale vis-à-vis de l'azote (Jensen et Hauggaard-Nielsen, 2003).

Mbengue (2010) a estimé que la fixation symbiotique due aux légumineuses cultivées représente environ 60 millions de tonnes d'azote fixé par an, soit presque autant que la quantité d'engrais azotés épandue pendant la même période.

Par cette caractéristique, et contrairement aux autres espèces cultivées, la culture de légumineuses n'a en général pas besoin d'apport de fertilisants azotés pour exprimer une croissance optimale, et elle représente une porte d'entrée d'azote symbiotique (c'est-à-dire azote issu de la fixation symbiotique) dans les systèmes de production agricole (Schneider *et al.*, 2015).

La valeur azotée des graminées en particulier, qu'elles soient spontanées ou cultivées baisse rapidement avec l'âge de la repousse. Le rôle des légumineuses fourragères dans les associations est de fournir l'azote nécessaire à la graminée (Cesar *et al.*, 2004).

De cette propriété résultent les trois grandes qualités des légumineuses fourragères : un fourrage riche en protéines – pas de besoin en fertilisation azotée – un effet améliorant sur la fertilité du sol (Cesar *et al.*, 2004).

4.1.1.2. Amélioration de la fertilité du sol

L'intérêt des systèmes fourragers pour le maintien de la fertilité du sol est un atout majeur des cultures fourragères. Les cultures fourragères contribuent énormément à maintenir ou restaurer la fertilité des sols, spécialement en matière organique, et en azote (Cesar *et al.*, 2004), en ayant des effets sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol, et ce au-delà du simple rôle de nutriments vis-à-vis de végétaux (Costa-Lima, 2015).

Les jachères naturelles mettent 15 ans à reconstituer le sol (travaux de Siband, Charreau et Nicou, Piéri). Les jachères pâturées ne le reconstituent jamais ; au contraire, le sol continue à s'épuiser par les exportations dues aux animaux. L'objectif des cultures fourragères peut être aussi de restaurer les sols dégradés, d'améliorer la fertilité, de raccourcir la jachère, et pour cela, de produire de la matière organique (Cesar *et al.*, 2004).

4.1.1.3. Rôle dans la rotation des cultures

Les légumineuses sont cruciales dans les modes de production en agriculture biologique, c'est-à-dire sans intrants de synthèse, modes pour lesquels la fertilité des sols et la maîtrise de la flore adventice sont les principales préoccupations agronomiques (Schneider *et al.*, 2015).

Implantées comme culture de rotation, les légumineuses (Costa-Lima, 2015) notamment les légumineuses à graines ou fourragères (Schneider *et al.*, 2015) peuvent rendre des services aux cultures suivantes. En effet, une fois le couvert détruit, une certaine quantité d'azote sera disponible pour la culture suivante, lors de la minéralisation des composés organiques contenus dans les résidus de culture. Ainsi, 30 % est estimée en moyenne du taux de restitution en azote pour la culture suivante par rapport à la quantité d'azote absorbée par les cultures (pièges à nitrates) (Le Souder et Labreuche, 2007).

La présence des légumineuses dans les rotations des cultures pratiquées en grandes cultures en agriculture biologique est de l'ordre de 30 à 55 %, soit bien plus qu'en agriculture conventionnelle. Ceci s'explique par l'entrée d'azote dans le système que permettent ces cultures (fixation d'azote symbiotique), dans un contexte où les engrais organiques se font rares et chers, mais aussi par les services agronomiques rendus en diversifiant la rotation (contrôle des adventices, structure du sol...) (Schneider *et al.*, 2015).

4.1.2. Atouts nutritifs

Dès les premiers temps de l'agriculture, les agriculteurs ont sélectionné des légumineuses, d'abord pour se nourrir (lentille, pois sec, fève et pois chiche puis soja, haricot, lupin, arachide, etc.) (Schneider *et al.*, 2015) ; elles remplacent les protéines animales dans beaucoup de pays (Costa-Lima *et al.*, 2015), puis pour nourrir leur bétail avec des espèces fourragères (luzerne, trèfles, sainfoin, vesce, etc.). Plus récemment, les agriculteurs et les industries de l'approvisionnement ont adapté et transformé industriellement certaines espèces pour intensifier la production du cheptel (tourteau de soja, graines de protéagineux, etc.) (Schneider *et al.*, 2015).

L'intégration des cultures légumineuses dans les systèmes alimentaires peuvent contribuer majoritairement à assurer la fourniture non seulement des protéines (possédant un taux de protéines élevé) et des glucides (source d'énergie) mais également une panoplie variée selon les espèces des autres éléments (lipides, fibres, éléments minéraux, vitamines) (Schneider *et al.*, 2015). Ce qui leur confère une valeur nutritive élevée par rapport aux autres plantes (Klein *et al.*, 2014).

La richesse des légumineuses fourragères en matières azotées permet de compenser la faible teneur en azote des fourrages à base de graminées, particulièrement pour les animaux qui ont des besoins élevés en azote, comme les animaux laitiers, les jeunes en croissance et les adultes en engraissement (Klein *et al.*, 2014).

4.1.3. Atouts écologiques

L'introduction de légumineuses au sein d'une succession culturale ou en association dans le système agricole apporte plusieurs effets positifs sur l'environnement, quant à la réduction de l'utilisation de la fertilisation azotée et, indirectement, des émissions des gaz à effet de serre provoquées par la fabrication et l'épandage d'engrais (Costa-Lima, 2015 ; Schneider *et al.*, 2015).

Ces plantes, capables de capter l'azote de l'air, favorisent les économies d'intrants à l'échelle des rotations: principalement des engrais azotés, mais aussi des produits phytosanitaires (Ademe, 2015).

Au-delà de cet aspect agronomique, certaines espèces de plantes non cultivées et d'arbres de la famille des légumineuses sont aussi d'un grand intérêt dans les écosystèmes naturels en permettant la colonisation de milieux pauvres en azote grâce à cette capacité symbiotique (Mbengue, 2010).

De plus, elles restituent en partie cet élément nutritif aux cultures suivantes ou associées. Leur présence dans les rotations, lorsqu'elles remplacent des cultures très fertilisées, permet donc de diminuer de façon conséquente l'utilisation d'engrais minéraux azotés qui représentent 63% des fertilisants apportés aux cultures (Costa-Lima, 2015). La réduction de l'épandage de ces engrais induite par l'insertion de légumineuses dans les systèmes de culture en France est estimée à 216 millions de tonnes (Mt), soit 10 % de la consommation totale annuelle (Développement Durable, 2010).

Un couvert végétal dense peut être développé grâce à l'installation de beaucoup de plantes fourragères herbacées pour une longue période, et qui est généralement amélioré par les coupes ou pâtures. Ce couvert végétal a un rôle protecteur contre les agents érosifs et la lumière directe, par divers effets à savoir (Klein *et al.*, 2014) :

- La réduction du phénomène de battance en diminuant l'impact des gouttes de pluie sur le sol ;
- Le frein des écoulements superficiels de l'eau lors des pluies, réduisant ainsi l'érosion en nappe et améliorant la pénétration de l'eau dans le sol ;
- La constitution de la litière (débris de végétaux morts), en réduisant les effets du vent, du ruissellement et de l'évaporation ;
- La protection de la surface du rayonnement direct du soleil donc de ses effets.

4.1.4. Atouts économiques

Les élevages sont en dépendance continue aux achats d'aliments (souvent importés par ailleurs) ; les légumineuses peuvent contribuer à produire des aliments de bonne valeur nutritionnelle pour nourrir le bétail (Schneider *et al.*, 2015).

En plus de leurs qualités nutritionnelles, l'utilisation des cultures légumineuses en rotation permet de faire entrer de l'azote dans les sols qui peut être ensuite utilisé par les cultures non légumineuses, et par conséquent, de réduire l'utilisation de la fertilisation azotée qui est très coûteuse car les engrais azotés sont synthétisés en utilisant les ressources énergétiques fossiles. L'utilisation des engrais azotés étant importante dans les pays développés (Pointereau, 2001). Ce service permettrait ainsi d'économiser plus de 200 à 300 millions de dollars US d'engrais azotés aux Etats-Unis (Graham and Vance, 2003). Cet argument économique souligne l'importance des légumineuses une fois de plus (Costa-Lima, 2015).

En conclusion, les atouts des légumineuses peuvent se résumer en trois points essentiels qui sont la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, l'amélioration de fertilité du sol et la richesse en protéines. Grâce à l'introduction de légumineuses fourragères dans les assolements, la valorisation agronomique de ces trois « compétences » va avoir des conséquences importantes sur la productivité et l'efficacité des systèmes, sur leurs impacts environnementaux et, finalement, sur l'économie de l'exploitation et des filières agricoles.

5. Facteurs antinutritionnels des légumineuses à graines

Les légumineuses à graines sont utilisées depuis longtemps comme aliments, mais au cours de la dernière décennie, leur rôle dans l'alimentation des volailles a suscité un intérêt croissant. Il y a eu un intérêt associé à l'utilisation des légumineuses à graines, en particulier les pois des champs (*Pisum sativum*), les graines de lupin (*Lupinus* spp.) et les féveroles (*Vicia faba*), dans l'alimentation des ruminants. En tant qu'aliments riches en protéines, un rôle évident pour les légumineuses à graines est d'équilibrer d'autres ingrédients alimentaires faibles en protéines (Dixon et Hosking, 1992).

Cependant, l'utilisation des légumineuses à graines dans l'alimentation animale a été limitée dans la pratique en raison de concentrations partiellement élevées de métabolites végétaux secondaires, également appelés facteurs antinutritionnels (FAN) (Dixon et Hosking, 1992 ; Jezierny *et al.*, 2010), qui constituent des défenses importantes de la plante contre les insectes et les herbivores et qui résistent à la digestion gastrique et intestinale (Dixon et Hosking, 1992). Ces FAN comprennent les tanins condensés, les inhibiteurs de protéase, les lectines, les glycosides de pyrimidine, etc. Des effets négatifs possibles de ces métabolites végétaux secondaires incluent, par exemple, les refus alimentaires (tanins, alcaloïdes), diminution de la digestibilité des nutriments (tanins, inhibiteurs de protéases, lectines) voire des effets toxiques (β -N-oxalyl-L- α , acide β -diaminopropionique ou β -ODAP). En outre, une proportion élevée d' α -galactosides dans la fraction glucidique de certaines légumineuses à graines peut avoir des effets néfastes sur les animaux, tels qu'une fermentation excessive, des flatulences et des diarrhées (Jezierny *et al.*, 2010).

Certaines légumineuses sont caractérisées par la présence de tanins, notamment les tanins condensés (TC) ; qui sont des oligomères et des polymères de flavonoïdes présents dans les vacuoles de cellules des feuilles, des tiges, des fleurs et des enveloppes de graines (aussi des racines) de plusieurs légumineuses. On les rencontre dans les lotiers pédonculés ou corniculés, le

sainfoin, le Sulla, les fleurs de trèfle blanc et de trèfle violet. La concentration en tanins et leur composition varient selon les espèces, les variétés, la saison (Theodoridou, 2010), les organes des plantes (Häring *et al.*, 2008) et les méthodes de conservation (Hoste *et al.*, 2006).

Les tanins condensés ont des effets variables sur la digestibilité et l'ingestibilité du fourrage (Aufrère *et al.*, 2012), certaines études concluant à un effet dépressif et d'autres à l'absence d'effet. Les effets des tanins peuvent être reliés à une modification des fermentations ruminales et à une réduction de la vitesse de digestion. Notons que la présence des tanins condensés peut aussi avoir un effet dépressif direct sur l'ingestion *via* une réduction de l'appétibilité du fourrage du fait des phénomènes d'astringence (Frutos *et al.*, 2004). La digestibilité dans l'intestin des protéines des fourrages contenant des tanins condensés est faible en comparaison à celle des fourrages ne contenant pas de tanins condensés (Aufrère *et al.*, 2008).

Seul un petit nombre d'espèces de légumineuses à graines sont devenues des cultures majeures dans les pays développés, et celles-ci ont généralement été sélectionnées comme légumineuses à graines avec des niveaux faibles à modérés de FAN. Il existe de nombreuses autres espèces de légumineuses à graines à haut rendement, en particulier celles d'origine subtropicale et tropicale, qui ont traditionnellement été utilisées pour l'alimentation et qui ont un potentiel considérable pour fournir des aliments pour animaux à haute teneur en protéines et pour soutenir l'amélioration de la production animale (National Academy of Sciences, 1979). Malheureusement, elles contiennent également généralement des niveaux élevés de FAN qui, sans traitement, empêchent leur utilisation dans les régimes monogastriques (Dixon et Hosking, 1992).

Aletor *et al.* (1994) ont publié des gammes de concentrations d'inhibiteurs de trypsine et de tanins condensés chez *Vicia narbonensis* et *Vicia sativa*. De plus, les tanins condensés et d'autres métabolites secondaires phénoliques peuvent également jouer un rôle dans la réduction de la palatabilité du grain des espèces de *Vicia*.

Vicia narbonensis L. contient des niveaux très élevés (1-3 %) de γ -L-glutamyl - S-éthényl -L- cystéine (GEC) qui confère une saveur sulfureuse aux graines et limite fortement leur appétence. Aucune toxicité aiguë n'a été signalée chez l'espèce (Francis *et al.*, 1999).

Vicia sativa L. contient la toxine du favisme, la vicine, ainsi que les cyanoaminoacides neurotoxiques antinutritionnels, la β -cyanoalanine (Enneking, 1995) et la γ -glutamyl- β -cyanoalanine (Ressler, 1964 ; Enneking, 1995) ; un analogue de l'alanine qui est extrêmement toxique pour les monogastriques tels que les poulets (Ressler, 1964).

Alternativement, le développement d'une méthode d'hydrolyse post-récolte pour tirer parti des niveaux extrêmement élevés de GEC trouvés dans certaines accessions, pourrait produire un aliment précieux à haute teneur en cystéine, remédiant ainsi au problème continu de la faible teneur en acides aminés soufrés dans la plupart des graines de légumineuses (Royo *et al.*, 2006).

Les acides aminés non protéiques antinutritionnels de *Vicia sativa* et *Vicia narbonensis* peuvent être inactivés par une hydrolyse acide légère (Enneking, 1993). Dans des conditions alcalines, la canavanine se dégrade en desamino-canavanine qui est inactive dans les essais biologiques (Enneking *et al.*, 1993). Ainsi, en principe, les principaux acides aminés non protéiques indésirables dans les graines des *Vicia* spp., peuvent être inactivés par des processus chimiques acides ou alcalins (Enneking, 1995).

Les pratiques traditionnelles d'utilisation et les méthodes de préparation du grain de *Vicia* doivent maintenant être évaluées en détail pour leur efficacité à minimiser l'ingestion de ces facteurs tout en préservant leurs propriétés nutritives. On peut raisonnablement s'attendre à ce que l'application innovante de ces connaissances fournit la base d'une utilisation plus large de *Vicia* spp. comme légumineuses à graines (Enneking, 1995).

Cependant, pour les aliments commerciaux pour lesquels les formulations les moins coûteuses sont pratiquées, il n'est généralement pas économiquement faisable d'utiliser des traitements post-récolte coûteux et à petite échelle tels que l'extraction et l'autoclavage pour produire un aliment utile de haute qualité. Le seul recours pratique est de réduire durablement les niveaux de facteurs antinutritionnels par des stratégies de sélection végétale adaptées. Il y a clairement beaucoup de travail de sélection végétale à faire dans les années à venir. L'expérience des années 1960 au Canada, avec la production de lignées de colza, qui minimisait aussi deux toxines (acide érucique et glucosinolate) pour nous fournir du canola, nous montre exactement ce qu'il est possible de faire (Tate et Enneking, 2006).

6. Le genre *Vicia* sp.

Le genre *Vicia* sp. comprend environ 190 espèces (Ildis, 1999), principalement situées en Asie, en Amérique du Nord, et en Europe, s'étendant jusqu'à l'Afrique de l'Est tropicale et l'Amérique du Sud tempérée. Le genre est principalement localisé dans les régions méditerranéennes et irano-turaniennes (Kupicha, 1981).

Le genre *Vicia* sp. est bien placé pour aider à répondre à la demande mondiale croissante d'aliments pour animaux et à fournir des cultures pour une diversité de systèmes agricoles (Francis *et al.*, 1998). Il est donc important de s'assurer que ses ressources génétiques sont conservées et disponibles pour le développement ultérieur des cultures (Van de Wouw *et al.*, 2001).

Les vesces sont cultivées dans différents sols, sauf dans les sols acides et mal drainés, sensibles à la sécheresse en début de cycle. Il existe des variétés de printemps et d'hiver (Schneider *et al.*, 2015).

La vesce commune (*Vicia sativa*) est la plus répandue mais il existe aussi la vesce de Narbonne (*Vicia narbonensis*), l'ervilier (*Vicia ervilia*), la vesce velue (*Vicia villosa*), et la vesce de Hongrie (*Vicia pannonica*). À noter qu'elles appartiennent au même genre que la féverole ou la fève (*Vicia faba*). La culture des vesces donne plusieurs types de produits : des engrais verts, des fourrages ou des grains (Schneider *et al.*, 2015).

6.1. Taxonomie du genre *Vicia* sp.

Le genre *Vicia* sp. fait partie des légumineuses de la tribu *Vicieae* des *Papilionoideae* (Maxted 1993). Ce genre est divisé en deux sous-genres, *Vicilla* et *Vicia*. La distinction entre les deux sous-genres étant principalement basée sur la longueur relative de l'inflorescence et la présence de tâches nectarifères sur les stipules. Le sous-genre *Vicilla*, qui comprend des espèces fourragères telles que *Vicia villosa*, *Vicia ervilia*, *Vicia benghalensis* et *Vicia hirsuta*, est divisé en 17 sections (Kupicha, 1976) (Tableau 1). Le sous-genre *Vicilla* est considéré comme plus primitif et diversifié que le sous-genre *Vicia* (Maxted, 1993).

La conception de Kupicha du sous-genre *Vicia* est plus petite et cohérente, contenant 38 espèces divisées en 5 sections. Ce sous-genre contient les espèces les plus importantes sur le plan agricole comme *Vicia faba*, *Vicia sativa* et *Vicia narbonensis*. Maxted (1993) a examiné plus en détail le sous-genre et a adopté de nombreuses suggestions faites par Kupicha (1976). Il a divisé le sous-genre *Vicia* en neuf sections (Tableau 1). Aucune étude détaillée de ce type n'a encore été entreprise pour le sous-genre *Vicilla*, auquel appartiennent *Vicia ervilia* Willd., *Vicia villosa* Roth, *Vicia monantha* Retz, *Vicia pannonica* Crantz et *Vicia benghalensis* L. (Van de Wouw *et al.*, 2001).

Tableau 1. Classification sectionnelle des sous-genres *Vicilla* et *Vicia*

Sous-genre <i>Vicilla</i> (sensu Kupicha 1976)	
<i>Vicilla</i>	15 espèces
<i>Cassubicae</i>	9 espèces
<i>Perditae</i>	1 espèce
<i>Cracca</i>	40 espèces (incl. <i>V. cracca</i> , <i>V. villosa</i> , <i>V. monantha</i>)
<i>Variiegatae</i>	3 espèces
<i>Pedunculatae</i>	3 espèces
<i>Americanae</i>	1 espèce
<i>Subvillosae</i>	1 espèce
<i>Volutae</i>	1 espèce
<i>Panduratae</i>	3 espèces
<i>Ervum</i>	3 espèces
<i>Erviodes</i>	1 espèce (<i>V. articulata</i>)
<i>Ervilia</i>	1 espèce (<i>V. ervilia</i>)
<i>Lentopsis</i>	1 espèce
<i>Trigonellopsis</i>	3 espèces
<i>Austarles</i>	13 espèces
<i>Mediocintae</i>	1 espèce
Sous-genre <i>Vicia</i> (sensu Maxted 1993a)	
<i>Atossa</i>	4 espèces
<i>Microcarinae</i>	1 espèce
<i>Hypechusa</i>	14 espèces (incl. <i>V. galeata</i> , <i>V. noeana</i> , <i>V. hybrida</i>)
<i>Peregrinae</i>	3 espèces
<i>Wiggersia</i>	2 espèces
<i>Vicia</i>	5 espèces (incl. <i>V. sativa</i>)
<i>Bythynicae</i>	1 espèce
<i>Narbonensis</i>	7 espèces (incl. <i>V. narbonensis</i>)
<i>Faba</i>	1 espèce (<i>V. faba</i>)

6.2. Vesce de narbonne (*Vicia narbonensis* L.)

La vesce de narbonne (*Vicia narbonensis* L.) est une plante annuelle, à tige de 30 à 50 cm et plus, pubescente (Philippe, 1914), aux tiges dressées qui en font une culture facile à récolter (Issolah, 2012), et ne s'égrène pas à maturité (Angelova, 2007). Les feuilles supérieures ont des vrilles rameuses. Elle a des fleurs grandes, pourpre terne et des gousses de 5 à 6 cm de long, sur 10 à 12 mm de large, dont l'aspect évoque plutôt l'idée d'une petite féverole (*Vicia faba* L.) que d'une vesce (Philippe, 1914) (Figure 4).

Elle est particulièrement intéressante pour les sols neutres à alcalins des régions à faibles précipitations, où son port érigé et sa forte racine pivotante et sa tige sont des caractéristiques

attractives pour surmonter certaines des principales limitations du pois fourrager (Jaques *et al.*, 1994).

C'est une légumineuse fourragère et à graines d'origine méditerranéenne (Jaques *et al.*, 1994), et considérée comme ayant l'une des distributions les plus larges de son genre (Maxted, 1995).

Vicia narbonensis L. et la plupart de ses taxons subordonnés se trouvent principalement dans les bordures des champs, les prairies, comme mauvaise herbe dans les champs cultivés et dans les friches (Clos, 1898), et plus rarement en forêt ouverte (Maxted, 1995).

Très vigoureuse et très hâtive, elle est intéressante en vue de la production de fourrage précoce pour les régions à climat doux et tempéré (Philippe, 1914). Cultivée le plus souvent seule, elle fournit un très bon fourrage vert ou un foin d'excellente qualité et très appréciée pour tous les types de bétail (Philippe, 1914 ; Mateo Box, 1961) ; on pourrait aussi trouver avantage à la faire entrer dans les mélanges de fourrages à couper en vert, ou bien à lui associer une Avoine, un Seigle ou une autre graminée. (Philippe, 1914).

Le grain convient comme aliment pour le bétail (Van der Veen, 1960 ; Mateo Box, 1961) et offre ainsi une opportunité d'augmentation de la production des ruminants pour l'agriculture méditerranéenne (Enneking et Maxted, 1995). De plus, cette espèce a été promue comme remplacement de la jachère dans la rotation traditionnelle jachère-orge en Méditerranée orientale (Maxted, 1995).

Vicia narbonensis L. est connue pour être tolérante au froid et à la sécheresse ainsi que par un bon niveau de tolérance aux maladies, aux nématodes des tiges et ravageurs (Abbad Andaloussi et Chahbar, 2005). Birch (1983) a trouvé des niveaux utiles de résistance partielle au puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) chez *Vicia narbonensis* L.. Avec toutes ces caractéristiques, la vesce de narbonne peut être introduite dans le système à rotation biennal céréale-légumineuse dans les régions semi-arides et de montagne (Abbad Andaloussi et Chahbar, 2005).

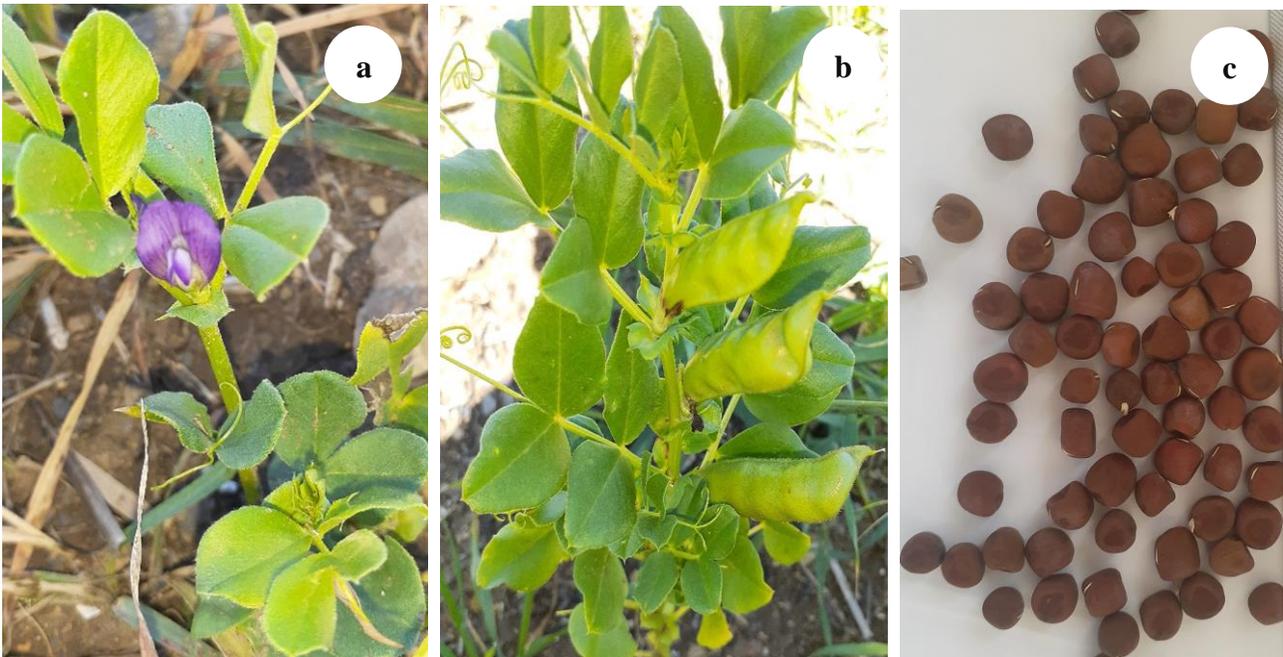


Figure 4. a) Feuilles et Fleur, b) gousses, c) graines de la vesce de narbonne (*Vicia narbonensis* L.) (Prise lors de l'expérimentation)

6.3. Vesce commune (*Vicia sativa* L.)

La vesce commune (*Vicia sativa* L.) est une plante annuelle (Seydosoglu, 2014 ; Córdoba *et al.*, 2015) comprenant un grand nombre de variétés qui diffèrent entre elles par un ou plusieurs caractères de type morphologique ou agronomique. *Vicia sativa* L. est une plante de 10 à 80 cm de hauteur, grossièrement pubescente. Les tiges sont minces, ramifiées et généralement lisses ; avec des feuilles composées alternes terminant par des vrilles. Les fleurs sont rouge pourpre ou violettes, solitaires ou en inflorescences jusqu'à 4 fleurs (Figure 5). Elle a une racine pivotante qui peut atteindre des profondeurs de 1,5 m. Cette qualité fait que la vesce commune est adaptée aux systèmes pluviaux et semi-arides de la région méditerranéenne (Córdoba *et al.*, 2015).

Vicia sativa L. est l'une des espèces génétiquement et phénotypiquement les plus variables de son genre (Davis et Pllitmann, 1970). C'est une espèce autogame facilitant de manière significative les programmes de sélection conventionnels basés sur la connaissance des relations entre les composantes du rendement fourrager et les caractéristiques économiquement importantes (Mikić *et al.*, 2013).

Vicia sativa L. est originaire du centre de diversité du Proche-Orient avec de nombreuses autres espèces de légumineuses annuelles (Zeven et Zhukovsky, 1975). Les archives archéologiques disponibles suggèrent que *Vicia sativa* L. initialement était une mauvaise herbe qui s'est propagée de la Méditerranée à l'Europe (Van de Wouw *et al.*, 2003), avec les premiers assemblages de céréales, de lentilles et de vesce amère (*Vicia ervilia*) (Ladizinsky, 1989).

Vicia sativa L. est polyvalente car elle peut être cultivée pour le pâturage précoce, l'engrais vert, la conservation sous forme d'ensilage, de foin, de pâturage sec et de grain (Córdoba *et al.*, 2015) pour l'alimentation du bétail. Comme ses grains contiennent beaucoup de protéines brutes, elle est utilisée comme aliment concentré pour les ruminants (Seydosoglu, 2014). On la cultive seule ou plus généralement avec du Seigle, de l'Escourgeon ou de l'Avoine d'hiver (Philippe, 1914).

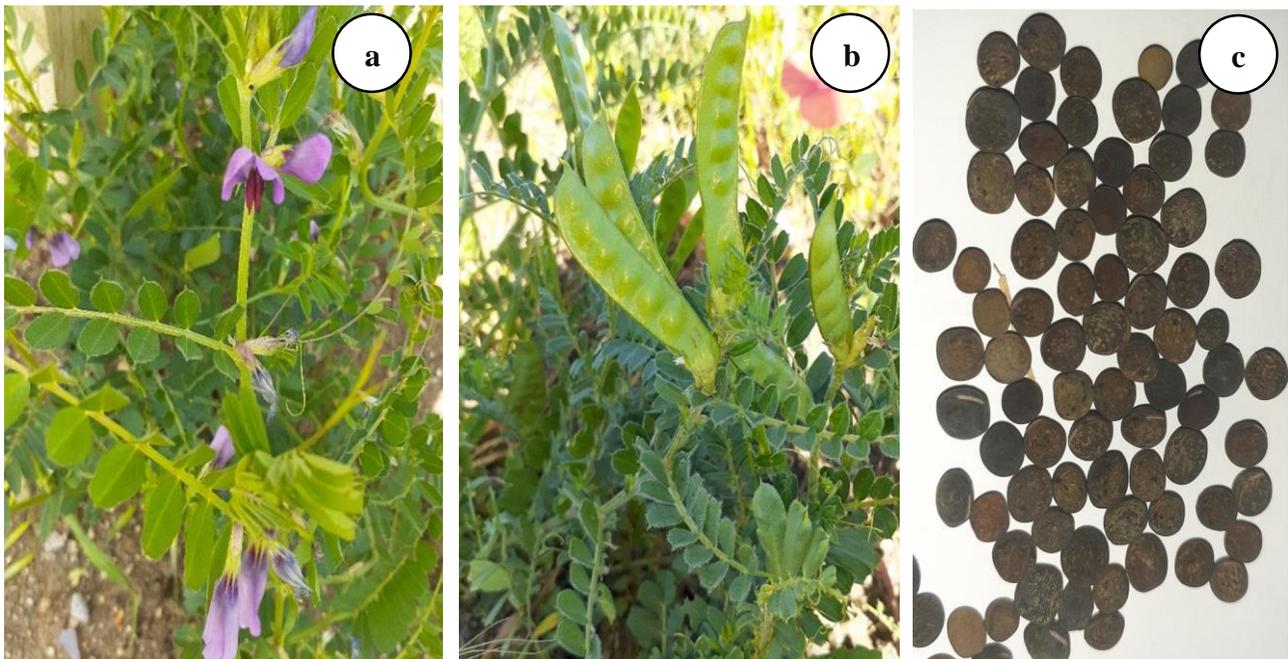


Figure 5. a) Feuilles et fleurs, b) gousses, c) graines de la vesce commune (*Vicia sativa* L.)

(Prise lors de l'expérimentation)

7. Etat des lieux de la culture de vesce en Algérie

En Algérie, la culture de vesce n'est jamais utilisée en culture pure ; elle est toujours associée à une graminée ; notamment l'avoine ; uniquement pour la production de foin. Ce foin représente les deux tiers des surfaces en fourrages.

La vesce-avoine est le fourrage le plus utilisé mais pourtant de mauvaise qualité. A son utilisation en élevage ovin vient se rajouter la demande de l'élevage bovin laitier (Belaid, 2018).

La culture de la vesce-avoine est l'une des principales cultures fourragères annuelles cultivées sous les conditions pluviométriques. Celle-ci, conservée dans de bonnes conditions donne un foin d'assez bonne qualité (0.7 UF/ kg de MS). Malheureusement, peu d'intérêt est accordé quant à sa consuite ce qui a pour conséquence la production d'un foin de qualité médiocre (0.4 UF/ kg de MS ; Ouknider et Jacquard, 1986).

Les superficies réservées à cette culture fluctuent d'une année à une autre voire diminuent constamment (Figure 6).

Les rendements en quantité et en qualité restent très faibles et ne peuvent pas répondre aux besoins croissants du cheptel malgré tous les efforts déployés à son amélioration (Abdelguerfi, 1987). Toutefois, la production par hectare demeure faible même pendant les années favorables. On note une réduction des rendements ; 39.4 q/ ha en 2014 contre 32.6 q/ ha en 2015 (MADR, 2020) (Figure 7). Cette situation est due à des pratiques agronomiques précaires ne permettent pas de satisfaire les besoins des cultivateurs (Mebarkia *et al.*, 2003).

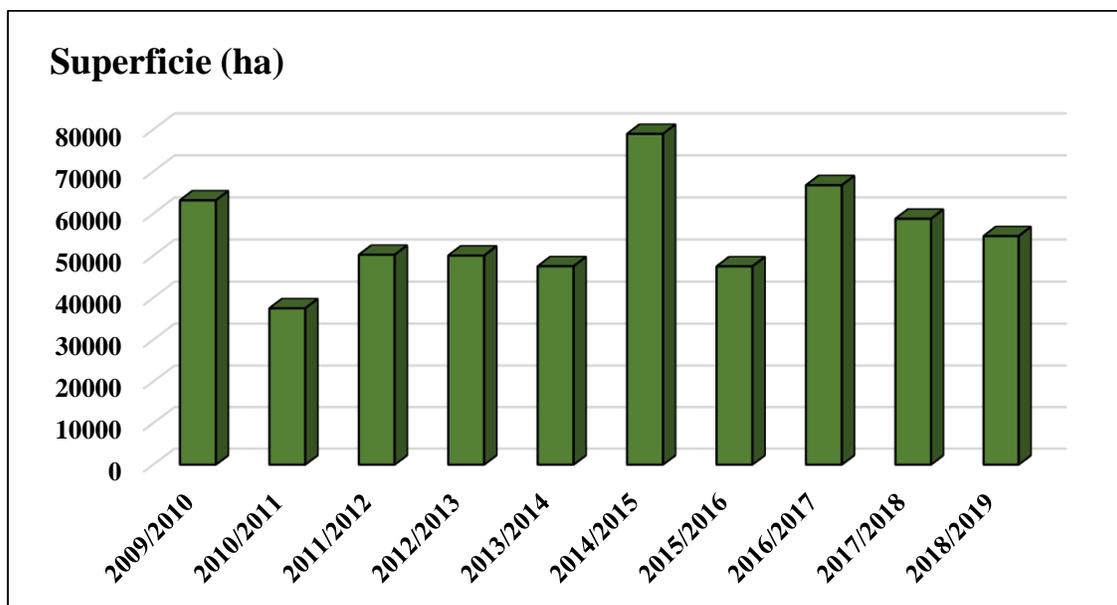


Figure 6. Evolution des superficies des vesces-avoines (ha) en Algérie (MADR, 2020)

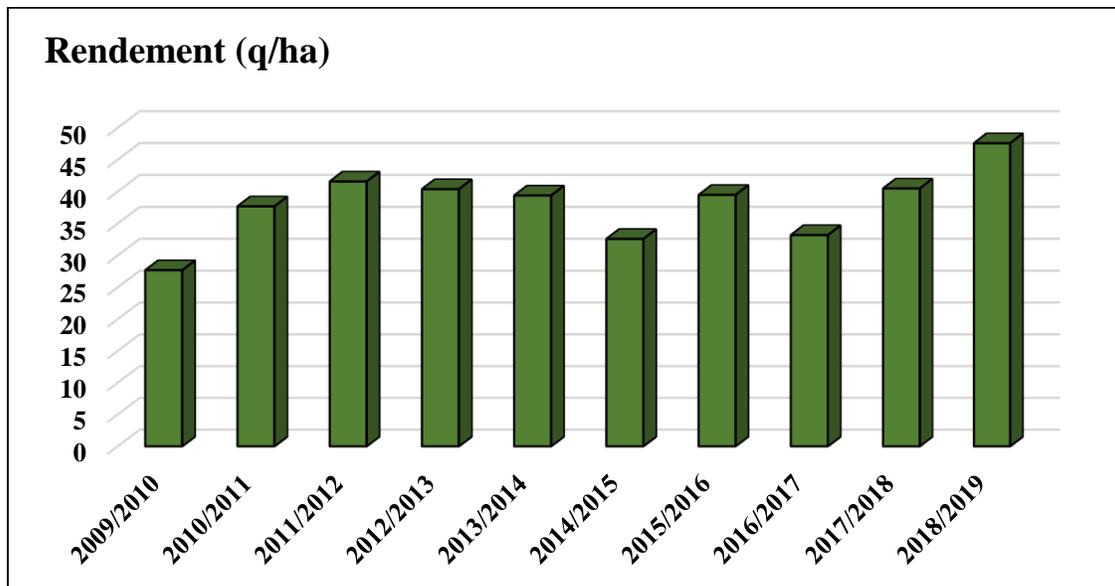


Figure 7. Evolution des rendements des vesces-avoines (q/ha) en Algérie (MADR, 2020)

Parmi les contraintes qui entravent le développement de cette culture, nous citons :

La faible diversité des espèces ainsi que des variétés. En effet, le nombre de variétés utilisées se limite uniquement à une seule variété qui est la *Languedoc* appartenant à l'espèce *Vicia sativa*.

L'inadaptation du matériel végétal, l'espèce *Vicia sativa* est utilisée dans les différentes zones agro écologique de l'Algérie. Sa culture n'a pas montré de réelles possibilités d'adaptation dans les régions à forts contrastes du fait d'un manque de diversité spécifique et variétale (pas de zonage) (Mebarkia *et al.*, 2020).

La proportion du mélange vesce-avoine n'est pas toujours respectée. De ce fait l'avoine a tendance à étouffer la vesce. Selon Ouknider et Jacquard (1989), à partir de la montaison ; la compétition pour la lumière se fait au détriment de la vesce qui a tendance à disparaître, l'avoine se montrant plus compétitive.

La production de semences de vesce est nulle (Mebarkia *et al.*, 2003) ; et reste tributaire de l'importation. En plus, les prix des semences sont élevés, ce qui aboutit à la réticence des agriculteurs à les acheter.

La non maîtrise de la récolte du mélange. Dans la majorité des cas, la récolte du foin de vesce-avoine est tardive. Sa valeur alimentaire est donc réduite. Les causes en reviennent en la mise en avant de la quantité au détriment de la qualité des fourrages récoltés. Ainsi, les différentes

opérations (fauche, fanage, bottelage, transport...) ne sont jamais menées de front ce qui occasionne des pertes de folioles de la vesce d'où une moindre richesse en éléments nutritifs ; notamment l'azote. Par conséquent, les animaux ne profitent pas pleinement de ce fourrage. De plus, le stade et/ou la période de récolte ne sont souvent pas respectés et les techniques utilisées sont parfois inadéquates.

Le problème d'égrenage des gousses de vesce à maturité. La production des semences de nombreuses cultures de légumineuses fourragères ; en particulier la vesce commune est très affectée, en plus du problème de la verse, par le phénomène d'égrenage des gousses à maturité (Acikgoz, 1982 ; Abd El Moneim, 1984 ; Acikgoz, 1988) à cause de la déhiscence de celles-ci. De plus, la vesce se développe comme mauvaise herbe de la céréale suivante (Abd El Moneim, 1984).

L'utilisation des vesces comme légumineuse fourragère est limitée par l'égrenage des gousses (Figure 8) ; affectant négativement la production de semences (Abd El Moneim, 1984 ; Oplinger *et al.*, 1989 ; Abd El Moneim et Saxena, 1997). L'étude de Mebarkia (2011) révèle des taux d'égrenage moyens à faibles des écotypes de *Vicia*.

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 ont été réalisés lors des études génétiques pour la réduction de l'aptitude à l'égrenage (Abd El Moneim, 1992).

Les résultats ont montré que ce problème est conditionné par un seul gène récessif. L'incorporation de ce gène dans des lignées prometteuses a été réalisée par rétrocroisement, autofécondation et ensuite la sélection des écotypes qui ne s'égrènent pas. Des lignées supérieures (1361, 1416 et 2014) ont été sélectionnées avec des rendements en grains supérieurs à 2.0 t/ha après cinq générations de rétrocroisements (Abd El Moneim, 1992).



Figure 8. Phénomène d'égrenage des gousses de *Vicia sativa* L. à maturité
(Prise lors de l'expérimentation)

M. Mebarkia Amar est en train de mener un travail de longue haleine sur une collection assez importante de différentes espèces de vesces. Ce travail est mené dans le cadre d'un réseau régional sur les vesces et les travaux ont fait l'objet de plusieurs publications (Mebarkia et Abdelguerfi, 2006 et 2007; Mebarkia *et al.*, 2010 ; Mebarkia, 2011).

D'après Mebarkia et Abdelguerfi, (2006), sous les conditions pluviométriques de la région semi-aride de Sétif (Est Algérien), les légumineuses fourragères annuelles comme celles du genre *Vicia* sp. sont parmi les solutions à envisager pour remplacer l'année de jachère dans la rotation céréale-jachère.

PARTIE II :
Matériel et Méthodes

CHAPITRE I :

**Etude de la diversité des caractères
phénologiques, morphologiques et
agronomiques de *Vicia narbonensis*
L. et *Vicia sativa* L. dans la région
semi-aride de Sétif**

1. Objectif

Le présent travail porte sur l'étude du comportement de dix écotypes de *Vicia narbonensis* L. en comparaison avec deux écotypes de *Vicia sativa* L. sous les conditions pluviales de la région semi-aride de Sétif ; pour des caractères phénologiques, morphologiques et agronomiques.

2. Présentation de la région d'étude

Les essais ont été menés au niveau des parcelles du Campus universitaire FERHAT Abbas-Sétif1 (36°12' N ; 5°21' E) sous les conditions pluviales dans la région de Sétif. Dans cette région, le climat est continental à fortes amplitudes thermiques, tant annuelles que journalières ; et présente deux contraintes climatiques majeures, le gel et le sirocco. Elle est située dans l'étage bioclimatique semi-aride ; l'altitude est de 1 025 m.

L'hiver connaît des températures qui descendent sous 0°C et au cours de l'été ; celles-ci atteignent des pics dépassant les 40°C. En plus, les différences de températures entre la nuit et le jour atteignant parfois les 20°C en hiver et au printemps occasionnent des phénomènes de gel ; qui sont très contraignants à la croissance des plantes (Bouzerzour et Benmahammed, 1994).

Les sols du site d'expérimentation appartiennent au groupe des sols steppiques (Perrier et Soyer, 1970). La composition physicochimique indique, pour l'ensemble des parcelles, une texture limono-argileuse, une structure grumeleuse, à pH eau basique (7.81), une teneur en calcaire total de 17.7% et une teneur en matière organique variant de 2.0 à 3.0%.

La pluviosité moyenne annuelle est de l'ordre de 450 mm (Seltzer, 1947) et de 373.8 mm pour la période comprise entre 2006 et 2017 (ONM, 2017). La pluviosité connaît toutefois des variations intra et interannuelles très importantes.

L'essai a été conduit durant trois campagnes agricoles 2017-2018 ; 2018-2019 et 2019-2020. Les conditions climatiques des trois campagnes sont présentées dans le tableau 2 (ONM, 2020). Les trois campagnes agricoles se caractérisent par:

- Les précipitations sont assez variables au cours des trois saisons de culture, avec des quantités plus importantes au cours de la première campagne (469.05 mm), suivi de la troisième campagne (384.56 mm) contre seulement 321.20 mm pour la deuxième année ;
- Les températures maximales enregistrées sont homogènes durant les trois campagnes, ainsi que les températures minimales.

Tableau 2. Conditions climatiques dans la région semi-aride de Sétif

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Total	Moy.
2017-2018													
P (mm)	41.00	10.70	55.70	33.50	13.90	23.20	90.20	81.30	51.90	65.00	2.65	469.05	
T°C Max	28.3	22.26	14.8	9.38	11.81	9.6	13.46	17.72	21.33	27.10	35.40		19.15
T°C Min	13.5	9.63	3.6	1.19	1.05	0.6	4.2	4.7	9.47	20.00	17.30		7.72
T°C Moy	20.9	15.95	9.2	5.28	6.43	4.4	8.83	11.21	15.4	24.20	31.60		13.87
2018-2019													
P (mm)	25.00	63.70	25.70	10.80	77.10	15.10	24.00	43.80	12.40	10.90	12.70	321.20	
T°C Max	28.4	19.4	14.5	12.9	7.74	11.12	15.17	18.21	16.4	33.6	35.50		19.31
T°C Min	16.0	9.6	4.6	1.64	-0.5	-0.06	3.35	6.3	9.4	17.21	27.20		8.59
T°C Moy	22.2	14.5	9.55	7.27	3.62	5.53	9.26	12.26	12.9	28.5	31.70		14.19
2019-2020													
P (mm)	75.00	25.80	90.20	21.40	12.80	10.00	51.56	66.00	6.60	21.40	3.80	384.56	
T°C Max	27.9	22.1	12.4	12.8	11.1	16.8	14.8	19.3	26.6	29.6	33.8		20.58
T°C Min	15.4	10.3	4.2	3.7	0.3	1.9	4.3	8.0	11.8	14.5	24.6		8.95
T°C Moy	21.65	16.2	8.3	8.25	5.7	9.35	9.1	13.65	19.2	22.05	29.2		14.77

P : Précipitations (mm) ; **T°C Max** : Températures Maximales; **T°C Min** : Températures Minimales; **T°C Moy** : Températures Moyennes

3. Présentation du matériel végétal

L'expérimentation a porté sur deux espèces du genre *Vicia*, représentées par dix écotypes de *Vicia narbonensis* L. d'origines différentes (en provenance de l'ICARDA) et deux écotypes de *Vicia sativa* L. d'Algérie. Les écotypes de *Vicia sativa* L. sont utilisés comme écotypes témoins car cette espèce est bien connue chez les agriculteurs algériens (Tableau 3).

Tableau 3. Origines des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. étudiés

Espèces	Ecotypes	Code	Origine
<i>Vicia narbonensis</i> L.	1	N-2380	Liban
	2	N-2383	Liban
	3	N-2390	Liban
	4	N-2392	Liban
	5	N-2393	Syrie
	6	N-2461	Turquie
	7	N-2464	Turquie
	8	N-2466	Turquie
	9	N-2468	Liban
	10	N-2561	Syrie
<i>Vicia sativa</i> L.	11	S-174	Algérie (Sétif)
	12	S-BBA	Algérie (BBA)

4. Présentation de l'essai

Le semis a été réalisé à partir du même lot de semences, le 04 janvier 2018 pour la première année, le 22 décembre 2019 pour la deuxième année et le 23 décembre 2020 pour la troisième année.

L'ensemble des écotypes, a été semé manuellement et séparément dans un dispositif en blocs complètement randomisés avec 3 répétitions dans une parcelle ayant comme précédent cultural une céréale (blé dur). Chaque parcelle élémentaire comportait 4 rangs de 4 m de long, espacés de 30 cm. 336 graines/parcelle (à raison de 70 graines/m²) de vesce ont été semées dans chacune de ces parcelles.

Différents travaux culturaux ont été procédés sur cet essai. Un labour profond (25 cm) a été effectué à l'aide d'une charrue à disques juste après les premières pluies d'automne (septembre et octobre) suivi de deux passages croisés de covercrop visaient à réduire l'infestation des mauvaises herbes et à obtenir un bon lit de semences.

Durant les trois campagnes d'essais, les parcelles ont été désherbées manuellement tout au long de la saison de croissance au fur et à mesure des besoins et les engrais n'ont pas été utilisés.

La récolte a été effectuée manuellement ; du 30 mai au 19 juin pour la première année ; du 11 juin au 02 juillet pour la deuxième année et du 17 au 28 juin pour la troisième année.

5. Caractères étudiés

5.1. Stades phénologiques

Les stades phénologiques observés sont :

La date de début de floraison, évaluée par le nombre de jours de la date de levée à la sortie de la première inflorescence (Berrekia, 1985) ;

La date de 50% de floraison, évaluée par le nombre de jours de la date de levée à l'apparition de 50% de fleurs ;

La date de la pleine floraison, évaluée par le nombre de jours de la date de levée à l'apparition du maximum de fleurs.

5.2. Caractère morphologique

La hauteur des plantes (HP), mesurée en centimètres de la base à l'extrémité de la tige principale au moment de la pleine floraison.

5.3. Paramètres agronomiques

Les productions mesurées sont :

Le rendement en matière sèche (RMS) ; est effectué lorsque 100% de floraison est observée. Les fourrages frais sont prélevés sur chaque parcelle et pesés dès que possible sans perdre de poids. Le rendement en matière sèche est calculé après séchage d'un échantillon frais de 200g de fourrage dans une étuve à 80° C pendant 48 heures ;

Le rendement en grains (RGA) ; est déterminé pour chaque écotype et par parcelle élémentaire ;

D'autres paramètres agronomiques sont évalués à savoir :

L'indice de récolte (IR) ; est calculé en divisant le rendement en grains par le rendement biologique et ;

Le poids de cent grains (PCG) ; est effectué manuellement en comptant 100 grains puis les pesés avec une balance électronique.

5.4. Composantes de rendement

Lors de la récolte, trois plantes choisies au hasard dans chaque parcelle sont déterrées et séparées afin de déterminer les composantes du rendement en grains : le nombre de gousses par plant (NG/P) ; la longueur de la gousse (Long-G) et le nombre de grains par gousse (NG/G).

6. Traitement statistique

Les données recueillies sont traitées à l'aide du logiciel XLSTAT (2014), selon une analyse de variance basée sur la comparaison des moyennes de Fisher (LSD) au seuil de 5%. Les relations entre les différentes paires de variables mesurées sont décrites et analysées par le calcul des corrélations phénotypiques, basées sur les moyennes génotypiques.

CHAPITRE 2 :

**Valeur nutritive des graines de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.
pour les ruminants**

1. Objectif

L'objectif du présent travail est de déterminer la composition chimique ainsi que la digestibilité *in vitro* de la matière organique des graines de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. ; et de prévoir la valeur nutritive de ces graines destinées à l'alimentation des ruminants.

2. Détermination de la composition chimique

Après la récolte, des échantillons de grains de chaque écotype de vesce (*Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.) produits durant la saison de croissance 2019-2020 ont été prélevés pour former des lots. Ces derniers ont été séchés pour déterminer la matière sèche puis finement moulu au moulin équipé d'un tamis de 1 mm de maille afin d'homogénéiser les échantillons. Les échantillons ont été conservés dans des boîtes hermétiques jusqu'à l'analyse au laboratoire.

Pour la détermination de la composition chimique des grains de vesce, les procédures de l'AOAC ainsi que l'AFNOR ont été suivies. Les analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire de zootechnie/ des analyses fourragères du département de production animale à l'université El Hadj Lakhdar- Batna 1. Toutes les analyses chimiques ont été effectuées en triple.

2.1. Teneur en matière sèche (MS)

La détermination de la teneur en matière sèche est la première étape du traitement des échantillons destinés à une analyse chimique. La plupart des analyses nutritionnelles des aliments pour animaux sont basées sur des valeurs de matière sèche (AOAC, 1990).

Procédure

- Sécher un creuset en porcelaine vide pendant une nuit à 105 °C
- Refroidir dans un dessiccateur à température ambiante
- Peser le creuset séché (Pt)
- Ajouter environ 3 g d'échantillon broyé (Ps)
- Sécher pendant 24h à 60 °C
- Refroidir dans des dessiccateurs jusqu'à température ambiante
- Peser le creuset + l'échantillon sec = (P0)

Calcul

$$\% \text{ MS} = [(P0 - Pt) / Ps] \times 100$$

2.2. Teneurs en cendres totales (CT) et en matière organique (MO)

La teneur en cendres totales est obtenue par gravimétrie après incinération complète d'un échantillon dans un four à moufle à 550 °C pendant 6 heures. Des cendres blanches ou grises doivent être produites après l'incinération. La détermination de la teneur en cendres totale permet de calculer la teneur en matière organique du grain par différence (AOAC, 1990).

Procédure

- Sécher un creuset en porcelaine vide pendant une nuit à 105 °C et le refroidir dans un dessiccateur à température ambiante
- Peser le creuset séché (Pt)
- Calciner un échantillon de matière sèche de 3 g (Ps) pendant 6h à 550 °C dans un four à moufle
- Refroidir dans un dessiccateur jusqu'à température ambiante
- Peser le creuset calciné + l'échantillon (Pa)

Calcul

$$\% \text{ CT} = [(Pa - Pt) / (P0 - Pt)] \times 100$$

$$\% \text{ MO} = 100 - \% \text{ CT}$$

2.3. Teneur en protéines brutes (PB)

La détermination de la teneur en protéines brutes d'un échantillon est réalisée suivant la méthode Kjeldahl (1983). Cette méthode peut être essentiellement divisée en trois étapes : 1) minéralisation, 2) distillation et 3) titration. L'azote organique est converti en sulfate d'ammonium par l'acide sulfurique H₂SO₄ en présence d'un catalyseur. L'ammoniac est libéré du sulfate d'ammonium par l'hydroxyde de sodium (NaOH ; 40%). L'ammoniac est distillé dans l'acide borique (H₃BO₃) et titré avec l'acide chlorhydrique (HCl ; 0.1 N).

Procédure

- Peser 1 g d'échantillon broyé dans un tube Kjeldahl de 250 ml propre et séché
- Introduire dans le tube une tablette de catalyseur
- Ajouter lentement 20 ml de H₂SO₄ concentré
- Insérer les tubes dans le support de minéralisation, placer le support dans le bloc de minéralisation préchauffé à 420 °C

- Après 45 à 60 min de minéralisation (la minéralisation est terminée lorsque le produit devient verdâtre), retirer doucement le chapeau et attendre 10 min, puis retirer le support avec les tubes du bloc de minéralisation et laisser refroidir pendant 15 min
- La distillation et la titration sont faites à l'aide des appareils automatiques ; behr S5 et TitroLine® 5000 respectivement
- Lorsque le titrage automatique est achevé, le résultat s'affiche (la quantité d'azote en %)

2.4. Teneur en matières grasses (MG)

La teneur en matières grasses est déterminée à l'aide d'un appareil Soxhlet. Le principe de méthode (AOAC, 1990) est d'extraire les graisses avec un solvant organique (éther diéthylique). La matière grasse ainsi dosée se nomme extrait étheré (EE). L'appareil Soxhlet est composé de 3 parties, respectivement de bas en haut, un ballon à col rodé, un extracteur recevant une cartouche d'extraction et un réfrigérant à reflux.

Procédure

- Peser 5 g de l'échantillon broyé (Ps) dans une cartouche d'extraction et la déposer dans l'extracteur
- Introduire environ 160 ml d'éther diéthylique dans le ballon à col rodé préalablement taré (Pt) et assembler les 3 parties de l'appareil
- Faire circuler l'eau dans le réfrigérant à reflux et porter l'éther diéthylique à l'ébullition pendant 8 heures
- Stopper l'ébullition lorsqu'un maximum d'éther se trouve dans l'extracteur et enlever la cartouche d'extraction de l'extracteur
- Eliminer l'éther de l'extracteur et remonter l'appareil (sans la cartouche d'extraction)
- Recueillir un maximum d'éther dans l'extracteur tout en évitant les crépitements et les projections d'éther dans le ballon.
- Terminer l'élimination de l'éther à l'étuve à 105 °C pendant une nuit (laisser la porte ouverte de l'étuve durant la première ¼ h de l'opération)
- Peser le ballon (Pt + EE) après refroidissement

Calcul

$$\% \text{ EE} = [(Pt + EE) - Pt] \times 100 / (Ps \times MS/100)$$

2.5. Dosage de la cellulose brute (CB)

Le dosage de la cellulose brute est effectué par la méthode dite de Weende (AOAC, 1990). La cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives ; la première en milieu acide (H_2SO_4 ; 0.26 N) et la deuxième en milieu alcalin (KOH ; 0.23 N). L'analyse est réalisée avec un appareil semi-automatique Fibertec Tecator (Fibertec System M6, 1020 Hot Extraction Unit) à l'aide des creusets filtrants porosité 2.

Procédure

- Peser un creuset filtrant P2 préalablement calciné à 550 °C et refroidi dans un dessiccateur (Pt)
- Peser 1 g d'échantillon broyé (Ps) dans le creuset
- Préchauffer les réactifs et l'eau sur la plaque chauffante
- Placer les 6 creusets sur l'appareil
- Verser 150 ml par échantillon du premier réactif acide préchauffé : la solution H_2SO_4
- Ajouter 2-3 gouttes d'anti-mousse dans chaque colonne
- Fermer le couvercle de l'appareil et démarrer le chauffage
- Maintenir l'ébullition pendant 30 min
- Couper le chauffage et filtrer rapidement sous vide en branchant la trompe à eau et en positionnant les manettes sur VACCUM
- Rincer rapidement chaque creuset avec l'équivalent de trois pistolets d'eau distillée très chaude, puis rincer une dernière fois avec peu de la solution basique KOH
- Réaliser la deuxième attaque alcaline en versant 150 ml de la solution préchauffée de KOH pendant 30 min et répéter les opérations de rinçage
- Rincer une dernière fois avec peu d'acétone
- Après filtrations et rinçages, placer les manettes sur la position CLOSED et relever le levier principal
- Sécher les creusets à 105 °C pendant une nuit et les peser après refroidissement au dessiccateur (P0)
- Calciner les creusets à 550 °C pendant 4-6 heures et peser après refroidissement (Pa)

Calcul

$$\% \text{ CB} = (\text{P0} - \text{Pa}) \times 100 / (\text{Ps} \times \text{MS}/100)$$

3. Digestibilité *in vitro* de la matière organique (dMO)

La digestibilité enzymatique pepsine- cellulase (dite Méthode Aufrère, 1982) permet de prévoir la digestibilité de la matière organique d'un aliment pour les ruminants. Des enzymes cellulolytiques sont utilisées dans cette méthode tout en simulant la digestion des aliments dans le rumen. Le principe est de soumettre l'échantillon à une attaque à la pepsine suivie d'une attaque à la cellulase et à mesurer par gravimétrie le résidu MO non digéré.

Procédure

- Peser 0.5 g d'échantillon (Ps) dans un sachet poreux (porosité 2)
- Placer le sachet poreux dans un erlenmeyer
- Ajouter 40 ml de la solution pepsine- HCl 0.1 préchauffée à 40 °C
- Couvrir l'erlenmeyer de parafilm et le placer au bain-marie à 40 °C pendant 24h
- S'assurer que le niveau d'eau atteint au moins celui du réactif dans l'erlenmeyer (l'agitation est assurée mécaniquement)
- Au bout de 24h, rincer le résidu avec l'eau distillée chaude ainsi que le fond d'erlenmeyer
- Ajouter 40 ml de la solution cellulase préalablement chauffée à 40 °C
- Couvrir l'erlenmeyer de parafilm et le placer au bain-marie à 40 °C pendant 24h
- Au bout de 24h, rincer le résidu avec l'eau distillée chaude ainsi que le fond d'erlenmeyer
- Mettre le sachet dans un creuset en porcelaine et sécher à 105 °C pendant 24h
- Peser le creuset après refroidissement dans un dessiccateur (P0)
- Calciner le creuset à 550 °C pendant 5h et le peser après refroidissement dans un dessiccateur (Pa)

Calcul

$$E(MO) = (Ps \times \% MO) / 100$$

$$\% D_{cellMO} = [E(MO) - [(P0) - (Pa)] / E(MO)] \times 100 \text{ (Aufrère } et al., 2005)$$

$$\% dMO = 0.699 \times D_{cellMO} + 22.6 \text{ (Baumont } et al., 2007)$$

E(MO) : Prise d'essai

D_{cellMO} : Digestibilité cellulasique de la MO

4. Calcul de la valeur nutritive à partir de la composition chimique, la digestibilité *in vitro* de la MO et des équations de prédiction

La valeur nutritive des graines peut être estimée à partir de l'analyse de la composition chimique et de la digestibilité de la matière organique (dMO) ; paramètre clé de la prévision de la valeur nutritive ; en utilisant des équations de prévision (INRA, 1978 ; INRA, 1988 ; Tran et Sauvante, 2002 ; Sauvante *et al.*, 2004).

4.1. Valeur énergétique

La valeur énergétique est exprimée en unité fourragère lait (UFL) et en unité fourragère viande (UFV). La démarche consiste essentiellement à l'estimation de la dMO, puis au calcul des UFL et UFV de façon séquentielle à partir des estimations de l'énergie brute, de l'énergie digestible, de l'énergie métabolisable et enfin de l'énergie nette (INRA, 1978 ; INRA, 1988 ; Tran et Sauvante, 2002 ; Sauvante *et al.*, 2004).

4.1.1. Calcul de l'énergie brute (EB)

La teneur en énergie brute peut être mesurée en laboratoire par bombe calorimétrique ou estimée à partir de la composition chimique des aliments. Pour la prédiction de la teneur en EB des aliments en fonction de leur composition chimique ; différents modèles sont disponibles. Le modèle suivant est proposé par les tables INRA-AFZ (Sauvante *et al.*, 2004 ; Baumont *et al.*, 2007), et intègre un facteur correctif selon la famille des aliments :

$$EB = 4134 + 1.473 \text{ MAT} + 5.239 \text{ MG} + 0.925 \text{ CB} - 4.44 \text{ CT} + \Delta$$

4.1.2. Calcul de la digestibilité de l'énergie (dE)

Le rendement de la transformation de l'énergie brute en énergie digestible, appelé digestibilité de l'énergie brute (dE). La dE est calculée à partir de la dMO et de la composition chimique des aliments (Sauvante *et al.*, 2004) :

$$dE = dMO - 2.90 + 0.0051 \text{ MAT}$$

4.1.3. Transformation de l'énergie digestible en énergie métabolisable

La transformation de l'énergie digestible en énergie métabolisable prend en compte l'importance des pertes d'énergie d'origines gazeuses et urinaires. Ainsi, le rapport EM/ED de cette étape peut être estimé par le modèle suivant (Vermorel, 1978) :

$$\begin{aligned}k_{mo} &= (1000 - CT) / 1000 \\CBo \text{ (g/kg MO)} &= CB \text{ (g/kg MS)} / k_{mo} \\MATo \text{ (g/kg MO)} &= MAT \text{ (g/kg MS)} / k_{mo} \\EM/ED &= (84.17 - 0.0099 CBo - 0.0196 MATo + 2.21 NA) / 100\end{aligned}$$

4.1.4. Transformation de l'énergie métabolisable en énergie nette

La transformation de l'énergie métabolisable en énergie nette dépend principalement de la fonction physiologique assurée par l'animal ruminant (k_l pour le lait ou k_{mf} pour la viande) et du niveau de concentration énergétique de l'aliment (q) (Vermorel, 1978) :

$$q = EM / EB$$

Pour l'entretien et la lactation :

$$k_l = 0.24 q + 0.4632$$

Pour l'entretien et la production de viande :

$$\begin{aligned}k_{mf} &= (1.5 k_m k_f) / (k_f + 0.5 k_m) \\ \text{Avec: } k_m &= 0.287q + 0.554 \text{ et } k_f = 0.78q + 0.006\end{aligned}$$

4.1.5. Calcul de la valeur énergétique exprimée en UFL et UFV

Calcul de l'énergie nette de lactation (ENL) (Vermorel, 1988) :

$$ENL = EB \times dE \times EM/ED \times k_l$$

Calcul de l'énergie nette d'entretien et de production (ENEV) (Vermorel, 1988) :

$$ENEV = EB \times ED/EB \times EM/ED \times k_{mf}$$

Les unités fourragères UFL et UFV peuvent être calculées à partir de ces différents déterminants estimés précédemment (Vermorel, 1988) :

$$\begin{aligned}UFL / \text{kg de MS} &= ENL / 1700 \\ UFV / \text{kg de MS} &= ENEV / 1820\end{aligned}$$

4.2. Valeur azotée

Deux valeurs azotées peuvent être attribuées à un aliment ; PDIE et PDIN qui peuvent être estimées à partir des protéines d'origine alimentaire (PDIA) et microbienne permises soit par l'énergie (PDIM_E) soit par l'azote (PDIM_N) (INRA, 1978 ; INRA, 1988 ; Tran et Sauvant, 2002 ; Sauvant *et al.*, 2004 ; INRA, 2007).

4.2.1. Calcul de la matière organique fermentescible (MOF)

La teneur en MOF est calculée selon la formule suivante (Sauvant *et al.*, 2004) :

$$\text{MOF (g/kg MS)} = \text{MOD} - \text{MG} - \text{MAT} \times (1 - \text{DT})$$

4.2.2. Calcul des PDIA, PDIM_N et PDIM_E

Les équations de calcul proposées en 1988 (Vérité *et al.*, 1987 ; INRA, 1988) et conservées dans les tables plus récentes INRA-AFZ (Tran et Sauvant, 2002 ; Sauvant *et al.*, 2004 ; INRA, 2007) sont les suivantes :

$$\text{PDIA (g/kg MS)} = 1.11 \times \text{MAT} (1 - \text{DT}) \times \text{dr}$$

$$\text{PDIM}_E \text{ (g/kg MS)} = 0.093 \times \text{MOF}$$

$$\text{PDIM}_N \text{ (g/kg MS)} = 0.64 \times \text{MAT} (\text{DT} - 0.10)$$

4.2.3. Calcul des deux valeurs azotées

Les valeurs PDIE et PDIN sont calculées comme suit (Tran et Sauvant, 2002 ; Sauvant *et al.*, 2004 ; INRA, 2007) :

$$\text{PDIE (g/kg MS)} = \text{PDIM}_E + \text{PDIA}$$

$$\text{PDIN (g/kg MS)} = \text{PDIM}_N + \text{PDIA}$$

5. Traitement statistique

Les données recueillies sont traitées à l'aide du logiciel SPSS 20 ; selon une analyse de variance à un facteur pour tester les différences entre les douze écotypes étudiés. La comparaison des moyennes est soumise au test des groupes homogènes de Tukey au seuil de 5%.

CHAPITRE III :
Approche économique

1. Objectif

L'objectif principal est d'étudier la possibilité de valoriser la vesce de narbonne (*Vicia narbonensis* L.) en grains pour la substitution du tourteau de soja dans le concentré destiné à l'alimentation animale, ainsi que d'établir l'adéquation économique de cette valorisation.

2. Estimation des coûts de production d'un hectare de semences de vesce dans la région semi-aride de Sétif

L'estimation des coûts de production d'un hectare de semences de vesce, pour les principaux postes de dépenses de l'itinéraire technique : labour, semences, semis, avec ou sans irrigation, fertilisation, désherbage, main d'œuvre, moissonneuse batteuse. Les coûts des différentes opérations culturales appliquées à notre culture sont estimés en se basant sur les données fournies par un prestataire de services agricoles (Tableau 4).

Tableau 4. Charges de production d'un hectare de semences de vesce

Charges	Coût (DA/ ha)
Labour	9000
Semences	30000
Semis	2000
Main d'œuvre	4500
Moissonneuse batteuse	5000

3. Estimation du taux de substitution du tourteau de soja par les grains de *Vicia narbonensis*

L. dans une formule de concentré

3.1. Taux de substitution nutritif

- Choix du meilleur écotype parmi les écotypes de *Vicia narbonensis* L. ayant la valeur PDIN/ ha la plus élevée.

- Calcul du taux de substitution du tourteau de soja par l'écotype sélectionné :

$$1 \text{ kg de tourteau de soja} = \text{Quantité en kg de vesce en grains}$$

- Calcul de la substitution du tourteau de soja par l'écotype sélectionné dans le cas du concentré vache laitière fournie par la Laiterie COOPSEL (Anfel) dont la quantité du tourteau de soja est connue.

3.2. Impact de la substitution sur le plan économique

- Calcul du coût de production d'un kilogramme de vesce en grains à partir des dépenses des opérations culturales.
- Calcul du coût de la part du tourteau de soja incorporé dans le concentré vache laitière de la Laiterie COOPSEL (Anfel). Le prix unitaire d'achat du tourteau de soja (DA/q) est obtenu auprès d'un prestataire de services agricoles (Communication personnelle).
- Calcul du coût de vesce en grains nécessaire pour remplacer la quantité du tourteau de soja dans la formule de concentré.
- Finalement, calcul du gain potentiel généré par la substitution du tourteau de soja par la vesce en grains.

4. Traitement statistique

Les données recueillies sont traitées à l'aide du logiciel SPSS 20 ; selon une analyse de variance à un facteur pour tester les différences entre les dix écotypes étudiés de *Vicia narbonensis* L.. La comparaison des moyennes est soumise au test des groupes homogènes de Tukey au seuil de 5%.

PARTIE 3 :

Résultats et Discussion

CHAPITRE I :

**Etude de la diversité des caractères
phénologiques, morphologiques et
agronomiques de *Vicia narbonensis*
L. et *Vicia sativa* L. dans la région
semi-aride de Sétif**

Pour chaque espèce (*Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.), l'analyse de variance indique des effets de l'écotype, de l'année et de l'interaction écotype × année significatifs ($p < 0,05$), mettant en évidence la grande diversité dans l'évolution phénologique et les productions pour les différents paramètres mesurés (Tableau 5).

Tableau 5. Variance des paramètres mesurés des 12 écotypes de vesce au cours des trois années d'expérimentation (2017-2020)

Source de variation	Stades phénologiques (Jours)				Productions (q/ha)				Composantes de rendement			
	ddl	DF	50%F	100%F	HP (cm)	RMS (q/ha)	RGA (q/ha)	PCG (g)	IR (%)	Long-G (cm)	NG/P	NG/G
<i>Vicia Narbonensis L.</i>												
Total	89	787.2	804.2	830.5	377.2	182.6	302.2	12.8	632.9	9.5	26.9	6.7
Ecotype	9	71.39*	21.12*	15.60*	12.55*	15.74*	19.2*	8.29*	28.98*	0.33*	1.79*	0.46*
Année	2	10463.7*	11232.9*	11664.7*	4946.5*	2178.1*	3545.9*	28.4*	8048.1*	127.5*	315.7*	88.43*
Ecotype* Année	18	46.59*	10.12*	15.03*	16.33*	14.57*	20.57*	3.34*	34.76*	0.28*	2.75*	0.28*
Moyenne Générale		52.50	61.90	68.13	34.66	13.55	12.71	23.00	30.72	4.85	5.43	3.41
Ecart-type		16.17	16.37	16.58	11.43	8.12	10.58	2.52	14.11	1.79	3.13	1.52
CV (%)		30.80	26.44	24.33	33.00	60.00	83.24	10.95	45.93	36.90	57.644	44.60
<i>Vicia sativa L.</i>												
Total	17	1482.7	1491.1	1482.7	1006.8	327.8	431.5	0.26	263.6	9.4	153.7	8.2
Ecotype	1	2.00*	0.50*	2.00*	1.10*	87.38*	0.21*	0.10*	0.68*	0.19*	55.72*	0.02*
Année	2	3678.5*	3708.5*	3678.5*	2474.1*	741.54*	1040.0*	0.01*	469.3*	22.51*	343.2*	19.59*
Ecotype* Année	2	3.50*	3.50*	3.50*	1.67*	11.35*	0.82*	0.04*	19.64*	0.45*	6.09*	0.02*
Moyenne Générale		57.17	67.67	73.83	37.97	16.04	12.49	6.86	25.12	4.98	11.57	4.62
Ecart-type		20.97	20.98	21	17.4	10.01	11.54	0.41	10.27	1.68	6.81	1.59
CV (%)		36.68	31.00	28.44	45.82	62.40	92.39	5.98	40.88	33.73	58.86	34.41

* : significatif à 5% ; **ddl** : degré de liberté, **DF** : Début floraison ; **50%F** : 50% floraison ; **100%F** : Pleine floraison ; **HP** : Hauteur des plantes ; **RMS** : Rendement en matière sèche ; **RGA** : Rendement en grains ; **PCG** : Poids de cent grains ; **IR** : Indice de récolte ; **Long-G** : Longueur de gousse ; **NG/P** : Nombre de gousses/plant ; **NG/G** : Nombre de grains/gousse ; **CV** : Coefficient de variation. Le seuil de signification est 5%

1. Stades phénologiques

Des différences statistiquement significatives ($P < 0,05$) sont trouvées entre les saisons de croissance (années) en termes de jours pour atteindre le début floraison ; la 50% floraison et la 100 % floraison entre les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. (Tableau 5). Ceci indique que les caractéristiques des écotypes des deux espèces testées dans la région semi-aride de Sétif sont fortement affectées par les variations interannuelles.

Les jours pour atteindre les trois stades phénologiques au cours de la saison de croissance 2017-2018 sont significativement moins nombreux que les deux autres saisons. La raison en est probablement que la quantité de précipitations pendant les mois d'hiver et en mars était plus élevée que pendant les saisons de croissance 2019-2020 ou 2018-2019 (Tableau 2). En raison des conditions climatiques favorables pendant les mois d'hiver de la saison de croissance 2017-2018, les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. ont maintenu leur croissance pendant les mois d'hiver, et elles ont terminé leurs périodes de végétation et atteint leurs périodes de floraison plus tôt dans la saison de croissance.

Les écotypes et l'interaction écotype \times année sont significatives ($p < 0,05$) ; indiquant que les écotypes ne sont pas stables pour les paramètres mesurés d'une année à l'autre. La comparaison des moyennes selon le test de Fisher LSD à 5% révèle que chez les deux espèces, le temps nécessaire pour atteindre le début floraison ; 50 % floraison et 100 % floraison varie selon les écotypes et les années. *Vicia narbonensis* L. est très précoce, avec 31 à 77 jours ; 39 à 80 jours et 44 à 86 jours ; respectivement. *Vicia sativa* L. est la plus tardive avec 32 à 82 jours ; 39 à 87 jours et 45 à 92 jours ; respectivement (Tableau 6).

D'après la moyenne des trois années, pour *Vicia narbonensis* L., la période la plus précoce au début floraison est enregistrée par l'écotype N-2380 tandis que la dernière est enregistrée par l'écotype N-2390. L'écotype N-2380 est aussi le plus précoce à atteindre la 50% floraison ; alors que le dernier est l'écotype N-2392. Ce dernier a la période la plus longue pour atteindre la 100% floraison ; par contre l'écotype N-2466 a la période la plus courte. Les deux écotypes de *Vicia sativa* L. sont tardives pour les mêmes stades phénologiques par rapport aux écotypes de *Vicia narbonensis* L. (Tableau 6).

Tableau 6. Stades phénologiques observés chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

Ecotype	Début Floraison% (Jours)				50%Floraison (Jours)				100%Floraison (Jours)			
	2017-18	2018-19	2019-20	Moyennes	2017-18	2018-19	2019-20	Moyenne	2017-18	2018-19	2019-20	Moyenne
<i>Vicia narbonensis</i> L.												
N-2380	33.00 ^B	57.00 ^I	50.00 ^I	46.67	40.00 ^A	70.00 ^J	68.00 ^H	59.33	46.00 ^A	78.00 ^I	78.00 ^D	67.33
N-2383	33.00 ^B	72.00 ^E	57.00 ^C	54.00	40.00 ^A	76.00 ^G	69.00 ^G	61.67	46.00 ^A	81.00 ^f	79.00 ^C	68.67
N-2390	33.00 ^B	77.00 ^B	58.00 ^B	56.00	40.00 ^A	80.00 ^C	71.00 ^E	63.67	46.00 ^A	85.00 ^c	76.00 ^F	69.00
N-2392	33.00 ^B	69.00 ^G	65.00 ^A	55.67	40.00 ^A	79.00 ^D	75.00 ^C	64.67	46.00 ^A	83.00 ^E	83.00 ^B	70.67
N-2393	32.00 ^C	72.00 ^E	55.00 ^E	53.00	40.00 ^A	78.00 ^E	69.00 ^G	62.33	45.00 ^B	84.00 ^D	74.00 ^G	67.67
N-2461	31.00 ^D	73.00 ^D	58.00 ^B	54.00	39.00 ^B	75.00 ^H	71.00 ^E	61.67	44.00 ^C	80.00 ^G	77.00 ^E	67.00
N-2464	33.00 ^B	64.00 ^H	52.00 ^G	49.67	40.00 ^A	74.00 ^I	67.00 ^I	60.33	46.00 ^A	81.00 ^F	74.00 ^G	67.00
N-2466	32.00 ^C	71.00 ^F	54.00 ^F	52.33	39.00 ^B	75.00 ^H	69.00 ^G	61.00	45.00 ^B	79.00 ^H	76.00 ^F	66.67
N-2468	33.00 ^B	74.00 ^C	51.00 ^H	52.67	40.00 ^A	77.00 ^F	70.00 ^F	62.33	46.00 ^A	86.00 ^B	77.00 ^E	69.67
N-2561	34.00 ^A	69.00 ^G	50.00 ^I	51.00	40.00 ^A	74.00 ^I	72.00 ^D	62.00	45.00 ^B	79.00 ^H	79.00 ^C	67.67
Moyenne	32.70	69.80	55.00	52.50	39.80	75.80	70.10	61.90	45.50	81.60	77.30	68.13
<i>Vicia sativa</i> L.												
S-174	32.00 ^C	82.00 ^A	56.00 ^D	56.67	39.00 ^B	85.00 ^B	78.00 ^A	67.33	45.00 ^B	92.00 ^A	85.00 ^A	74.00
S-BBA	33.00 ^B	82.00 ^A	58.00 ^B	57.67	40.00 ^A	87.00 ^A	77.00 ^B	68.00	46.00 ^A	92.00 ^A	83.00 ^B	73.67
Moyenne	32.50	82.00	57.00	57.17	39.50	86.00	77.50	67.67	45.50	92.00	84.00	73.83

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J : Les groupes de moyennes selon le test de Fisher (LSD) au niveau de 5%

Chez les espèces de légumineuses fourragères annuelles, les écotypes à floraison précoce sont d'une grande importance, car ils donnent non seulement plus de temps pour remplir leurs gousses avant le début du temps chaud et sec, mais permettent également suffisamment de temps pour les cultures qui suivent (Sayar et Han, 2014). Getnet *et al.* (2003) ont signalé que des espèces telles que *Vicia narbonensis* et *Vicia sativa* ont une maturité relativement précoce que les autres vesces.

Mebarkia *et al.* (2010) trouvent qu’une moyenne de 64.0 à 79.0 et de 76.0 à 92.0 jours est nécessaire pour atteindre le début de floraison et la pleine floraison chez *Vicia narbonensis* L. ; respectivement. Yılmaz (2008) signale que 114 à 126 jours sont nécessaires pour atteindre la 50% de floraison chez *Vicia narbonensis* L.. La cause des différences entre les études précédentes et nos résultats des jours pour atteindre le début de floraison, la 50% de floraison et la 100% floraison peuvent être les différences entre les environnements écologiques dans lesquels les expérimentations ont été menées ainsi que l’utilisation de différents écotypes.

La variation de la phénologie des espèces de vesce et de leurs accessions a un effet important sur la productivité du fourrage et du rendement en grains (Gezahagn *et al.*, 2013). Selon

Richards (1991), la phénologie des cultures est le facteur le plus important influençant le rendement et l'adaptation, en particulier là où les facteurs de croissance sont limités.

La région semi-aride de Sétif se caractérise par deux phénomènes majeurs ; la gelée printanière et la sécheresse en fin de cycle. Il est souhaitable que les écotypes précoces soient les meilleurs à condition que les gelées printanières ne coïncident pas avec la floraison.

2. Caractère morphologique: Hauteur des plantes

L'ANOVA indique des différences significatives entre les écotypes, les années et leur interaction pour la hauteur des plantes (Tableau 5). La significativité de l'interaction écotype × année indique que le classement des écotypes de vesce en termes de hauteur de la plante ; est significativement affecté par le changement d'année.

Dans notre étude, le classement des moyennes selon le test de Fisher LSD à 5% montre que *Vicia sativa* L. présente les valeurs moyennes les plus élevées ; 37.72 et 38.22 cm par rapport à *Vicia narbonensis* L. ; 33.24 à 36.48 cm. La plus grande hauteur des plantes est enregistrée pendant la saison de croissance 2019-2020 ; 44.66 cm chez *Vicia narbonensis* L. et 58.28 cm pour *Vicia sativa* L. ; et la plus petite pendant la saison de croissance 2018-2019 (20.18 cm et 17.67) ; respectivement (Tableau 7 ; Figure 9).

Chez *Vicia narbonensis* L., la hauteur de plante la plus élevée est obtenue pour l'écotype N-2393 (48.33 cm), et la plus faible pour l'écotype N-2380 (18.89 cm) ; tandis que pour *Vicia sativa* L. ; l'écotype S-174 a la hauteur la plus élevée durant la saison de croissance 2019-2020 (58.56 cm) et la plus petite au cours de la saison de croissance 2018-2019 (16.89 cm) (Tableau 7 ; Figure 9).

Tableau 7. La hauteur moyenne des plantes chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

Ecotype	Hauteur des plantes (cm)			Moyenne
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	41.72 ^B	18.89 ^H	43.78 ^H	34.80
N-2383	34.89 ^I	21.67 ^A	43.33 ^I	33.30
N-2390	36.56 ^H	20.44 ^D	45.00 ^F	34.00
N-2392	39.28 ^E	19.33 ^G	41.11 ^K	33.24
N-2393	39.11 ^E	19.33 ^G	48.33 ^C	35.59
N-2461	41.39 ^C	19.55 ^F	44.66 ^G	35.20
N-2464	40.56 ^D	21.11 ^B	47.78 ^D	36.48
N-2466	40.67 ^D	20.22 ^E	41.89 ^J	34.26
N-2468	34.17 ^J	20.78 ^C	45.67 ^E	33.54
N-2561	43.11 ^A	20.44 ^D	45.00 ^F	36.18
Moyenne	39.15	20.18	44.66	34.66
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	37.72 ^G	16.89 ^J	58.56 ^A	37.72
S-BBA	38.21 ^F	18.44 ^I	58.00 ^B	38.22
Moyenne	37.97	17.67	58.28	37.97

A, AB, B, C, D, DE, E, F, G, H, I, J, K : Les groupes de moyennes selon le test de Fisher (LSD) au niveau de 5%

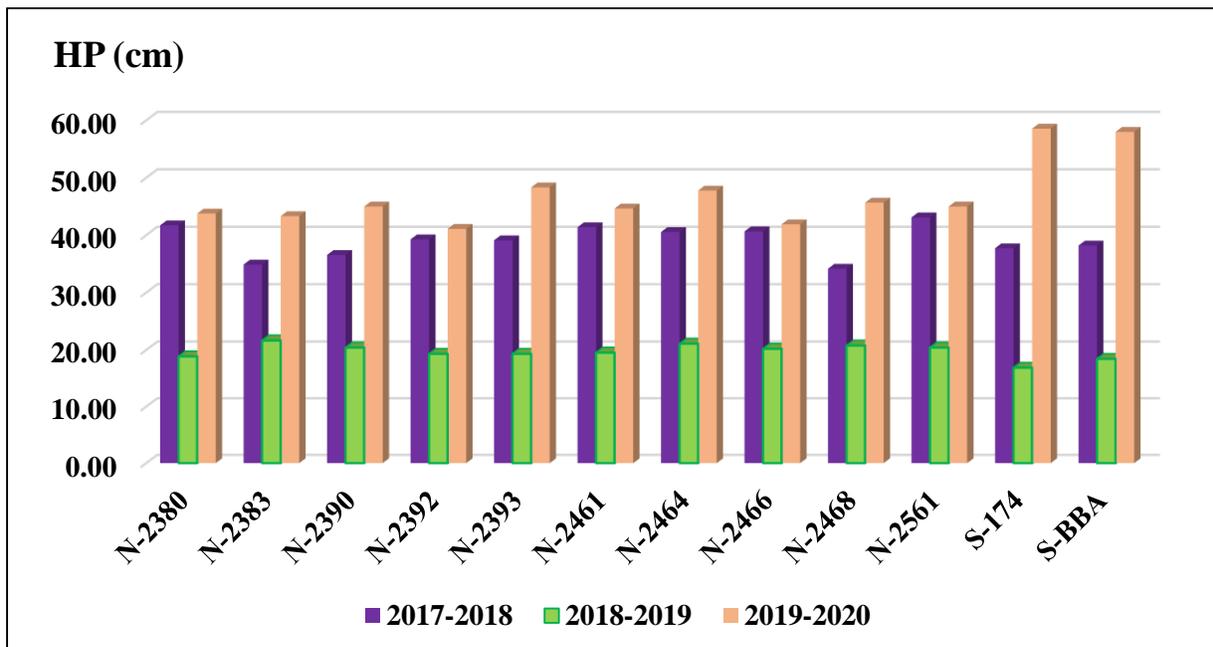


Figure 9. La hauteur des plantes chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

Nos résultats sont inférieurs en comparaison avec les rapports précédents sur la hauteur des plantes de *Vicia sativa* rapportés par Gezahagn *et al.* (2013) (57.7-131.1 cm). Ces mêmes auteurs trouvent que la hauteur des plantes chez *Vicia narbonensis* L. varie de 38.5 à 60.7 cm ; ce qui est cohérent aux résultats de notre étude.

Büyükburç et İptas (2001) rapportent que la hauteur de la plante est une caractéristique génotypique de la vesce de narbonne, cette caractéristique est fortement affectée par les pluies printanières ; c'est-à-dire que dans une année avec une quantité relativement élevée de précipitations printanières, la hauteur des plantes est également relativement plus élevée.

Siddique *et al.* (1999) considèrent que la hauteur des plantes est le caractère le moins stable, néanmoins c'est la variable qui exprime le mieux les différences entre les écotypes étudiés.

3. Paramètres agronomiques

3.1. Productions de matière sèche et de grains

Pour les productions de matière sèche et de grains, l'analyse de variance montre des différences significatives ($P < 0.05$) intra et inter espèces (Tableau 5). Ainsi, la comparaison des moyennes selon le test de Fisher LSD à 5% indique qu'ils existent plusieurs groupes en fonction des années.

Les meilleures productions en matière sèche sont relevées pour l'espèce *Vicia sativa* L. avec des valeurs moyennes de 16.04 q/ha contre 13.55 q/ha pour *Vicia narbonensis* L..

Le rendement en matière sèche montre de grandes différences entre les années ; au cours de la saison de croissance 2017-2018, le rendement en matière sèche le plus élevé est enregistré par *Vicia sativa* L. avec 24.06 q/ha et 22.71 q/ha par *Vicia narbonensis* L.. En revanche, les rendements les plus faibles sont obtenus durant la saison de croissance 2018-2019, avec 3.35 q/ha et 5.87 q/ha, respectivement (Tableau 8 ; Figure 10).

Lorsque l'interaction écotype \times année ($P < 0.05$) pour le rendement en matière sèche est examinée (Tableau 5), les rendements les plus élevés sont obtenus à partir des écotypes ; S-BBA (27.36 q/ha) de *Vicia sativa* L. ; des écotypes N-2464, N-2392 et N-2380 de *Vicia narbonensis* L. avec 27.17 ; 25.97 et 24.10 q/ha ; respectivement ; au cours de la saison de croissance 2017-2018, et des deux écotypes de *Vicia sativa* L. ; l'écotype S-BBA suivi de l'écotype S-174 avec 23.35 et 18.07 q/ha ; respectivement ; au cours de la saison 2019-2020. Tandis que ces deux derniers

écotypes ont les rendements les plus faibles en matière sèche (4.01 et 2.69 q/ha ; respectivement) durant la saison de croissance 2018-2019 (Tableau 8 ; Figure 10).

Tableau 8. Le rendement en matière sèche chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

Écotype	Rendement en matière sèche (q/ha)			
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	Moyenne
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	24.10 ^C	5.46 ^G	10.37 ^G	13.31
N-2383	17.83 ^H	7.54 ^A	12.12 ^F	12.50
N-2390	22.39 ^E	5.88 ^E	11.88 ^F	13.38
N-2392	25.97 ^B	5.19 ^H	14.58 ^D	15.25
N-2393	22.61 ^E	6.21 ^C	9.25 ^I	12.69
N-2461	19.86 ^G	5.81 ^F	14.59 ^D	13.42
N-2464	27.17 ^A	5.02 ^I	16.47 ^C	16.22
N-2466	23.29 ^D	5.14 ^H	10.03 ^H	12.82
N-2468	20.55 ^F	6.31 ^B	8.54 ^J	11.80
N-2561	23.30 ^D	6.09 ^D	12.53 ^E	13.97
Moyenne	22.71	5.87	12.04	13.55
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	20.75 ^F	2.69 ^K	18.07 ^B	13.84
S-BBA	27.36 ^A	4.01 ^J	23.35 ^A	18.24
Moyenne	24.06	3.35	20.71	16.04

A, AB, B, C, D, DE, E, F, G, H, I, J, K : Les groupes de moyennes selon le test de Fisher (LSD) au niveau de 5%

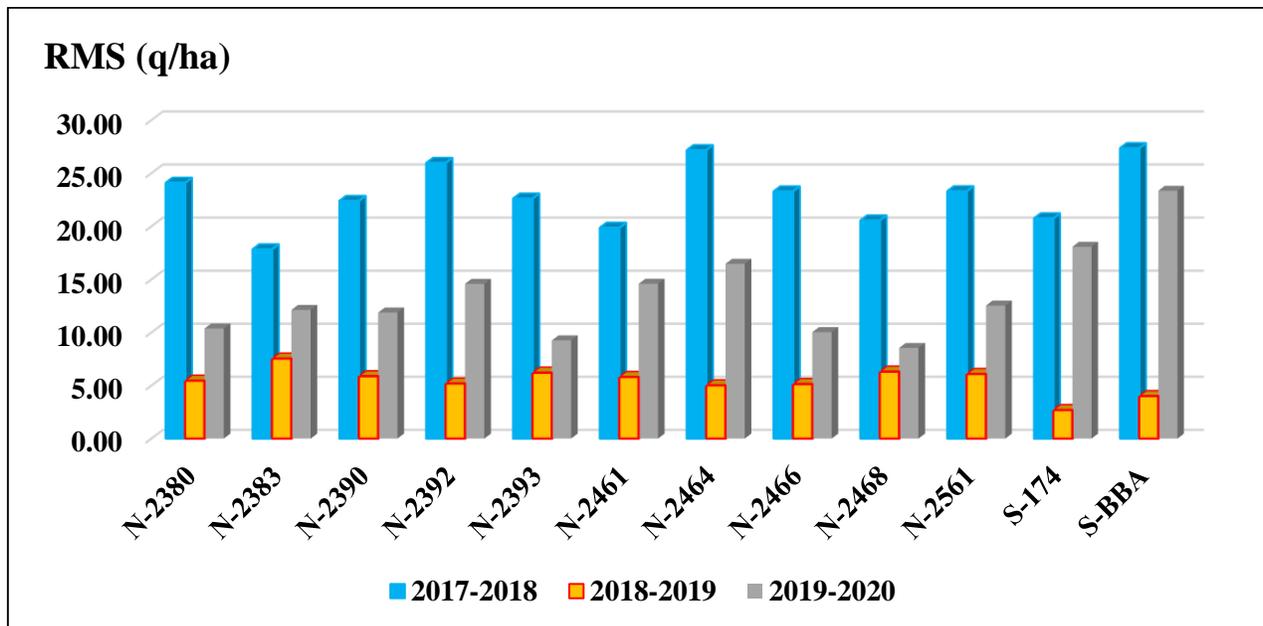


Figure 10. Le rendement en matière sèche chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

Pour le rendement en grains, *Vicia narbonensis* L. s'est montrée plus performante avec 12,71 q/ha, suivie de *Vicia sativa* L. avec 12,49 q/ha. De grandes différences entre les années sont trouvées ; les rendements en grains les plus élevés sont obtenus au cours de la saison de croissance 2017-2018 ; et les plus faibles pendant la saison 2018-2019 (Tableau 9 ; Figure 11).

Lorsque l'interaction écotype \times année pour le rendement en grains est examinée (Tableau 5), les rendements en grains les plus élevés ont été obtenus à partir des écotypes de *Vicia narbonensis* L. ; N-2390, N-2466, et N-2383 ; avec 28,50 ; 28,09 et 27,46 q/ha ; respectivement ; au cours de la saison de croissance 2017-2018. Tandis que les plus faibles sont enregistrés pour les écotypes de *Vicia sativa* L. ; S-BBA et S-174 ; avec 1,72 et 1,34 q/ha ; respectivement ; au cours de la saison de croissance 2018-2019 (Tableau 9 ; Figure 11).

Tableau 9. Le rendement en grains chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

Ecotype	Rendement en grains (q/ha)			Moyenne
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	26.79 ^D	2.73 ^D	10.14 ^F	13.22
N-2383	27.46 ^C	4.47 ^A	8.24 ^H	13.39
N-2390	28.50 ^A	2.98 ^c	10.10 ^F	13.86
N-2392	22.67 ^G	3.03 ^c	12.68 ^C	12.79
N-2393	23.45 ^F	2.10 ^G	10.89 ^E	12.15
N-2461	23.17 ^F	2.50 ^F	13.01 ^B	12.89
N-2464	25.91 ^E	2.53 ^F	13.93 ^A	14.12
N-2466	28.09 ^{AB}	2.65 ^E	11.28 ^D	14.01
N-2468	22.46 ^G	3.38 ^B	8.15 ^H	11.33
N-2561	15.08 ^H	1.94 ^H	11.04 ^{DE}	9.35
Moyenne	24.36	2.83	10.95	12.71
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	25.81 ^E	1.34 ^J	9.65 ^G	12.26
S-BBA	26.76 ^D	1.72 ^I	9.67 ^G	12.72
Moyenne	26.29	1.53	9.66	12.49

A, AB, B, C, D, DE, E, F, G, H, I, J, K : Les groupes de moyennes selon le test de Fisher (LSD) au niveau de 5%

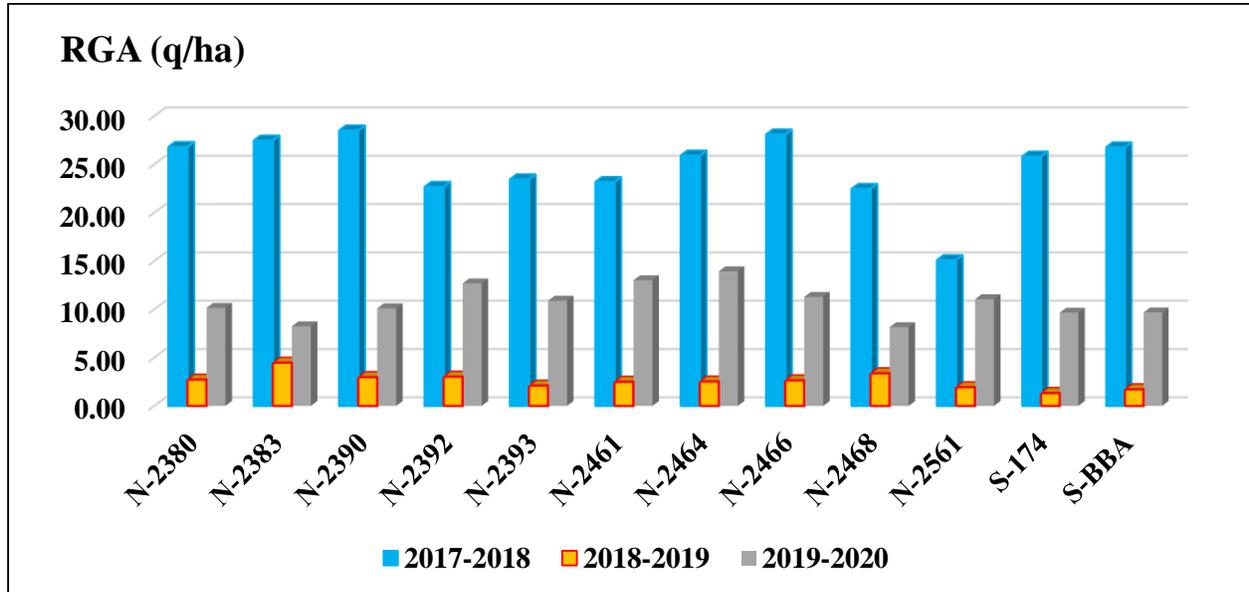


Figure 11. Le rendement en grains chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

Il est important de noter que même si les rendements en grains et en matière sèche de tous les écotypes de vesce sont trouvés élevés pendant la saison de croissance 2017-2018 suivis de la saison 2019-2020, la performance des écotypes était la pire pendant la saison de croissance 2018-2019. Ce résultat indique que les écotypes de vesce montrent une bonne adaptabilité dans les années pluvieuses printanières, tandis que leurs rendements en grains et en matière sèche étaient très faibles au cours de l'année où les pluies printanières étaient plus faibles. Cependant, les écotypes stables qui peuvent fournir des rendements au moins moyens dans des conditions inadaptées sont les plus préférés par les sélectionneurs et les agriculteurs (Sayar et Han, 2014).

De même, de nombreux chercheurs ont rapporté que les rendements des légumineuses fourragères annuelles dépendent fortement des pluies printanières en conditions pluviales (Gramsh, 1982 ; Açıkgoz *et al.*, 1986 ; Karadağ et Büyükburç, 2004 ; Sayar *et al.*, 2011).

Des études précédentes utilisant des génotypes de *Vicia narbonensis* L. dans diverses conditions écologiques indiquent que le rendement en matière sèche varie de 10.04 à 25.00 q/ha (Mebarkia *et al.*, 2010) et de 10.60 à 22.10 q/ha (Gezahagn *et al.*, 2013). Chez *Vicia sativa*, le rendement en matière sèche varie de 36.75 à 50.77 q/ha selon Orak et Nizam (2004).

Concernant le rendement en grains chez *Vicia narbonensis* L., les recherches d'Abd El Moneim *et al.* (1988) et d'Abd El Moneim *et al.* (1990) montrent qu'il varie de 4.70 à 14.00 q/ha pour des précipitations de 195 à 245 mm seulement. De plus, d'après Siddique *et al.* (1996), le rendement en grains de *Vicia narbonensis* L. est équivalent à celui de *Vicia faba* et du pois et le plus important à d'autres espèces de vesce. D'où la possibilité que cette espèce puisse être utilisée comme légumineuse à graines en milieu semi-aride notamment comme pâture pour le bétail. Abd El Moneim *et al.* (1990) rapportent que le rendement en grains de *Vicia sativa* peut varier entre 9.30 et 23.70 q/ha.

La différence entre nos résultats et les résultats des études précédentes peuvent être attribué à des différences entre les écotypes utilisés et les conditions environnementales dans lesquelles les expérimentations ont été menées.

En général, les écotypes de vesces à maturité précoce donnent des rendements en grains ainsi que de matière sèche relativement meilleurs que les écotypes à maturité tardive aux cours des années ; ce qui n'est pas cohérent aux résultats de Mebarkia *et al.* (2010) qui ont signalé que les meilleures productions fourragères et de graines sont obtenues par les écotypes à floraison tardive.

A noter que la région semi-aride de Sétif s'illustre par des températures très basses, inférieures à 4°C, ce qui s'harmonise le plus souvent avec la floraison des grandes cultures (Baldy, 1974). Ces basses températures affectent la fertilité des vesces en agissant sur la réduction du nombre de fleurs et par conséquent sur le rendement en grains. Ridge et Pye (1985) ont estimé à 68% la part de variation du rendement du pois due aux températures extrêmes au stade floraison en climat méditerranéen australien.

Par rapport aux autres espèces de vesce, *Vicia narbonensis* L. est bien adaptée à la production de graines car elle ne s'égrène pas (Angelova, 2007) à maturité et possède un port érigé permettant la récolte mécanique (Abd El Moneim, 1992 ; Siddique *et al.*, 1996) ; contrairement à *Vicia sativa* qui est fortement sensible à la verse et aux pertes de grains lors de la récolte mécanique, mais son rendement en grains pourrait être significativement amélioré dans les cultures intercalaires avec la féverole ou le lupin blanc (*Lupinus albus* L.) ; légumineuses à graines à excellente capacité à se tenir debout (Ćupina *et al.*, 2011).

3.2. Poids de cent grains

Des différences significatives ($P < 0,05$) dans le poids de cent grains sont trouvées parmi les écotypes de vesces aux cours des années (Tableau 5). Le poids de 100 grains est plus élevé en 2019-2020 qu'en 2018-2019 et 2017-2018.

Le classement des moyennes selon le test de Fisher LSD à 5% dévoile que le poids de 100 grains le plus élevé est enregistré chez *Vicia narbonensis* L. pendant les trois saisons de croissance, tandis que le plus faible est enregistré pour *Vicia sativa* L. (6.78 g et 6.93 g). Quatre écotypes à savoir ; N-2383 (24.34 g) ; N-2380 (23.98 g) ; N-2464 (23.96 g) et N-2390 (23.90 g) montrent une différence dans le poids de 100 grains que les autres (Tableau 10 ; Figure 12).

Tableau 10. Le poids de cent grains chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

Ecotype	Poids de cent grains (g)			Moyenne
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	23.67 ^A	23.00 ^D	25.27 ^A	23.98
N-2383	22.67 ^C	26.47 ^A	23.87 ^G	24.34
N-2390	22.67 ^C	24.83 ^B	24.20 ^D	23.90
N-2392	22.00 ^E	21.80 ^F	24.00 ^{EF}	22.60
N-2393	23.00 ^B	22.56 ^E	24.03 ^E	23.20
N-2461	22.00 ^E	21.23 ^G	23.93 ^{EF}	22.39
N-2464	22.67 ^C	24.10 ^C	25.10 ^B	23.96
N-2466	21.67 ^F	21.73 ^F	24.33 ^C	22.58
N-2468	22.33 ^D	21.11 ^{GH}	22.63 ^H	22.02
N-2561	19.67 ^G	21.03 ^H	23.90 ^{FG}	21.53
Moyenne	22.24	22.79	24.13	23.05
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	6.94 ^H	6.82 ^I	7.03 ^I	6.93
S-BBA	6.78 ^I	6.83 ^I	6.73 ^J	6.78
Moyenne	6.86	6.83	6.88	6.86

A, B, C, D, E, EF, EFG, F, FG, G, GH, H, I, J : Les groupes de moyennes selon le test de Fisher (LSD) au niveau de 5%

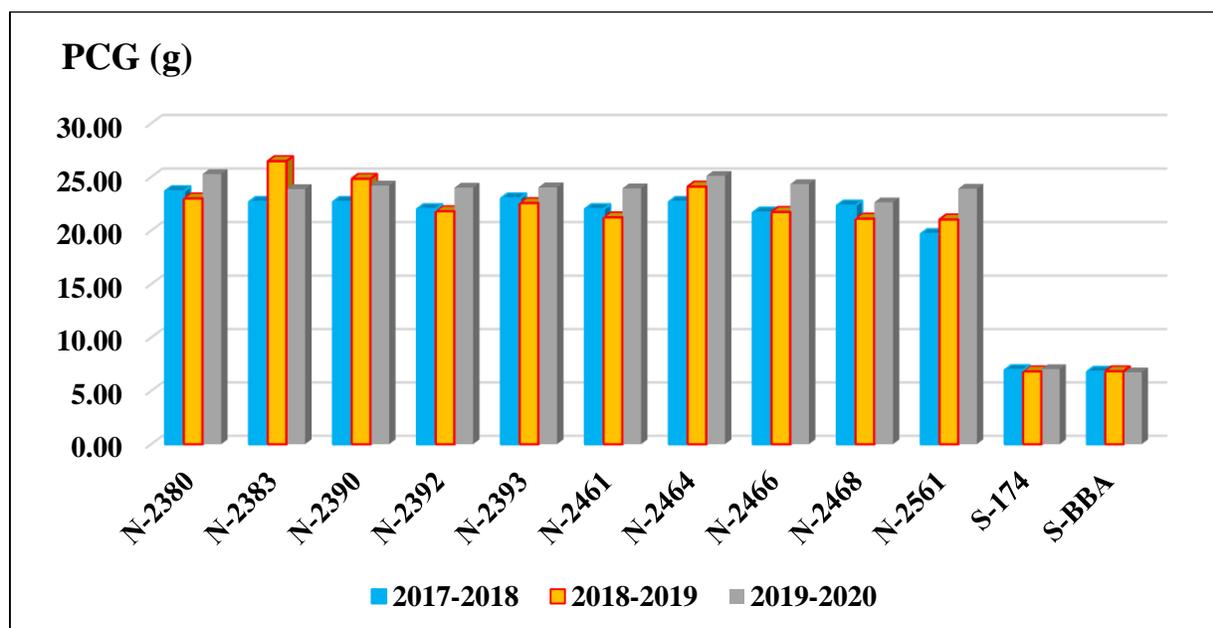


Figure 12. Le poids de cent grains chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

La différence du poids de cent grains peut être due à la variation inhérente de la taille des graines complétée par les conditions environnementales. Ce caractère agronomique est important pour la détermination du taux de semis des espèces de vesce (Gezahagn *et al.*, 2013). Ces chercheurs ont trouvé que le poids de 100 grains chez *Vicia narbonensis* L. varie de 17.73 à 30.16 g. Cependant, Cakmakci *et al.* (2003) ont trouvé que le poids de 100 grains chez *Vicia sativa* est compris entre 2.42 et 8.95 g. Acikgoz et Rumbaugh (1979) ont rapporté que les graines les plus grosses de la vesce commune sont considérées comme ayant un effet positif sur la vigueur des semis et peuvent donc être l'un des objectifs des programmes de sélection de la vesce commune.

3.3. Indice de récolte

Les résultats de l'indice de récolte sont présentés dans le tableau 11 et la figure 13 (selon le test de Fisher LSD à 5%) ; indiquant que cet indice varie de manière significative ($P < 0,05$) entre les écotypes, les années et l'interaction de ces deux.

L'indice de récolte chez *Vicia sativa* L. est inférieur par rapport à *Vicia narbonensis* L. au cours des saisons de croissance 2017-2018 et 2018-2019 ; alors qu'il est plus élevé au cours de la saison 2019-2020. L'indice de récolte est le plus élevé durant la première année (2017-2018) par rapport aux deux autres années.

Chez *Vicia narbonensis* L. ; Cet indice varie de 41.89% (N-2390) à 50.19-50.45% (N-2393 et N-2461 ; respectivement) au cours de l'année 2017-2018. L'écotype N-2461 enregistre un indice faible (27.37%) alors que ; l'écotype N-2383 a l'indice le plus élevé (36.81%) au cours de l'année 2019-2020. Tandis qu'il varie entre 10.62% (N-2561) et 21.84% (N-2383 et N-2464) au cours de l'année 2018-2019.

La moyenne des trois années indiquent que l'indice de récolte maximal est obtenu à partir de l'écotype N-2383 (34.61%) ; suivi de l'écotype N-2461 (32.12%) et l'écotype N-2392 (31.72%).

Tableau 11. L'indice de récolte chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

Ecotype	Indice de récolte (%)			
	2017-18	2018-19	2019-20	Moyenne
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	41.97 ^F	14.55 ^F	25.03 ^G	27.18
N-2383	45.19 ^E	21.84 ^A	36.81 ^A	34.61
N-2390	41.89 ^F	21.03 ^B	29.74 ^B	30.89
N-2392	46.82 ^C	20.29 ^C	28.06 ^E	31.72
N-2393	50.19 ^{AB}	19.15 ^D	21.39 ^J	30.24
N-2461	50.45 ^A	18.80 ^D	27.37 ^F	32.21
N-2464	46.83 ^C	21.84 ^A	24.41 ^H	31.03
N-2466	45.91 ^D	17.36 ^E	28.88 ^D	30.72
N-2468	46.81 ^C	17.22 ^E	29.45 ^C	31.16
N-2561	47.53 ^B	10.62 ^H	24.02 ^I	27.39
Moyenne	46.36	18.27	27.52	30.72
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	33.23 ^G	13.21 ^G	29.51 ^C	25.32
S-BBA	30.34 ^H	16.96 ^E	27.49 ^F	24.93
Moyenne	31.79	15.09	28.50	25.12

A, AB, B, C, D, E, F, G, H, I, J : Les groupes de moyennes selon le test de Fisher (LSD) au niveau de 5%

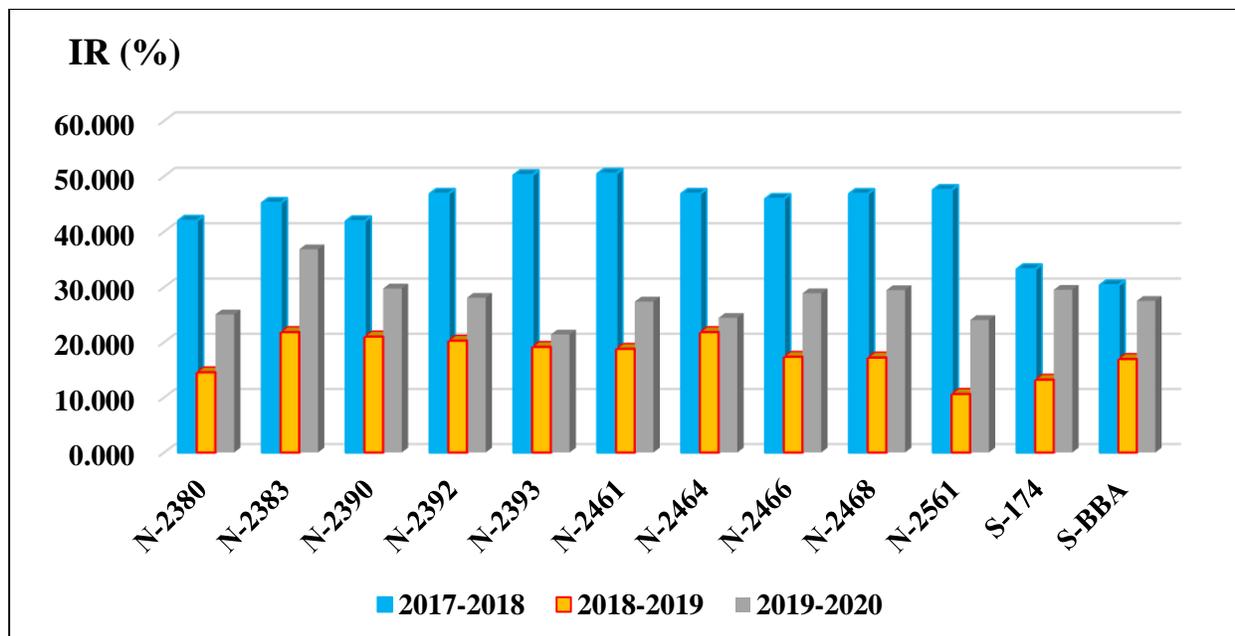


Figure 13. L'indice de récolte chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

Des indices de récolte obtenus dans des études précédentes sur *Vicia narbonensis* L. ; varient de 16.8 à 47.3% (İptas et Karadag, 2009) et de 31.0 à 59.0% (Fıncioğlu *et al.*, 2012). Mikić *et al.* (2013) rapportent que l'indice de récolte chez *Vicia sativa* varie de 21.0 à 41.0%.

Des accessions de vesce commune testées ont un indice de récolte moyen similaire à celui d'autres légumineuses annuelles ; telles que *Pisum sativum* et *Lathyrus* sp. ; où un indice de récolte de 0,35 est enregistré (Mikić *et al.*, 2011).

4. Composantes de rendement

4.1. Nombre de gousses par plant

Le nombre de gousses dans la plante est trouvé à des différences statistiquement significatives ($P < 0,05$) en ce qui concerne les écotypes de vesces, l'année et l'interaction écotype \times année (Tableau 5). La saison de croissance 2017-2018 enregistre le nombre de gousses/plant le plus élevé ; suivi par la saison 2019-2020 ; tandis que la saison 2018-2019 enregistre le nombre de gousses/plant le plus petit.

D'après le classement des moyennes selon le test de Fisher LSD à 5% ; le nombre de gousses varie entre 2.44 et 20.0 chez *Vicia sativa* L. ; et entre 1.22 et 10.33 chez *Vicia narbonensis* L.. Entre les écotypes de vesces, *Vicia sativa* L. avec ses écotypes ; S-174 (13.33 gousses/plant) et S-BBA (9.81 gousses/plant) forment le nombre de gousses le plus élevé au cours des trois saisons de croissance. L'écotype N-2464 de *Vicia narbonensis* L. a suivi ces derniers avec 6.19 gousses/plant. Cependant, l'écotype N-2383 (*Vicia narbonensis* L.) a le plus petit nombre de gousses (4.63 gousses/plant) (Tableau 12 ; Figure 14).

Tableau 12. Le nombre de gousses par plant chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

Ecotype	Nombre de gousses par plant			
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	Moyenne
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	9.00 ^E	2.11 ^F	5.00 ^G	5.37
N-2383	7.33 ^G	1.22 ^J	5.33 ^F	4.63
N-2390	10.33 ^C	2.22 ^E	5.00 ^G	5.85
N-2392	7.33 ^G	1.78 ^H	7.00 ^C	5.37
N-2393	8.67 ^F	1.45 ^I	5.67 ^E	5.26
N-2461	6.67 ^H	2.11 ^F	7.00 ^C	5.26
N-2464	9.00 ^E	2.56 ^C	7.00 ^C	6.19
N-2466	10.00 ^D	1.78 ^H	6.00 ^D	5.93
N-2468	8.67 ^F	2.00 ^G	5.00 ^G	5.22
N-2561	7.33 ^G	2.66 ^B	5.67 ^E	5.22
Moyenne	8.43	1.99	5.87	5.43
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	20.00 ^A	3.67 ^A	16.33 ^A	13.33
S-BBA	15.00 ^B	2.44 ^D	12.00 ^B	9.81
Moyenne	17.50	3.06	14.17	11.58

A, B, C, D, E, EF, EFG, F, FG, G, GH, H, I, J : Les groupes de moyennes selon le test de Fisher (LSD) au niveau de 5%

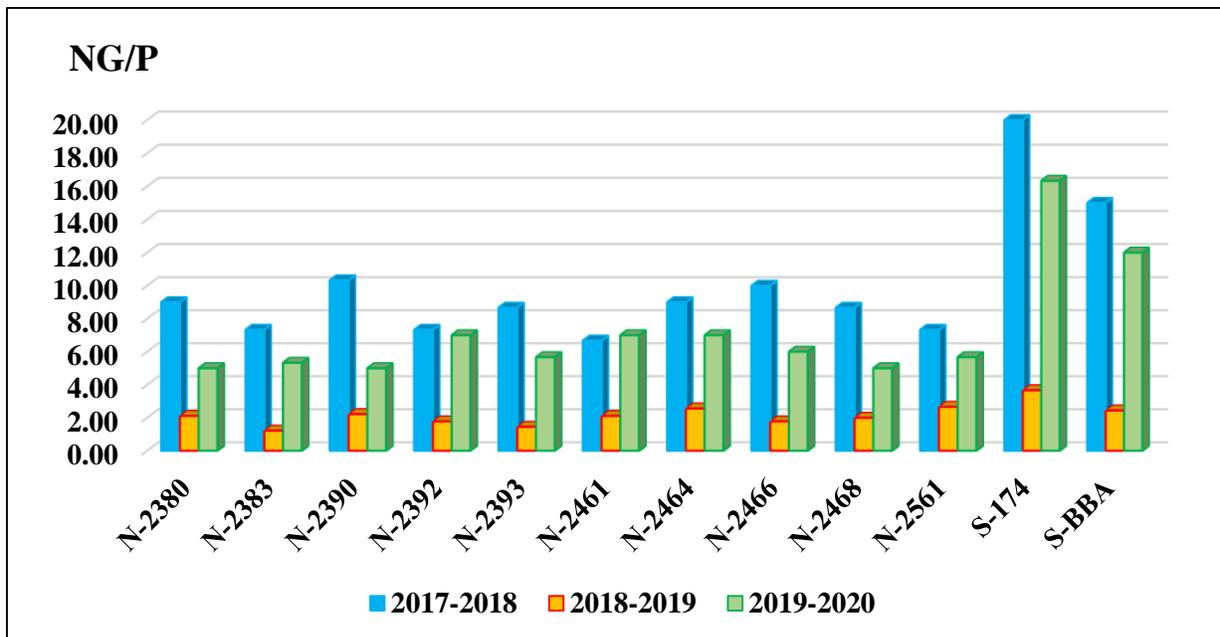


Figure 14. Le nombre de gousses par plant chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

Le nombre de gousses est généralement considéré comme l'un des éléments de rendement les plus importants pour de nombreuses légumineuses à graines (Mikić *et al.*, 2013). Les chercheurs tels que Orak et Nizam (2004) ont rapporté que le nombre de gousses chez *Vicia sativa* est de 7,45 à 18,75. Tandis qu'İptas et Karadag (2009) ont trouvé qu'il est entre 4.50 et 16.10 chez *Vicia narbonensis* L.

L'augmentation et la diminution du nombre de gousses par plant est probablement due à la répartition des précipitations pendant le stade végétatif. Büyükburç et İptaş (2001) ont également signalé que la quantité de pluie avait plus d'effet sur le nombre de gousses par plant.

4.2. Longueur de gousse

La différence entre les écotypes est statistiquement significative ($P < 0.05$). Selon le test de Fisher à 5% ; la longueur moyenne des gousses des écotypes de vesces varie de 5.40 cm (N-2461) à 6.31 cm (S-174) durant la saison de croissance 2017-2018, de 1.71 cm (N-2383) à 3.09 cm (N-2561) pendant la saison 2018-2019, et de 5.89 cm (S-174) à 6.64 cm (N-2392) durant la saison 2019-2020. Cette longueur est plus élevée au cours de la saison de croissance 2019-2020 et 2017-2018 qu'au cours de la saison de croissance 2018-2019 (Tableau 13 ; Figure 15).

Tableau 13. La longueur de gousse chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

Ecotype	Longueur de gousse (cm)			Moyenne
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	6.22 ^B	2.77 ^C	6.34 ^E	5.11
N-2383	5.71 ^F	1.71 ^G	6.11 ^H	4.51
N-2390	5.78 ^D	2.86 ^B	6.33 ^E	4.99
N-2392	5.44 ^K	2.44 ^D	6.64 ^A	4.84
N-2393	5.63 ^I	1.80 ^F	6.45 ^C	4.63
N-2461	5.40 ^L	2.47 ^D	6.34 ^E	4.74
N-2464	5.65 ^H	2.80 ^C	6.45 ^C	4.97
N-2466	5.49 ^J	2.24 ^E	6.50 ^B	4.74
N-2468	5.69 ^G	2.86 ^B	6.42 ^D	4.99
N-2561	5.75 ^E	3.09 ^A	6.14 ^G	4.99
Moyenne	5.68	2.50	6.37	4.85
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	6.31 ^A	3.05 ^A	5.89 ^I	5.08
S-BBA	5.89 ^C	2.43 ^D	6.31 ^F	4.88
Moyenne	6.10	2.74	6.10	4.98

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L : Les groupes de moyennes selon le test de Fisher (LSD) au niveau de 5%

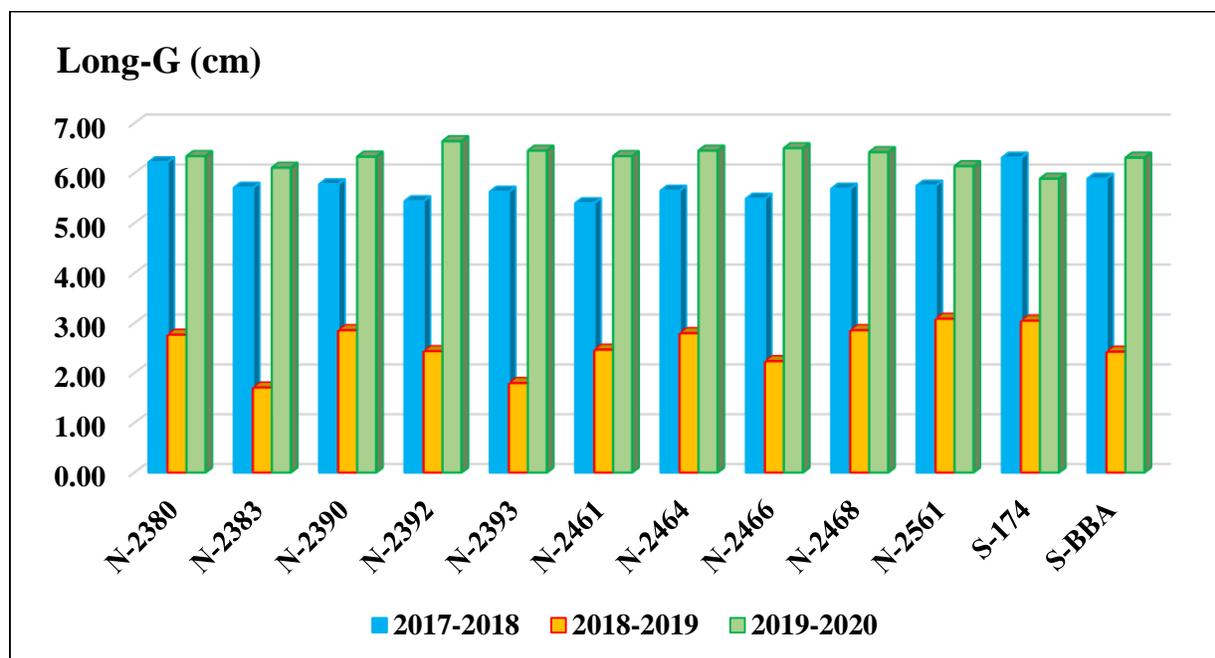


Figure 15. La longueur de gousse chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

L'augmentation de la longueur des gousses est due aux précipitations plus abondantes au cours des saisons de croissance 2017-2018 et 2019-2020. Ce résultat confirme les résultats de Büyükburç et İptas (2001). La longueur des gousses de la vesce commune est donnée par Elçi et Açıkgöz (1989) entre 3.0 et 7.0 cm. İptas et Karadag (2009) ont rapporté des longueurs de gousses de *Vicia narbonensis* L. comprises entre 4.46 et 6.23 cm.

4.3. Nombre de grains par gousse

Les résultats concernant le nombre de grains par gousse sont donnés dans le tableau 14 et la figure 16 d'après le classement des moyennes selon le test de Fisher LSD à 5%. Le nombre de grains par gousse varie selon les années ; la saison de croissance 2019-2020 enregistre la moyenne la plus élevée, suivi par la saison 2017-2018 ; alors que la saison 2018-2019 enregistre le nombre de grains par gousses le plus faible. Cette différence est en général liée à la quantité de précipitations.

Au cours des trois années, le nombre de grains par gousse le plus élevé ; 4,66 et 4.59 grains/gousse chez l'écotype S-174 et l'écotype S-BBA ; écotypes de *Vicia sativa* L. ; respectivement. Pour les écotypes de *Vicia narbonensis* L., le nombre de grains par gousses varie de 3.10 (N-2466) à 3.80 (N-2380). L'écotype N-2468 a le nombre de grains par gousses le plus élevé (5.0) au cours de la saison 2017-2018 et le plus faible (1.0 grains/gousse) chez l'écotype N-2383 au cours de la saison 2018-2019.

Sabancı (1996) a déclaré que le nombre de grains par gousse chez *Vicia sativa* était de 5.80 ; tandis que Bucak et Anlarsal (1996) ; ont trouvé 2.80 à 6.30 grains/gousse. Cependant, İptas et Karadag (2009) ; ont trouvé 2.90 à 5.10 grains/gousse chez *Vicia narbonensis* L..

Tableau 14. Le nombre de grains par gousse chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

Ecotype	Nombre de grains par gousse			
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	Moyenne
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	4.67 ^C	2.07 ^C	4.67 ^B	3.80
N-2383	4.00 ^E	1.00 ^L	4.67 ^B	3.22
N-2390	4.00 ^E	1.33 ^G	4.33 ^C	3.22
N-2392	4.00 ^E	1.37 ^F	4.67 ^B	3.35
N-2393	4.67 ^C	1.11 ^K	4.67 ^B	3.48
N-2461	4.33 ^D	1.18 ^I	4.67 ^B	3.39
N-2464	4.33 ^D	1.15 ^J	4.33 ^C	3.27
N-2466	4.00 ^E	1.29 ^H	4.00 ^D	3.10
N-2468	5.00 ^B	1.81 ^E	4.33 ^C	3.71
N-2561	4.00 ^E	2.00 ^D	4.67 ^B	3.56
Moyenne	4.30	1.43	4.50	3.41
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	5.67 ^A	2.63 ^A	5.67 ^A	4.66
S-BBA	5.67 ^A	2.44 ^B	5.67 ^A	4.59
Moyenne	5.67	2.54	5.67	4.63

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L : Les groupes de moyennes selon le test de Fisher (LSD) au niveau de 5%

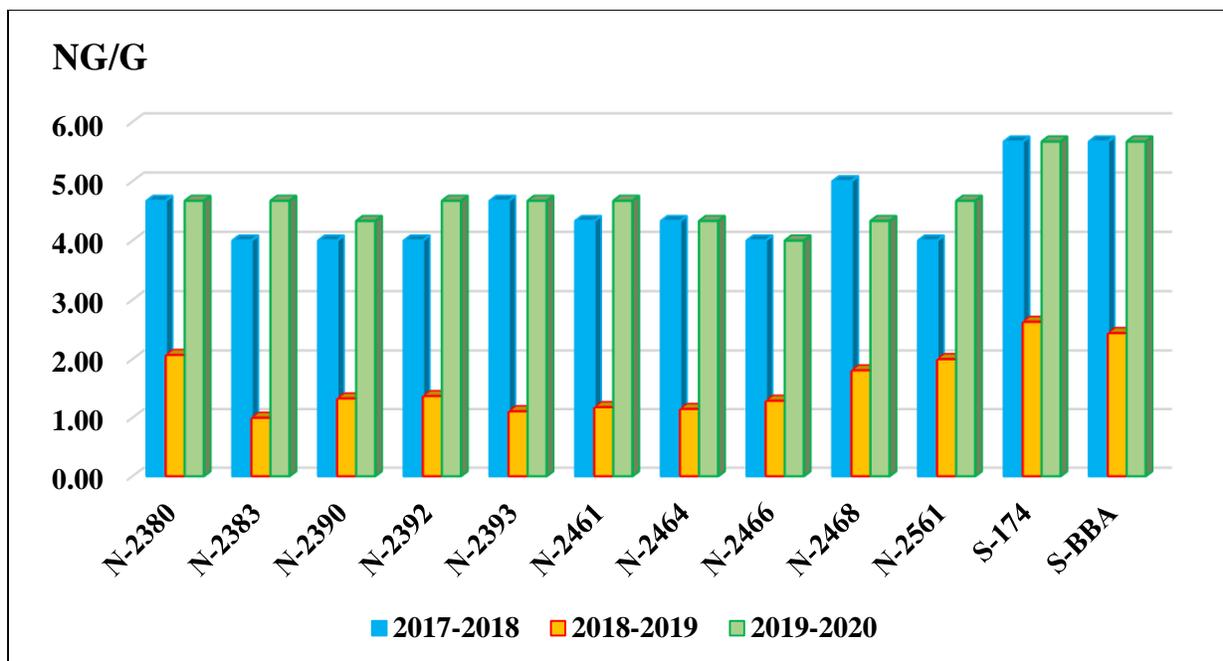


Figure 16. Le nombre de grains par gousse chez les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

5. Relations entre les paramètres étudiés

L'étude des relations entre la date de la floraison, la hauteur des plantes, les rendements en matière sèche et en grains et l'indice de récolte chez les deux espèces de vesce met en évidence des informations assez intéressantes (relations ayant un intérêt agronomique) :

- Une relation significative négative ($p < 0,05$) entre le rendement en matière sèche et la date de la floraison chez les deux espèces *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. ($r = -0.82$ et $r = -0.70$; respectivement) (Figure 17) ;

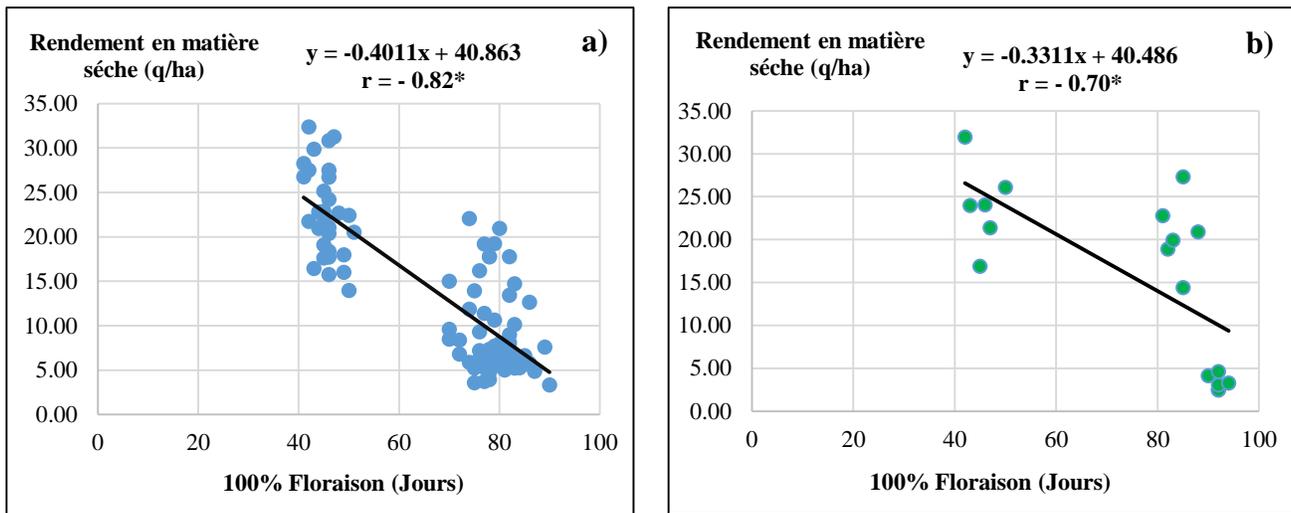


Figure 17. Relation observée entre le rendement en matière sèche et la date de floraison **a)** chez *Vicia narbonensis* L. et **b)** chez *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

- Egalement une relation significative négative ($p < 0,05$) entre le rendement en grains et la date de floraison chez *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. ($r = -0.79$ et $r = -0.94$; respectivement); (Figure 18).

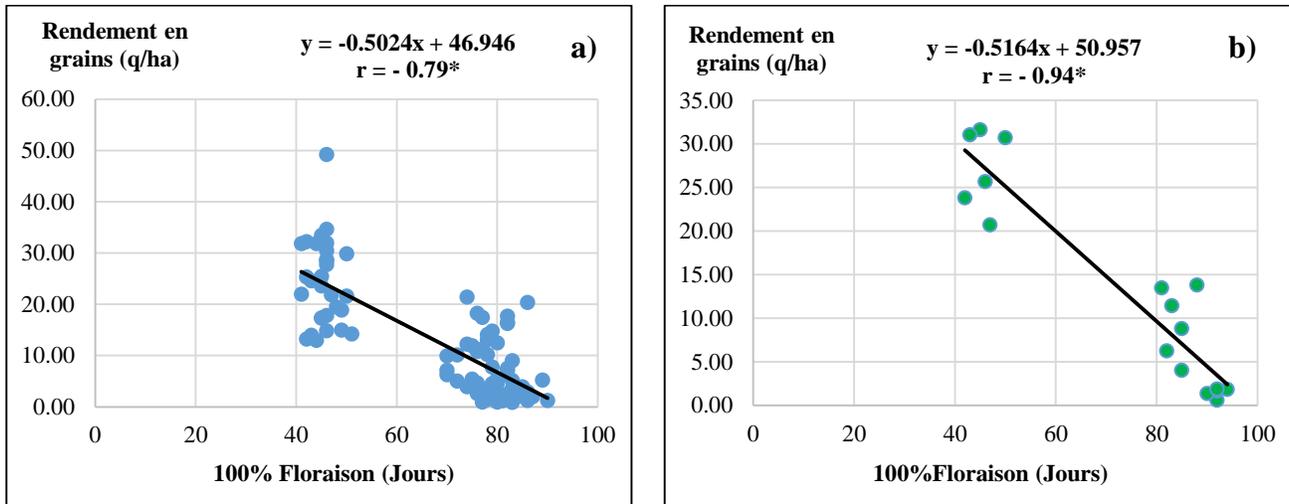


Figure 18. Relation observée entre le rendement en grains et la date de floraison **a)** chez *Vicia narbonensis* L. et **b)** chez *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

Il semble que les écotypes précoces des deux espèces produisent les meilleurs rendements en matière sèche et en production de grains. Ces écotypes qui fleurissent précocement peuvent s'échapper de la sécheresse en fin de cycle de la légumineuse fourragère.

Ces relations négatives des rendements en grains et en matière sèche avec le stade de floraison ; laissent présager que les écotypes tardifs de ces deux espèces subissent fortement l'effet de la chaleur et de la sécheresse, contrairement aux écotypes précoces.

Nos résultats sont similaires à ceux d'Abd El Moneim, (1992) et Siddique *et al.* (1996) qui ont obtenu une corrélation négative entre le rendement en grains et la floraison chez *Vicia narbonensis* L. . Les mêmes résultats ont été trouvés par Mebarkia et Abdelguerfi (2007) en milieu semi-aride sur des cultures de *Vicia ervilia*, *Vicia sativa* L. et *Vicia dasycarpa*. La précocité à la floraison est un critère très important dans la région semi-aride de Sétif qui est caractérisée par un printemps froid coïncidant généralement avec la floraison des légumineuses et surtout des vesces.

- Une relation significative positive ($p < 0,05$) entre le rendement en grains et le rendement en matière sèche chez *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. ; $r = 0.81$ et $r = 0.72$; respectivement ; (Figure 19) ; suggère que la sélection des écotypes pour la matière sèche donne lieu à la bonne production en grains.

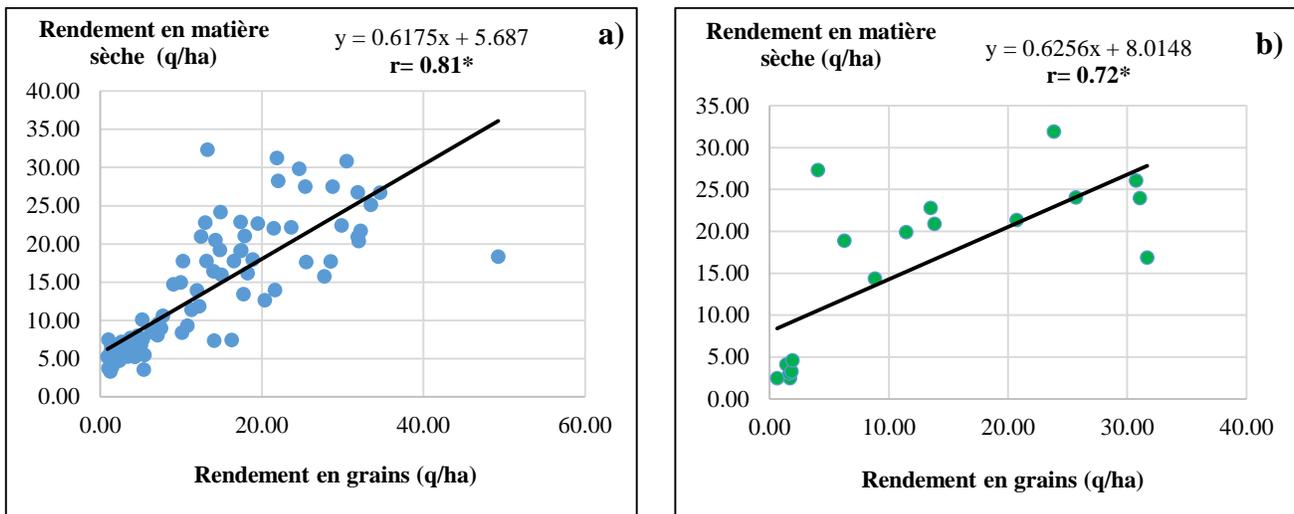


Figure 19. Relation observée entre le rendement en grains et le rendement en matière sèche **a)** chez *Vicia narbonensis* L. et **b)** chez *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

Une corrélation positive significative entre le rendement en matière sèche et le rendement en grains semble être commune à plusieurs espèces de *Vicia*, dont *Vicia narbonensis* (Berger *et al.*, 2002; Mebarkia et Abdelguerfi, 2007 ; Mebarkia *et al.*, 2010 ; Ghizaw *et al.*, 1999 ; Yemane et Skjelvag, 2003).

- Une relation significative positive ($p < 0,05$) entre la hauteur des plantes et le rendement en matière sèche chez les deux espèces de vesce ($r = 0.54$; $r = 0.72$; respectivement) (Figure 20).

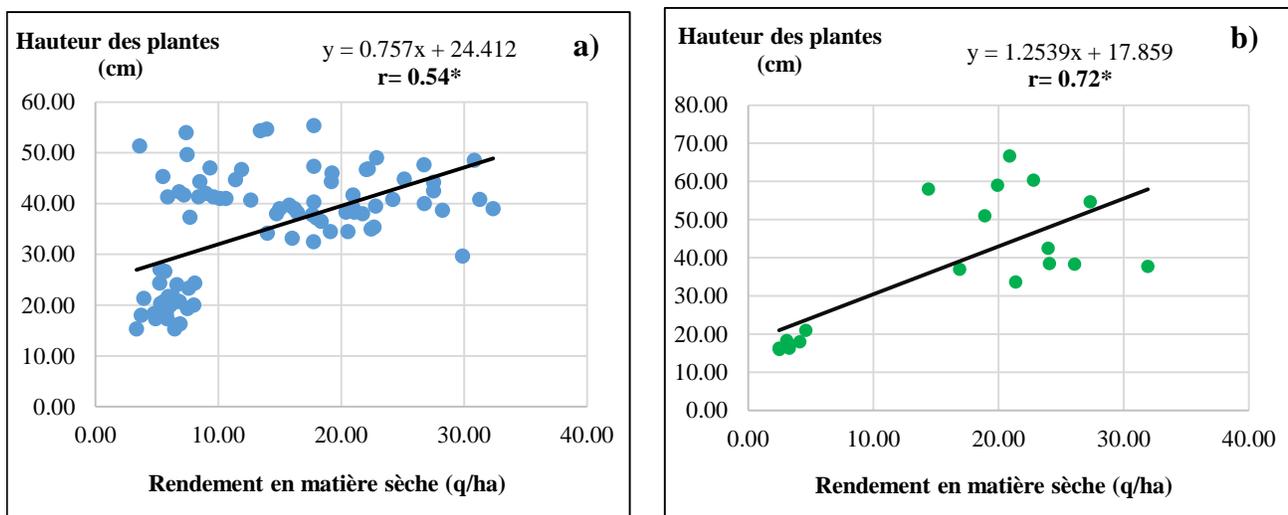


Figure 20. Relation observée entre le rendement en matière sèche et la hauteur des plantes **a)** chez *Vicia narbonensis* L. et **b)** chez *Vicia sativa* L. au cours des trois années d’expérimentation

La relation positive significative entre le rendement en matière sèche et la hauteur des plantes montre que les écotypes hauts ont produit plus de fourrages que ceux nains.

Selon Gezahagn *et al.* (2013), la hauteur des plantes a montré une corrélation positive significative avec le rendement en matière sèche du fourrage ($r=0.860^{**}$) chez des espèces de vesce ; ces résultats sont en accord avec les notre. Par conséquent, un type de plante plus long est un objectif de sélection important de *Vicia narbonensis* L. dans les conditions semi-arides et pluvieuses de Sétif.

- Une relation significative positive ($p<0,05$) entre le rendement en grains et l'indice de récolte chez *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. ($r= 0.65$; $r= 0.74$; respectivement) (Figure 21).

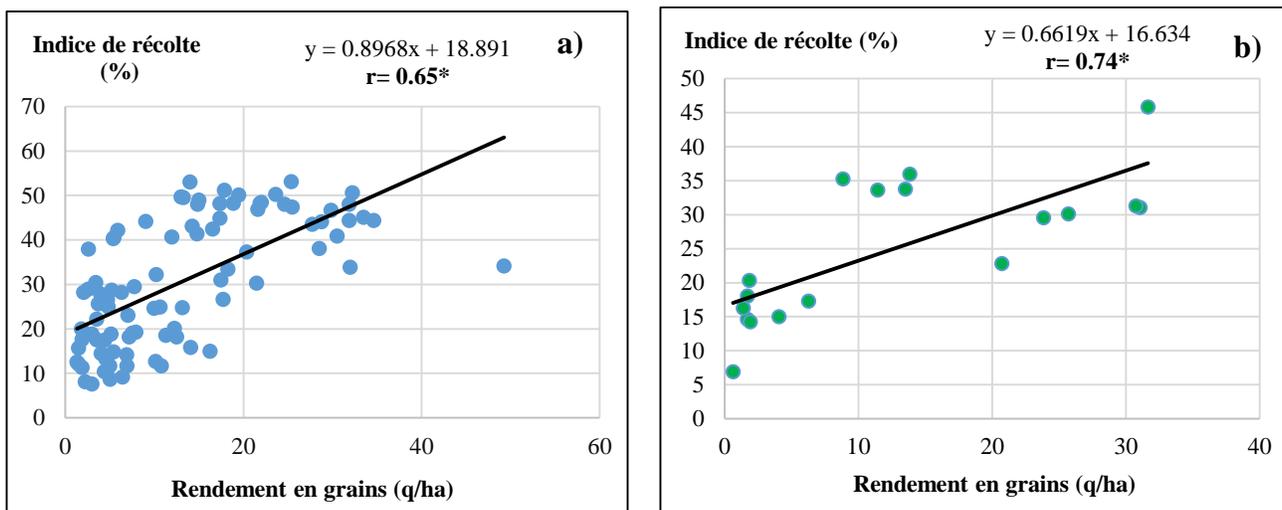


Figure 21. Relation observée entre le rendement en grains et l'indice de récolte **a)** chez *Vicia narbonensis* L. et **b)** chez *Vicia sativa* L. au cours des trois années d'expérimentation

Dans la présente étude, les écotypes ayant un rendement en grains élevé ; ont aussi un indice de récolte élevé ; ce qui corrobore les résultats de Mikić *et al.* (2013) qui notent que de nombreuses accessions de vesce commune testées avec des rendements en grains élevés ont également un indice de récolte élevé. A l'inverse, l'indice de récolte le plus bas a également le rendement en grains le plus bas.

CHAPITRE II :
Valeur nutritive des graines de *Vicia*
***narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.**
pour les ruminants

1. Composition chimique et Digestibilité *in vitro* de la matière organique

Des différences significatives ($P < 0.05$) sont observées en termes de composition chimique et de digestibilité *in vitro* de la matière organique des graines. Il existe une variabilité inter et intra-espèces (Tableau 15).

Tableau 15. Variance de la composition chimique et de la digestibilité *in vitro* de la matière organique de graines des 12 écotypes de vesce

Sources de variation	ddl	MS (%)	CT (g/kg MS)	MO (g/kg MS)	PB (g/kg MS)	MG (g/kg MS)	CB (g/kg MS)	dMO (%)
Total	35	0.31	11.87	11.87	3738.17	51.15	1215.26	85.87
Ecotype	11	0.27*	10.28*	10.28*	3726.22*	46.47*	1020.41*	80.65*
Moyenne		89.27	37.21	962.79	386.37	37.41	124.79	69.46
Ecart-type		0.33	2.08	2.08	34.34	4.22	21.31	5.38
CV (%)		0.37	5.58	0.22	8.89	11.28	17.08	7.74

* : significatif à 5% ; **ddl** : degré de liberté ; **MS** : Matière sèche ; **CT** : Cendres totales ; **MO** : Matière organique ; **PB** : Protéines brutes ; **MG** : Matière grasse ; **CB** : Cellulose brute ; **dMO** : Digestibilité *in vitro* de la matière organique ; **CV** : Coefficient de variation

1.1. Teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche varie de manière significative ($P < 0,05$) en fonction des écotypes de vesces (Tableau 15). En moyenne ; les graines de *Vicia sativa* L. ont des teneurs plus élevées en matière sèche (89.69%) ; par rapport aux graines de *Vicia narbonensis* L. qui ont une teneur de 89.18%. Les écotypes ayant les teneurs en matière sèche les plus élevées sont ; S-BBA (89.84%) ; suivi de l'écotype N-2468 (89.59%) ; et l'écotype S-174 (89.54%) ; tandis que les deux écotypes ayant les teneurs en matière sèche les plus faibles sont l'écotype N-2464 (88.89%) et l'écotype N-2461 (88.77%) (Figure 22).

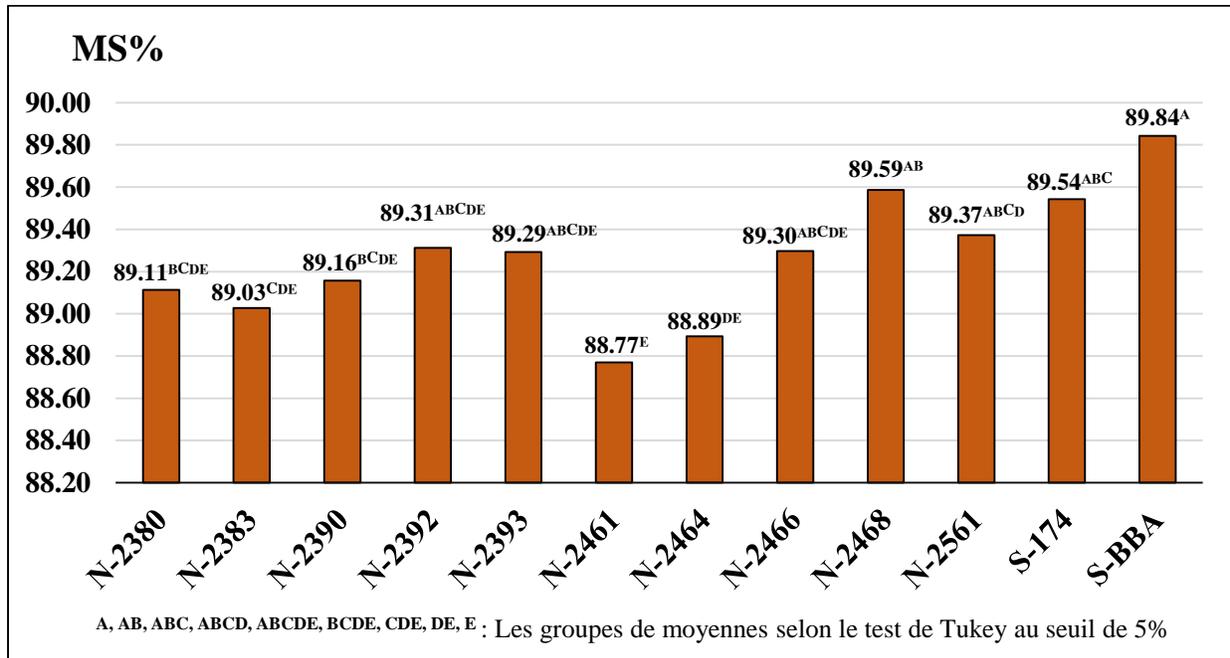


Figure 22. Teneur en matière sèche des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

Batterham et Egan (1986) et ; Standing Committee on Agriculture (1990) rapportent dans des études sur des graines de légumineuses ; des teneurs en matière sèche de 89.7% pour les graines de lupin ; 90.7% pour les graines de pois fourrager et 90.9% pour les graines de soja. Ces teneurs en matière sèche sont supérieures à celles de *Vicia sativa* L. et *Vicia narbonensis* L. dans notre études.

1.2. Teneurs en cendres totales et en matière organique

Des différences significatives ($P < 0,05$) sont trouvées entre les écotypes de vesce pour les teneurs en cendres totales et en matière organique (Tableau 15).

Le taux moyen en cendres totales est plus important chez *Vicia sativa* L. (37.57 g/kg MS) par rapport à *Vicia narbonensis* L. (37.14 g/kg MS). Les teneurs en cendres totales les plus élevées sont enregistrées par les écotypes de *Vicia narbonensis* L. ; l'écotype N-2380 avec 41.48 g/kg MS; l'écotype N-2466 avec 38.82 g/kg MS ; et l'écotype N-2392 avec 38.33 g/kg MS. En revanche, l'écotype N-2461 a le taux en cendres totales le plus faible ; 34.28 g/kg MS (Figure 23).

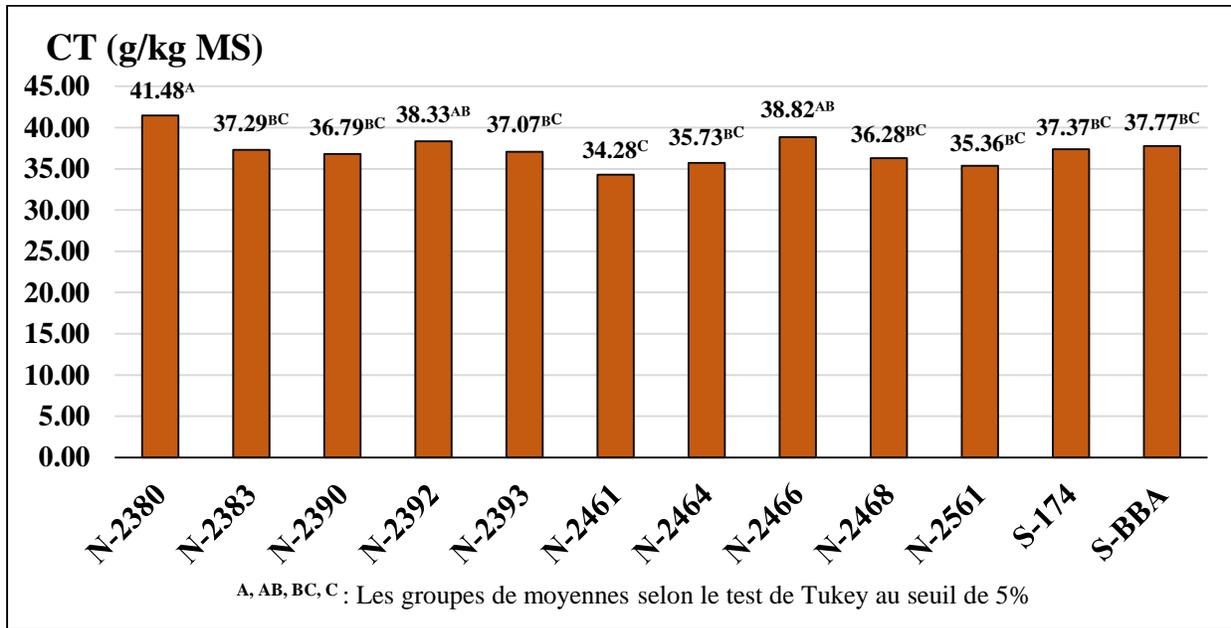


Figure 23. Teneur en cendres totales des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

En ce qui concerne le taux en matière organique ; *Vicia narbonensis* L. enregistre en moyenne 962.86 g/kg MS ; suivi de *Vicia sativa* L. qui enregistre 962.43 g/kg MS. Les écotypes N-2461 ; N-2561 ; et N-2464 ont les teneurs en matière organique les plus élevées ; avec 965.72 g/kg MS ; 964.64 g/kg MS et 964.27 g/kg MS ; respectivement. Tandis que ; l'écotype N-2380 a la teneur en matière organique la plus faible ; 958.52 g/kg MS (Figure 24).

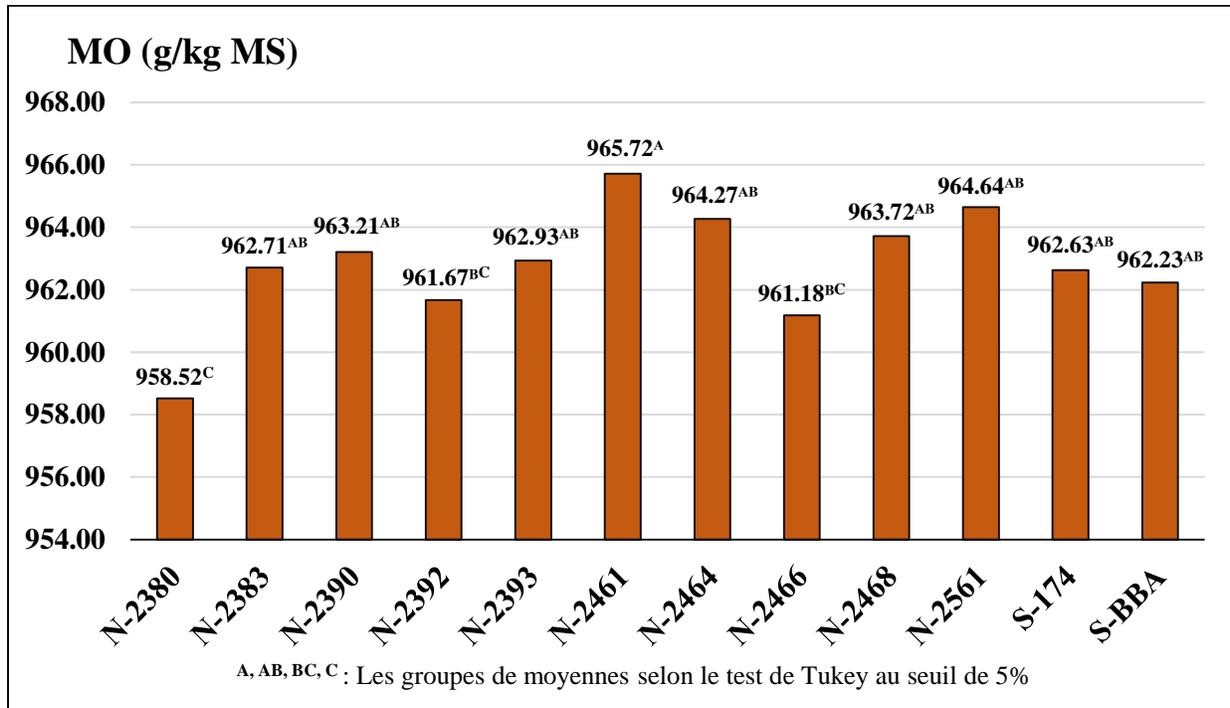


Figure 24. Teneur en matière organique des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

Guedes et Dias da Silva (1996) rapportent des teneurs en cendres totales dans les graines de *Vicia narbonensis* et *Vicia sativa* similaires à nos résultats. Les teneurs en cendres totales et en matière organique des graines de *Vicia narbonensis* L. sont de 45.0 g/kg MS et 955.0 g/kg MS ; respectivement (Hadjipanayiotou, 2000).

Les graines de soja contiennent un taux de cendres totales de l'ordre de 54 g/kg MS (Batterham et Egan, 1986 ; Standing Committee on Agriculture, 1990), ce qui est supérieur aux valeurs trouvées dans la présente étude.

D'après Jarrige *et al.* (1995) et Tobia *et al.* (2008), la qualité du sol, les conditions climatiques et le développement du système racinaires sont les principaux facteurs qui influencent la teneur en matière minérale.

1.3. Teneur en protéines brutes

L'analyse de variance montre un effet écotype significatif ($P < 0.05$) pour la teneur en protéines brutes (Tableau 15). Tous les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. étudiées présentent une matière sèche riche en protéines brutes.

En effet, *Vicia sativa* L. produit en moyennes les graines avec les teneurs les plus élevées en protéines brutes (457.82 g/kg MS) par rapport à *Vicia narbonensis* L. qui produit 372.08 g/kg MS (Figure 25).

Les écotypes de *Vicia sativa* L. ont des teneurs en protéines brutes de l'ordre de 466.25 g/kg MS pour l'écotype S-174 et 449.38 g/kg MS pour l'écotype S-BBA. Chez *Vicia narbonensis* L.; les écotypes ayant les teneurs en protéines brutes les plus élevées sont N-2393 (384.13 g/kg MS) ; N-2468 (383.54 g/kg MS) ; et N-2466 (382.02 g/kg MS) ; tandis que l'écotype le plus pauvre en protéines brutes est N-2380 (346.68 g/kg MS) (Figure 25).

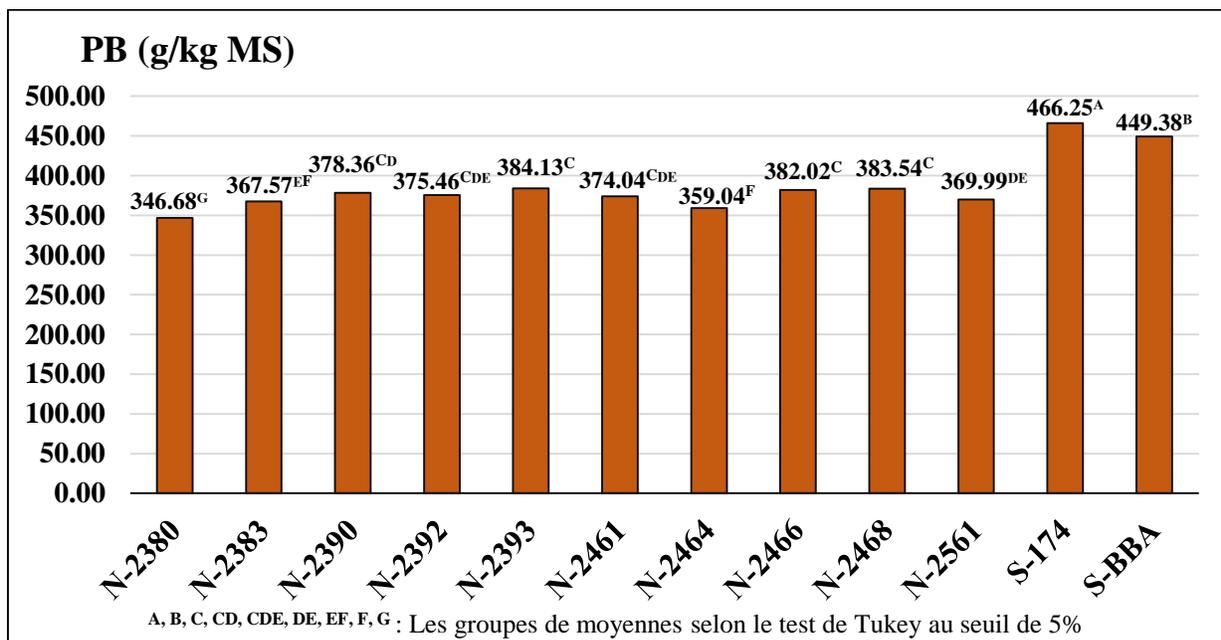


Figure 25. Teneur en protéines brutes des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

Les graines de *Vicia sativa* ont des teneurs en protéines brutes de 313 g/kg MS et celles de *Vicia narbonensis* de ; 269 g/kg MS (Hadjipanayiotou et Economides, 2001 ; Milczak *et al.*, 2001 ; Mikić *et al.*, 2003). D'après Abd El Moneim (1992), la teneur en protéines brutes des vesces de narbonne peut varier entre 260,0 g/kg MS et 320,0 g/kg MS. Toutes ces valeurs sont inférieures à celles trouvées dans la présente étude.

C'est grâce à la capacité des légumineuses fourragères à exploiter l'azote atmosphérique via la symbiose avec les rhizobia au niveau de leurs nodosités que la teneur en protéines brutes des graines de *Vicia sativa* L. et *Vicia narbonensis* L. est élevée ; ce qui suggère que ces espèces

pourraient constituer une source d'alimentation complémentaire pour les animaux dans les zones semi-arides.

Ces deux espèces, grâce à leurs richesses en protéines brutes, elles peuvent être incorporées dans la fabrication des aliments concentrés destinés à l'alimentation des ruminants. Les essais menés par Benyoussef (2019) et Kahlaoui *et al.* (2021), sur ovin adultes ont montré la possibilité de substitution de *Vicia narbonensis* L. en grains au tourteau de soja, de 23%, sans conséquences négatives sur les performances.

De même, Eason *et al.* (1987) et Petterson *et al.* (1997) ont rapporté que *Vicia narbonensis* L. fournit des protéines fourragères élevées, y compris la composition en acides aminés qui est similaire à celle du pois. De plus, les teneurs en protéines de plusieurs vesces étudiées étaient également supérieures à celles observées dans d'autres légumineuses cultivées telles que le pois chiche (Sanchez-Vioque *et al.*, 1999).

1.4. Teneur en matières grasses

Il existe des différences significatives ($P < 0.05$) entre les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. en terme de teneur en matières grasses (Tableau 15).

Les résultats de comparaison entre les deux espèces révèlent que les graines de *Vicia narbonensis* L. ont un taux de matières grasses de 38.91 g/kg MS ; ce qui est supérieur au taux de matières grasses contenu dans les graines de *Vicia sativa* L. ; 29.92 g/kg MS (Figure 26).

Les écotypes de *Vicia narbonensis* L. qui ont les teneurs en MG les plus élevées sont N-2561 (42.15 g/kg MS) ; N-2383 (40.06 g/kg MS) ; et N-2390 (39.63 g/kg MS). En revanche la plus faible teneur en MG est obtenue par l'écotype S-174 de *Vicia sativa* L. (27.18 g/kg MS) (Figure 26).

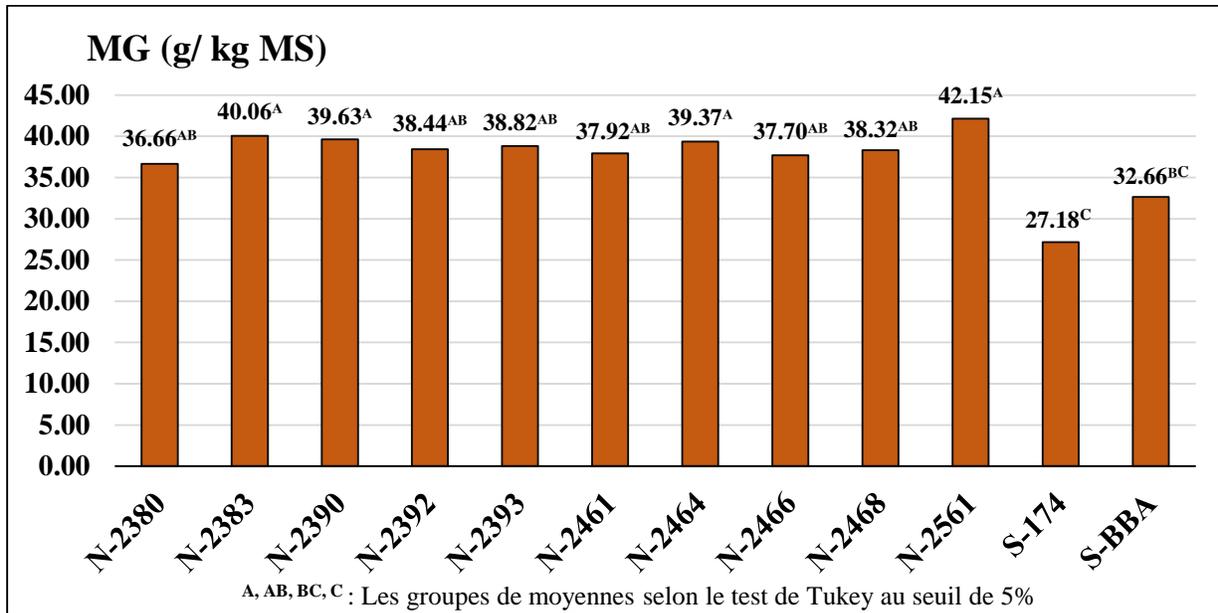


Figure 26. Teneur en matières grasses des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

Guedes et Dias da Silva (1996) et Hadjipanayiotou (2000) rapportent des taux de matières grasses dans les graines de vesce de narbonne supérieurs aux taux trouvés dans notre grain de *Vicia narbonensis* L. ; et des taux dans les graines de *Vicia sativa* inférieurs à nos résultats pour *Vicia sativa* L. (Guedes et Dias da Silva, 1996).

D'après Akpinar *et al.* (2001), les graisses brutes dans les graines de *Vicia narbonensis* sont inférieures à celles d'autres espèces de vesce.

1.5. Teneur en cellulose brute

La teneur en cellulose brute montre des différences significatives ($P < 0,05$) entre les écotypes de *Vicia sativa* L. et *Vicia narbonensis* L. (Tableau 15).

En moyenne, *Vicia sativa* L. produit des graines avec une teneur en CB (131.43 g/kg MS) plus élevée que celle des graines produites par *Vicia narbonensis* L. (123.46 g/kg MS) (Figure 27).

L'écotype le plus pauvre en cellulose brute est l'écotype N-2383 avec une teneur de 98.89 g/kg MS. En revanche, les teneurs en cellulose brute les plus élevées sont obtenues par l'écotype N-2561 (153.48 g/kg MS) ; suivi de l'écotype N-2464 (146.85 g/kg MS) ; et l'écotype N-2461 (146.37 g/kg MS) (Figure 27).

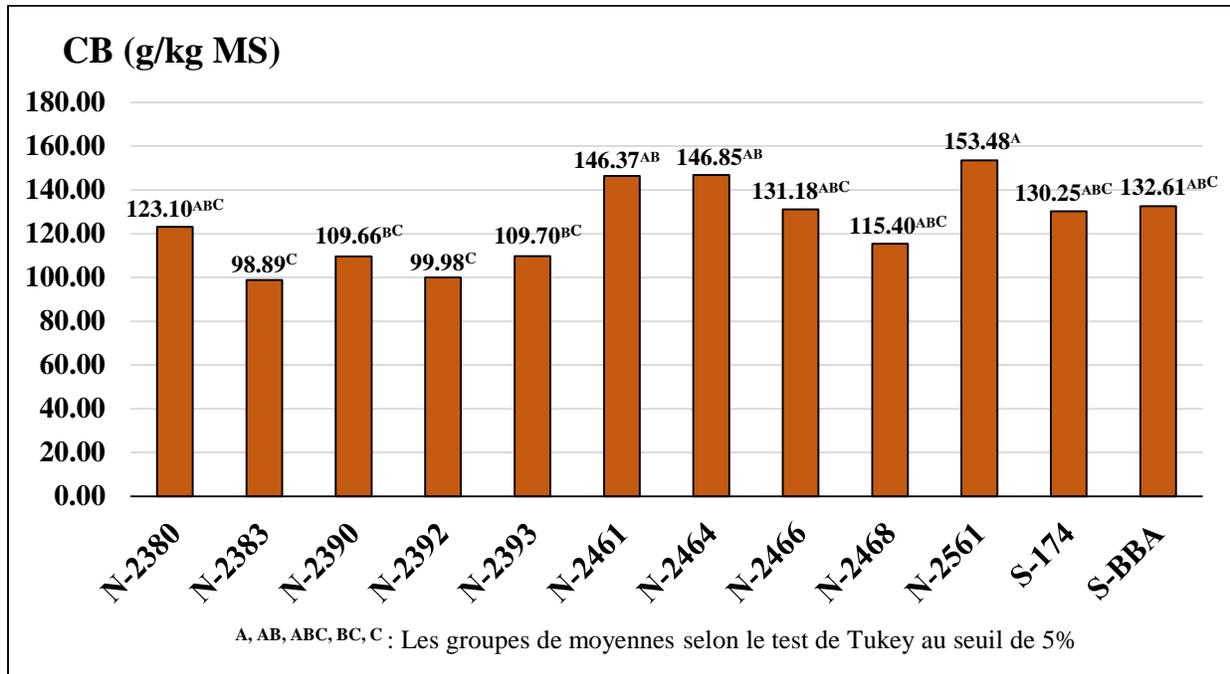


Figure 27. Teneur en cellulose brute des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

Le taux de cellulose brute dans les graines de *Vicia narbonensis* rapporté par Kicheva et Angelova (2006) est similaire à celui trouvé dans les graines de *Vicia narbonensis* L. dans notre étude; alors que celui des graines de *Vicia sativa* (Hadjipanayiotou *et al.*, 1985 ; Kicheva et Angelova, 2006) est inférieur au taux contenu dans nos graines de *Vicia sativa* L.

Quelle que soit la famille de la plante fourragère, une augmentation de la teneur en parois indigestibles de 10 g/kg de MS entraîne une diminution de la digestibilité. Rappelons que la teneur en parois végétales augmente avec la croissance de la plante, et que la digestibilité des parois diminue avec le vieillissement des tissus (Ayadi *et al.*, 2022).

1.6. Digestibilité *in vitro* de la matière organique

Pour la digestibilité *in vitro* de la matière organique, le tableau 15 montre une variabilité significative ($P < 0.05$) entre les écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

La digestibilité *in vitro* de la matière organique des graines de *Vicia narbonensis* L. (69.56%) est plus élevée que celle des graines de *Vicia sativa* L. (68.97%).

Les écotypes ayant les graines les plus digestibles sont l'écotype N-2392 (76.65%) ; l'écotype N-2464 (74.81%) (*Vicia narbonensis* L.); et l'écotype S-BBA (73.76%) (*Vicia sativa* L.).

Tandis que les graines de l'écotype N-2390 sont les moins digestibles en comparaison avec les graines des autres écotypes ; avec 61.37% (Figure 28).

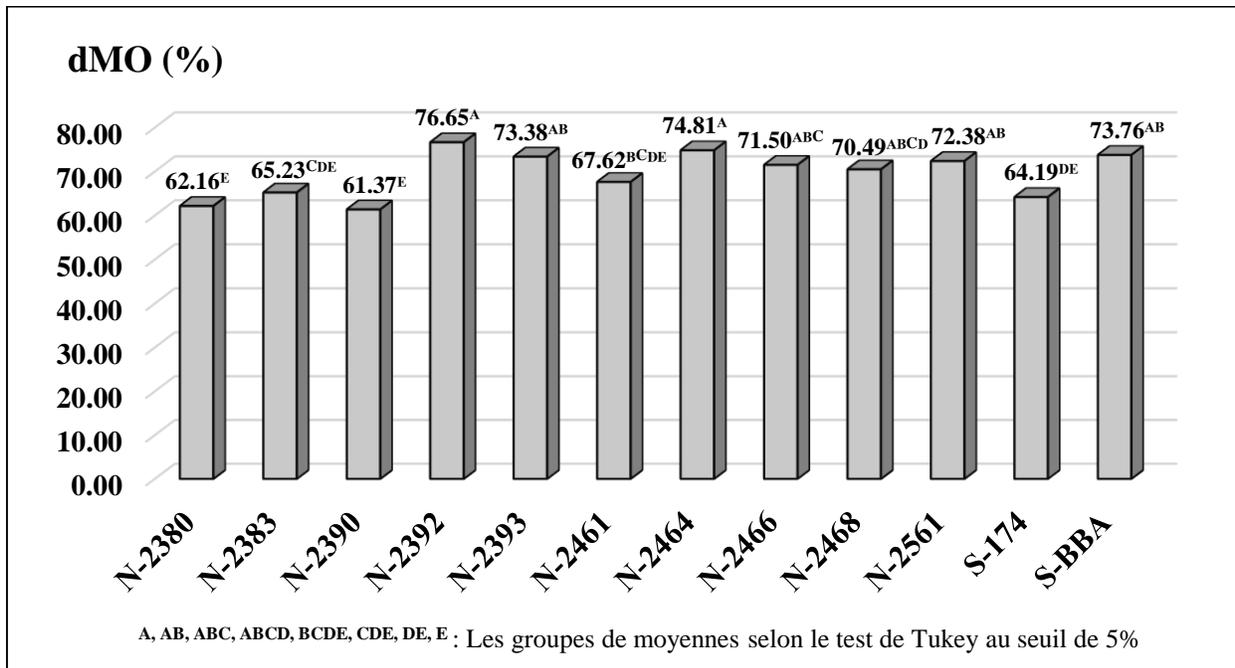


Figure 28. Digestibilité *in vitro* de la matière organique des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

Dans la présente étude, la vesce de narbonne possède une digestibilité *in vitro* de matière organique numériquement plus élevée par rapport à la vesce commune. Cela est dû à la teneur plus faible en cellulose brute de *Vicia narbonensis* L. par rapport à celle de *Vicia sativa* L.

Les graines de *Vicia narbonensis* L. et de *Vicia sativa* L. de notre étude ont une digestibilité *in vitro* de matière organique plus faible à celle rapportée par Hadjipanayiotou (2000) ; dans les graines de *Vicia narbonensis* (79.9%).

Selon Baumont *et al.* (2008), la digestibilité de la matière organique (dMO%) d'une plante fourragère dépend essentiellement de sa teneur en parois végétales et de leur digestibilité. En effet, la digestibilité des constituants intracellulaires est totale (sucres, fructosanes) ou très élevée (lipides, matières azotées), alors que celle des parois cellulaires varie entre 40 et 90% selon qu'elles sont plus ou moins incrustées de lignine.

Pour un même échantillon, la méthode enzymatique par la pepsine-cellulase permet une bien meilleure prévision de la digestibilité *in vivo* que la cellulose brute (la prise en compte de la

teneur en matières azotées en plus de la teneur en cellulose brute n’améliore pas la précision de la prévision par comparaison à la cellulose brute seule) (Aufrère, 1982).

Toutefois, certaines espèces de plantes surtout les ligneuses présentent une digestibilité moins élevée qui peut diminuer jusqu’à 20% à 36% MS pour la digestibilité enzymatique. Cette diminution est liée à leur contenance en certaines substances anti-digestives, telles que les tanins, les lignines et les polyphénols (Ayadi *et al.*, 2020 ; Kharchaf, 2021).

Kahlaoui *et al.* (2021) rapportent que *Vicia narbonensis* et *Vicia sativa* sont les deux espèces les plus performantes en termes de digestibilité *in vitro* de la matière organique par rapport à *Vicia villosa*.

2. Valeur nutritive des graines de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. pour les ruminants

Les résultats d’analyses statistiques de la variance montrent des différences significatives (P<0.05) entre les écotypes étudiés de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. en termes d’unités fourragères lait (UFL) et viande (UFV), et de protéines réellement digestibles dans l’intestin permises par l’énergie (PDIE) et par l’azote (PDIN) (Tableau 16).

Tableau 16. Variance de la valeur énergétique et de la valeur azotée de graines des 12 écotypes de vesce

Sources de variation	ddl	UFL / kg MS	UFV / kg MS	PDIE (g/kg MS)	PDIN (g/kg MS)
Total	35	0.02	0.03	126.52	1415.64
Ecotype	11	0.02*	0.03*	122.18*	1411.12*
Moyenne		0.88	0.80	103.52	237.77
Ecart-type		0.09	0.10	6.43	21.13
CV (%)		9.51	12.10	6.21	8.89

* : significatif à 5% ; **UFL** : Unité fourragère lait ; **UFV** : Unité fourragère viande ; **PDIA** : Protéines digestibles dans l’intestin d’origines alimentaires ; **PDIE** : Protéines réellement digestibles dans l’intestin permises par l’énergie ; **PDIN** : Protéines réellement digestibles dans l’intestin permises par l’azote ; **CV** : Coefficient de variation

2.1. Valeur énergétique

Les résultats montrent que les écotypes N-2392 ; N-2464 ; S-BBA et N-2393 semblent être les ressources fourragères ayant les graines les plus énergétiques avec des UFL variant de 0.99 UFL/kg MS ; 0.96 UFL/kg MS ; 0.95 UFL/kg MS et 0.94 UFL/kg MS ; respectivement. En revanche, l'écotype N-2380; suivi de l'écotype N-2390 enregistrent les valeurs UFL les plus faibles (0.76 UFL/kg MS et 0.75 UFL/kg MS ; respectivement) (Figure 29).

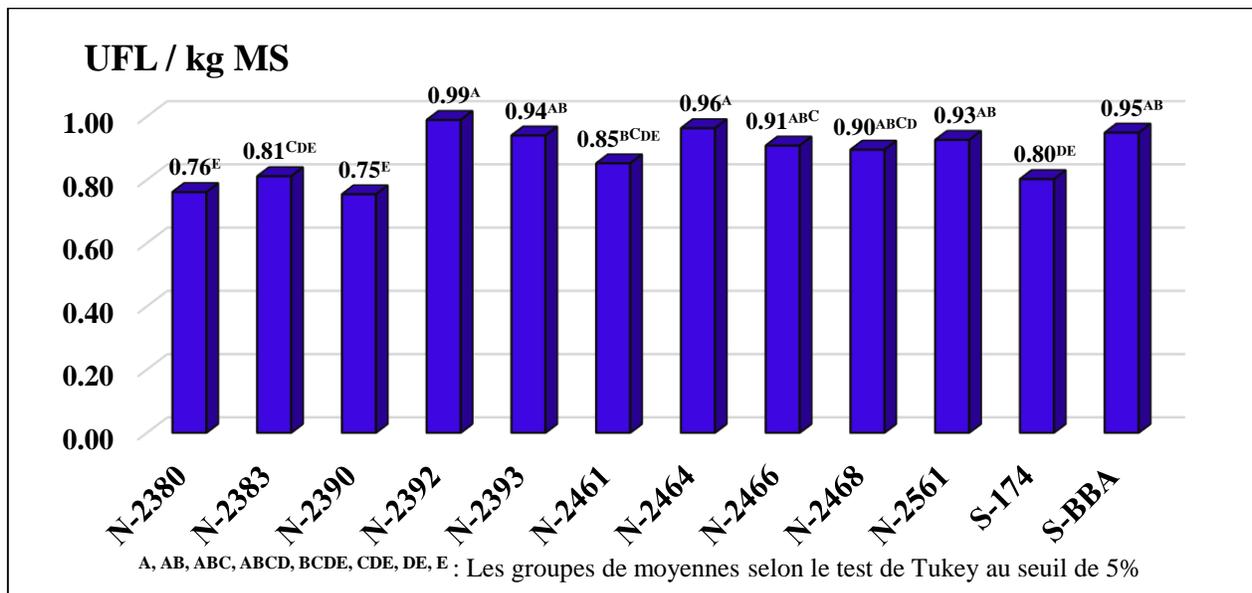


Figure 29. Unités fourragères lait des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

Le classement des écotypes en termes d'UFV est le même que celui des UFL. Les écotypes N-2392 (0.93 UFV/kg MS) ; N-2464 (0.90 UFV/kg MS) ; S-BBA (0.88 UFV/kg MS) et N-2393 (0.87 UFV/kg MS) ; sont les meilleurs par rapport aux autres écotypes. Tandis que l'écotype N-2380 (0.67 UFV/kg MS) et l'écotype N-2390 (0.66 UFV/kg MS) sont les plus pauvres en UFV (Figure 30).

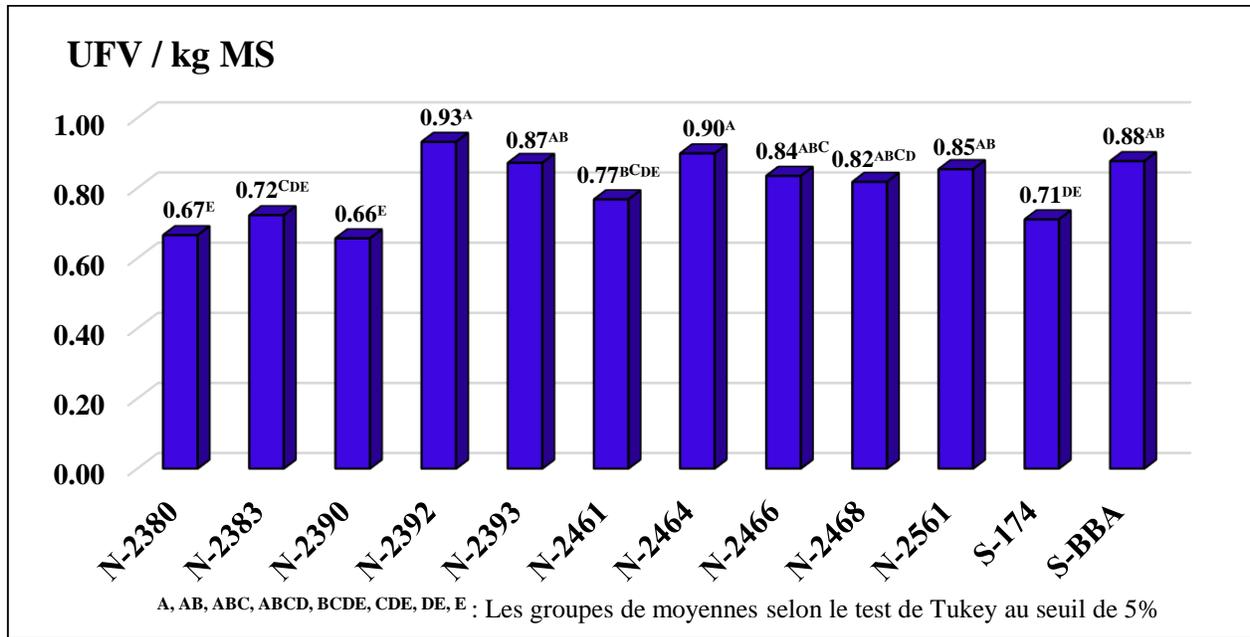


Figure 30. Unités fourragères viande des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

Le facteur clé de tout système d'élevage des ruminants qui se veut efficace ; est la qualité de la nutrition. Ces ruminants doivent recevoir tous les éléments nutritifs diététiques essentiels en quantités optimales (Badarou *et al.*, 2021).

Globalement, les valeurs énergétiques estimées pour les graines des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. sont très intéressantes. En effet, les écotypes N-2392 ; N-2464 ; S-BBA et N-2393 sont de très bonnes sources d'énergie puisqu'elles fournissent plus d'UFL ou UFV/kg MS.

La valeur énergétique du pois est de : 1.21 UFL / kg MS et 1.22 UFV / kg MS (Inra-AFZ, 2004), et celle de la féverole d'hiver (à fleurs colorées) est de 1.17 UFL / kg MS et 1.17 UFV / kg MS (Coutard, 2009). Ces résultats sont supérieurs à ceux rapportés dans la présente étude.

Selon Julier et Huyghe (2010), la valeur d'un fourrage dépend non seulement de la teneur et de la dégradabilité de l'azote par le jus de rumen, mais aussi de l'énergie fournie par le fourrage. En effet, dans l'appareil digestif des ruminants ; les aliments subissent de nombreuses dégradations progressives, ce qui entraîne des pertes d'énergie très variables selon la nature du fourrage. L'énergie brute des aliments est transformée en énergie nette, qui est la valeur énergétique réelle des aliments.

D’après les travaux réalisés par Bouazza *et al.* (2012), un fourrage est de très bonnes sources d’énergie si les valeurs des UFL $\geq 0,7$ et UFV $\geq 0,6$.

2.2. Valeur azotée

Une grande variabilité pour les apports azotés (PDIE et PDIN) est observée ; intra et inter espèces. Les deux écotypes de *Vicia sativa* L. ont des apports en PDIE et PDIN plus élevés que ceux des écotypes de *Vicia narbonensis* L.

Les écotypes S-BBA ; S-174 ; N-2392 ; N-2393 et N-2464 se distinguent des autres écotypes par leurs valeurs PDIE élevées ; avec 115.08 g/kg MS ; 109.01 g/kg MS ; 108.51 g/kg MS ; 106.65 g/kg MS et 105.07 g/kg MS ; respectivement. Le plus faible apport en PDIE est enregistré chez l’écotype N-2380 (92.20 g/kg MS) (Figure 31).

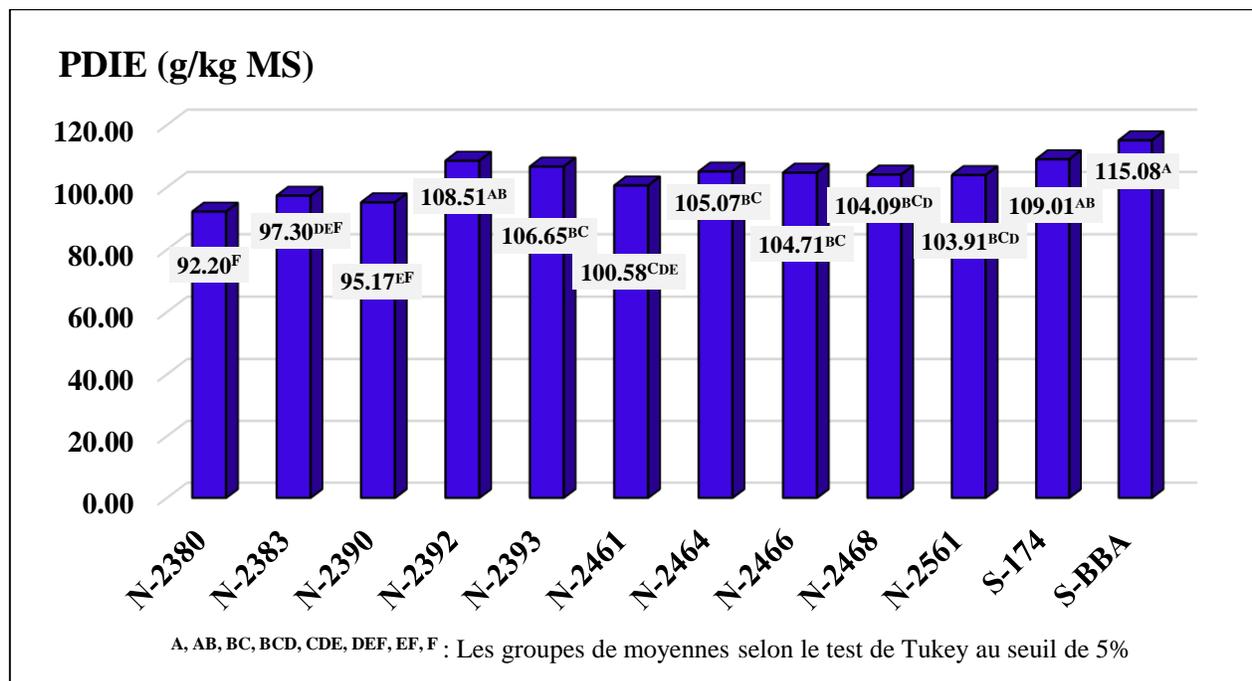


Figure 31. Protéines réellement digestibles dans l’intestin permises par l’énergie des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

S’agissant des PDIN ; les valeurs les plus élevées sont obtenues par les écotypes S-174 (286.92 g/kg MS) ; S-BBA (276.54 g/kg MS) ; N-2393 (236.39 g/kg MS) ; et N-2468 (236.03 g/kg MS) ; alors que l’écotype N-2380 enregistre l’apport en PDIN le plus faible (213.34 g/kg MS) (Figure 32).

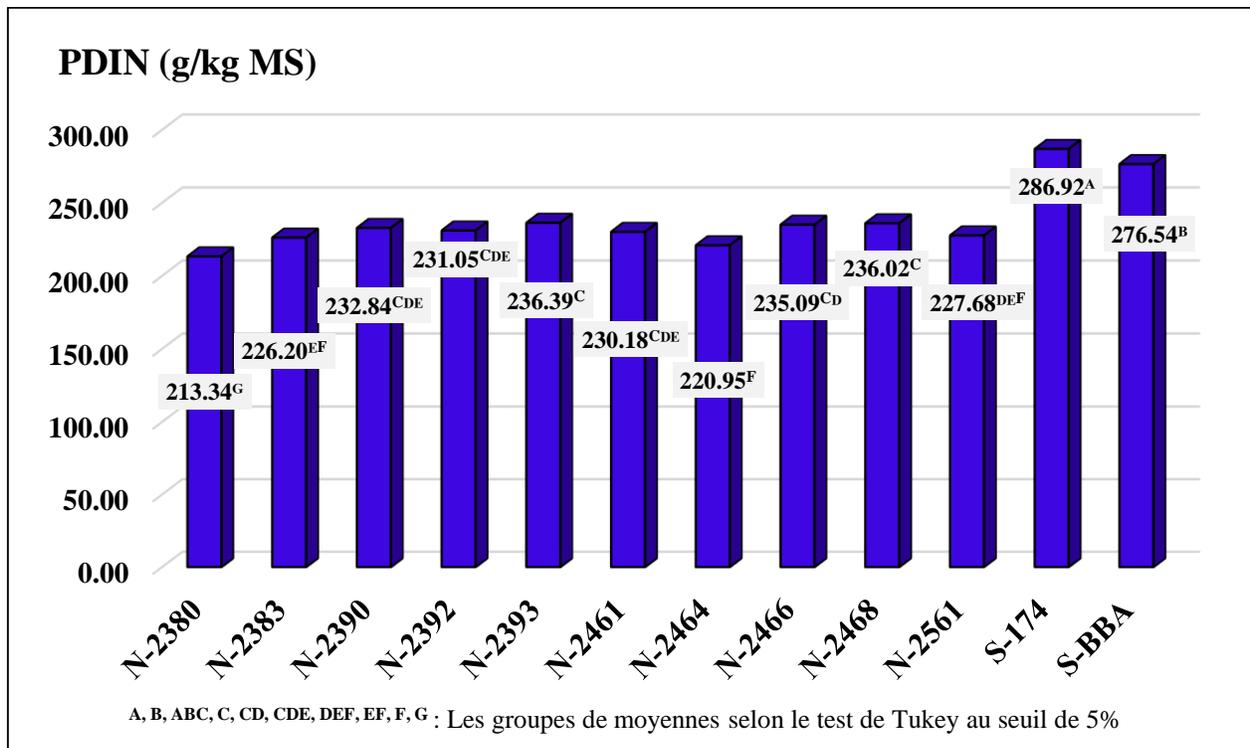


Figure 32. Protéines réellement digestibles dans l'intestin permises par l'azote des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L.

D'une manière générale, les valeurs PDIE et PDIN obtenues sont intéressantes et donc permettent l'exploitation efficace des graines de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. par les ruminants comme sources protéiques. Certains écotypes comme S-BBA ; S-174 ; N-2392 ; N-2393 ; N-2464 et N-2468 peuvent être qualifiés d'excellentes sources d'azote à l'instar des autres écotypes.

Les apports en PDIE et PDIN estimés dans la présente étude sont plus élevés que ceux figurant dans les tables de valeur des aliments (Inra-AFZ, 2004) ; pour le pois (PDIE 97 g/kg MS et PDIN 150 g/kg MS) et la féverole à fleurs colorées (PDIE 112 g/kg MS et PDIN 188 g/kg MS).

Du fait de leur bonne digestibilité, les légumineuses conservent des teneurs en PDIE élevées, qui sont proches et même plus élevées que celles des graminées (Peyraud *et al.*, 2015).

Dans notre étude, la valeur PDIN est largement supérieure à la valeur PDIE. Les légumineuses sont des fourrages riches en protéines mais celles-ci sont très dégradables dans le rumen, comme pour tous les fourrages verts. La DT des légumineuses est même plus élevée que celle des graminées puisque celle-ci s'accroît légèrement avec la teneur en MAT des fourrages et

que les légumineuses sont plus riches en MAT. Les fourrages de légumineuses se caractérisent donc par des teneurs en PDIN très supérieures à leur teneur en PDIE (Peyraud *et al.*, 2015). Ceci est confirmé également par Inra-AFZ, (2004) pour les graines de légumineuses.

CHAPITRE III :
Approche économique

1. Estimation des coûts de production d'un hectare de semences de vesce dans la région semi-aride de Sétif

Le montant total des charges de production d'un hectare de semences de vesce est de 50500 DA/ ha (Tableau 17). On a déduit de ce montant la valeur monétaire générée par la paille de vesce. Pour obtenir cette dernière, on a projeté la quantité de paille produite sur notre parcelle à l'hectare (47 bottes/ha), puis on a multiplié cette quantité par la valeur d'une botte de paille de vesce (700 DA). On a pris en considération les charges du bottelage (100 DA/botte) ; ce qui amène à une valeur de 600 DA/ botte de paille de vesce. Le coût final de production d'un hectare de semences de vesce est de 22300 DA/ ha (Tableau 18). Les résultats obtenus par Khabtane (2018) sont comparables à ceux de la présente étude.

Tableau 17. Total des charges de production d'un hectare de semences de vesce

Charges	Coût (DA/ha)
Labour	9000
Semences	30000
Semis	2000
Main d'œuvre	4500
Moissonneuse batteuse	5000
Total	50500

Tableau 18. Coût de production d'un hectare de semences de vesce

Total des charges (DA/ ha)	Nombre de bottes de paille de vesce/ ha	Valeur unitaire d'une botte de paille (DA)	Dépense du bottelage (DA/ botte)	Valeur finale de botte/ ha (DA/ha)	Coût de production d'un hectare de semences de vesce (DA/ ha)
50500	47	700	100	600	22300

2. Estimation du taux de substitution du tourteau de soja par les grains *Vicia narbonensis* L. dans une formule de concentré

2.1. Taux de substitution nutritif

L'analyse de variance montre qu'il n'y a pas de différence significative ($P < 0.05$) entre les écotypes en terme de valeur PDIN /ha. La comparaison des moyennes selon le test de Tukey à 5% révèle un (1) seul groupe (Tableau 19 ; Figure 33).

Tableau 19. Valeurs PDIN /ha des dix écotypes de *Vicia narbonensis* L.

Ecotype	PDIN /ha
N-2380	393677.67 ^A
N-2383	403754.79 ^A
N-2390	448858.60 ^A
N-2392	408871.07 ^A
N-2393	405957.16 ^A
N-2461	417684.60 ^A
N-2464	441612.92 ^A
N-2466	462744.32 ^A
N-2468	361062.86 ^A
N-2561	297742.36 ^A

^A : Les groupes de moyennes selon le test de Tukey au seuil de 5%

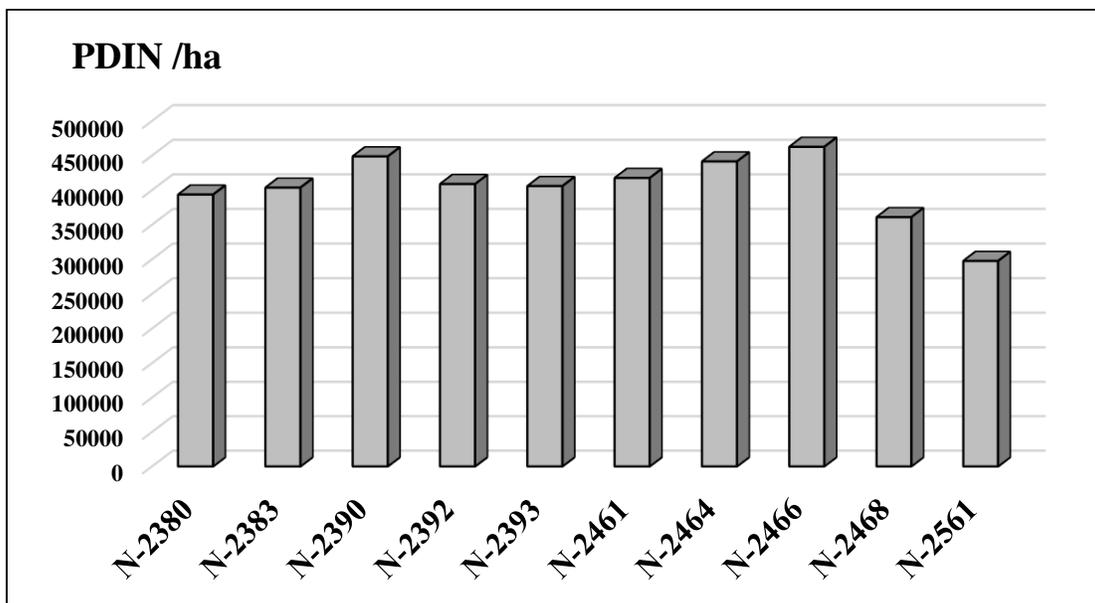


Figure 33. Valeurs PDIN /ha des dix écotypes de *Vicia narbonensis* L.

L'écotype N-2466 est sélectionné car il présente la valeur PDIN /ha la plus élevée (462744.3207 PDIN /ha) parmi les dix écotypes de *Vicia narbonensis* L. testés (Tableau 19 ; Figure 33).

Le rapport valeur PDIN (g/kg MS) de l'écotype N-2466 / valeur PDIN (g/kg MS) du tourteau de soja donne un taux de substitution de 62% (la valeur PDIN du tourteau de soja est de 377.0 g/kg MS (INRA, 2010)). Cela signifie que ; 1.61 kg de vesce en grains est l'équivalent d'un kilogramme de tourteau de soja:

$$1 \text{ kg de tourteau de soja} = 1.62 \text{ kg de vesce en grains}$$

Dans le cas du concentré vache laitière 'Laiterie COOPSEL (Anfel)', la part du tourteau de soja est de 16.10 kg/q. En utilisant le coefficient de substitution calculé auparavant, la quantité de vesce en grains nécessaire pour remplacer le tourteau de soja est de 25.97 kg.

Dans les années 2000, l'utilisation des protéagineux en substitution d'une partie des tourteaux a été réévaluée dans le cas de vaches à haut niveau de production par une série d'essais conduits par l'Institut de l'élevage (Brunschwig et Lamy, 2002, 2003 ; Brunschwig *et al.*, 2004). L'ensemble de ces travaux a été synthétisé dans une plaquette de vulgarisation (Unip-Arvalis, l'Institut de l'élevage, 2005) sur l'utilisation des pois et féveroles par les ruminants, en proposant la règle de substitution suivante pour les vaches en lactation :

$$1 \text{ kg de tourteau de soja} = 2.3 \text{ kg de pois} + 0.1 \text{ kg de tourteau de soja tanné}$$

$$1 \text{ kg de tourteau de soja} = 2 \text{ kg de féverole} + 0.1 \text{ kg de tourteau de soja tanné}$$

Des recommandations de distribution en élevage, en fonction du type de ration de base, sont également proposées et montrent la faisabilité de distributions allant jusqu'à 6 kg par vache laitière et par jour, et de préférence sous forme broyée grossièrement. Le pois et la féverole viennent en complément d'un correcteur azoté, et sont donc essentiellement utilisés comme des concentrés de production avec un apport complémentaire de tourteaux éventuellement tannés.

2.2. Impact de la substitution sur le plan économique

Le coût de production d'un kilogramme de vesce en grains est calculé par le rapport du coût de production à l'hectare/ le rendement moyen en grains de l'écotype N-2466. Avec un coût de production d'un kilogramme de vesce en grains de 11.33 DA/kg, la substitution du tourteau de soja dans le cas du concentré vache laitière 'Laiterie COOPSEL (Anfel)', engendre un coût de 294.24 DA/ 25.97 kg de vesce en grains ; sachant que le prix d'achat de tourteau de soja est de

13000 DA/q (Communication personnelle avec un prestataire de services agricoles). Cette substitution aboutit à un gain potentiel 1798.76 DA/q de concentré.

Sur la base de ces résultats, on peut dire que les espèces de vesces ; notamment *Vicia narbonensis* L. ; sont utiles pour augmenter la production algérienne de matières riches en protéines pour nourrir les animaux, car actuellement les besoins de l'Algérie sont couverts par les importations de tourteaux de soja - l'Algérie importe annuellement 1,25 million de tonnes de soja (ONAB, 2021) - ; afin de réduire la dépendance aux importations, et contribuer à l'évolution des systèmes alimentaires vers plus de protéines végétales produites localement.

Les cultures fourragères s'inscrivant dans un projet de production animale, c'est-à-dire dans un système d'élevage, voire dans un système mixte de production (intégrant l'agriculture et l'élevage), il est important de pouvoir évaluer les coûts de production pour les mettre en rapport avec les revenus obtenus par les productions animales produites. Ces productions (lait, viande, travail animal) peuvent être vendues ou autoconsommées (Klein *et al.*, 2014).

Sur le plan économique, la coordination des cultures et de l'élevage permet d'accéder à une certaine autonomie du système de production et engendre une moindre dépendance aux marchés des intrants (Ryschawy *et al.*, 2012).

Discussion générale

Discussion générale

D'après les résultats des trois années d'expérimentation ; il est possible de répartir les 10 écotypes de *Vicia narbonensis* L. en quatre classes (Figure 34) :

- 1) Ecotypes à vocation nettement grainière ayant un rendement en grains supérieur à la moyenne générale Y et un rendement en matière sèche inférieur à la moyenne générale X : N-2380 ; N-2383 ; N-2390 ; N-2461 et N-2466. Il est remarquable que ces écotypes ont des rendements en matière sèche se situant autour de la moyenne générale X.
- 2) Ecotypes à double exploitation (mixtes) ; ayant une souplesse d'exploitation. Ces écotypes ont un rendement en grains et un rendement en matière sèche élevés. Il s'agit des écotypes : N-2392 et N-2464. Ces écotypes auront un intérêt dans les travaux futurs.
- 3) Ecotypes à vocation fourragère ayant un rendement élevé en matière sèche et un rendement en grains inférieur à la moyenne générale Y : N-2561.
- 4) Ecotypes à bas rendements en grains et en matière sèche. Ces écotypes ne s'adaptent pas à la double exploitation. Il s'agit des écotypes : N-2393 et N-2468.

La grande variabilité observée au niveau des caractères phénologiques, morphologiques et agronomiques mesurés pour les écotypes des deux vesces étudiées donne l'éventualité de sélectionner l'écotype approprié pour la mise en valeur des jachères en fonction des conditions climatiques et des systèmes de production pour la région semi-aride de Sétif.

Cette étude a mis en valeur le comportement de deux espèces du genre *Vicia* en conditions d'altitude, caractérisées par des stress hydriques et thermiques. L'espèce *Vicia narbonensis* L. semble plus tolérante au froid que *Vicia sativa* L.. Cette dernière qui se caractérise par sa période de floraison longue et tardive pourrait lui permettre d'échapper au froid. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Keatinge *et al.* (1991) et Abd El Moneim (1992) qui recommandent les deux espèces, *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L., pour les régions semi-arides.

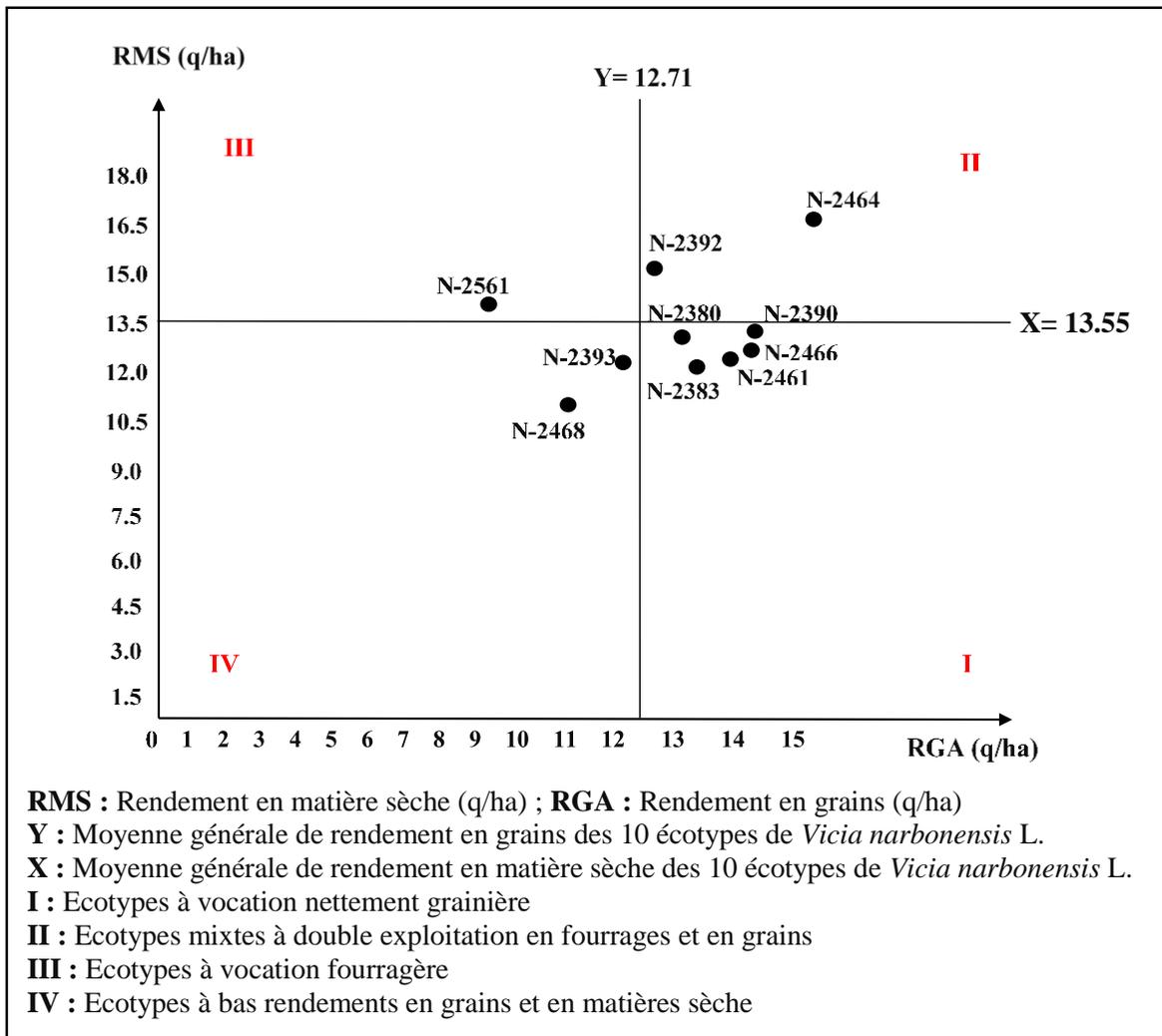


Figure 34. Répartition des 10 écotypes de *Vicia narbonensis* L. en quatre groupes d'après la moyenne des trois années d'expérimentation

La qualité et la valeur fourragère d'une plante résultent d'une part de son appétibilité et de sa consommation volontaire par les animaux et, d'autre part, de sa valeur nutritive c'est-à-dire de sa composition chimique et de sa digestibilité (Le Houerou, 1980). La connaissance de la composition chimique des fourrages est la première étape indispensable pour leur valorisation optimale en alimentation animale (Jarrige, 1988).

Les résultats obtenus sur la qualité nutritionnelle des écotypes de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. sont fortement intéressantes. Les valeurs énergétiques (UFL et UFV) et azotées (PDIE et PDIN) du grain de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. se sont avérées avoir des variations significatives ($P < 0.05$) dans cette étude. Certains auteurs (Krishnamoorthy *et al.*, 1995 ;

Lee *et al.*, 2000 ; Mauricio *et al.*, 2001) ont expliqué que l'écart entre les nutriments dans les mêmes groupes d'aliments était lié au climat, à l'irrigation, au type de sol, à la fumure, au moment de la récolte et aux conditions de séchage et de stockage.

La grande plasticité et adaptation des espèces de vesces, leur forte teneur en protéines, ainsi que les possibilités de leur introduction comme cultures alternatives suscitent l'intérêt de nombreux scientifiques dans ce domaine depuis le début du siècle dernier (Tupikova, 1926 ; Muratova, 1926 ; Maxted, 1995). Selon Houerou (1985), les espèces de vesces ont un énorme potentiel comme cultures de légumineuses pour les zones arides.

Bien que les légumineuses soient de bonnes sources de protéines brutes digestibles et que les ruminants puissent être moins sensibles que les monogastriques aux facteurs antinutritionnels présents dans les légumineuses, des recherches supplémentaires sont nécessaires avant de recommander l'inclusion de grandes quantités de ces aliments dans l'alimentation des ruminants (Hadjipanayiotou *et al.*, 1985).

En Espagne, en raison d'une composition nutritionnelle favorable, supérieure à celle de plusieurs autres espèces de légumineuses, l'industrie de l'alimentation animale souhaite remplacer le tourteau de soja par la vesce de narbonne produite localement (AGROPAL, 2015, 2017 ; Gomez Izquierdo *et al.*, 2018). Cependant, il est crucial que l'inclusion de la vesce de narbonne n'affecte pas négativement la qualité de la viande (Grunert *et al.*, 2004).

Deux paramètres à savoir ; la qualité et la quantité des graines sont primordiaux et contribuent au choix des espèces fourragères et des systèmes techniques pour les cultiver et les exploiter. L'éleveur doit donc arbitrer des compromis entre quantité et qualité pour ajuster le pilotage agronomique de son système fourrager et la conduite zootechnique et alimentaire de son troupeau (Klein *et al.*, 2015).

Dans une optique de recherche d'autonomie, la vesce de narbonne semble, dans les conditions semi-arides de Sétif, un bon compromis: elle constitue un excellent précédent cultural, c'est une culture non salissante, et sa teneur en protéines brutes des graines est élevée (Coutard, 2009).

Les résultats de la présente étude devraient nous aider à mieux comprendre le potentiel nutritionnel de *Vicia narbonensis* L. comme un aliment et fournir des informations de base sur l'alimentation des ruminants.

Dans le cas du concentré vache laitière 'laiterie COOPSSSEL', le coût du tourteau de soja représente 32% du coût total du concentré, la substitution par la vesce de narbonne en grains va générer un gain potentiel de 1798.76 DA/q. Ce dernier représente 28% du coût total du concentré. Il s'agit souvent de situation dans laquelle l'approche économique des coûts de la production fourragère constitue une aide à la décision, mais doit être bien replacée et discutée dans le contexte du système de production concerné (Klein *et al.*, 2015).

Conclusion générale et Perspectives

Conclusion générale et Perspectives

Malgré que les légumineuses fourragères sont moins exigeantes que beaucoup d'autres cultures et ont une grande importance pour être intégrées aux différents systèmes de production compte tenu de leur rôle durant la rotation (nettoyantes, enrichissement du sol en azote et en matière organique...) et dans l'alimentation du cheptel, en Algérie, elles n'ont jamais eu la place qui leur est due. Peu de travaux ont été réalisés sur les espèces du genre *Vicia* en particulier *Vicia narbonensis* L. dans notre pays.

A ce niveau-là, il serait plus intéressant de développer la culture des légumineuses fourragères. Les axes de développement doivent être en rapport avec les vocations et les potentialités de la zone agro-écologique semi-aride, tout en tenant compte de l'équilibre entre la disponibilité en ressources fourragères et les besoins alimentaires du cheptel. En d'autres termes, il s'agit d'établir un compromis entre l'offre fourragère et les besoins des troupeaux au niveau de cette zone pour parvenir à l'autonomie alimentaire et, par la suite, envisager une stratégie qui soutiendrait la complémentarité entre les différentes zones.

Les résultats obtenus dans cette étude révèlent que *Vicia narbonensis* L. présente des caractéristiques agronomiques et phénologiques très intéressantes. La grande variabilité des caractères mesurés entre les 10 écotypes de *Vicia narbonensis* L. notamment différents potentiels de rendements en matière sèche et de grains offre la possibilité de sélectionner l'écotype ou les écotypes qui conviennent le mieux à retenir afin d'envisager leur inclusion dans le cadre de la récupération de la jachère ou dans la mise en valeur des terres marginales en zones semi-arides et ce en fonction des caractéristiques climatiques et des besoins nutritionnels des différents systèmes de production pratiquant la rotation céréale/jachère.

Vicia narbonensis L. s'est montré plus tolérante au froid que *Vicia sativa* L.. Les années et la pluviométrie ont une influence significative sur de nombreux caractères pris en compte. Ainsi le classement des écotypes, exprimé sur la base de caractères étudiés, constitue une étape primordiale à leur exploitation en sélection. Par conséquent, selon les critères de sélection, ce matériel végétal peut être utilisé dans les programmes d'amélioration des populations et au développement à court ou à long terme de nouveaux écotypes plus productifs.

Par rapport à *Vicia sativa* L., *Vicia narbonensis* L. est bien adaptée à la production de grains car elle ne s'égrène pas à maturité pour ne pas salir la culture qui vient après et possède un port érigé permettant la récolte mécanique.

Les résultats de la valeur nutritive révèlent que les valeurs énergétiques et azotées des 10 écotypes de *Vicia narbonensis* L. sont assez importantes. En raison de la teneur élevée en protéines brutes dans les grains, les aliments à base de vesce de narbonne peuvent être utilisés comme source alternative de protéines à la place des concentrés coûteux et importés pour répondre aux besoins du cheptel national.

En 2021, l'Algérie a importé 1.25 million de tonnes de tourteau de soja pour 721.65 million de dollars. Théoriquement, pour complètement remplacer le tourteau de soja, 2.01 million de tonnes de vesce de narbonne en grains est nécessaire avec une superficie cultivée de 1.02 million d'hectare. Cette superficie représente seulement 12% de la SAU et 36% des terres laissées en jachère. Par conséquent, l'Algérie économisera 394.96 million de dollars. La recherche d'une plus grande autonomie protéique de l'élevage algérien peut constituer un cadre favorable à un regain d'intérêt des graines de vesce de narbonne en élevage.

Cependant, des études futures pourraient être nécessaires pour renforcer la base de données sur la valeur nutritive des vesces en grains ; en particulier *Vicia narbonensis* L., de même la caractérisation des métabolites secondaires qui sont considérées comme des éléments antinutritionnels afin de déterminer les taux d'inclusion de cette matière première dans des aliments équilibrés dans l'alimentation des ruminants sans altération des performances.

Il demeure indispensable d'évaluer et de valoriser cette espèce et d'encourager la production des semences sur la base de méthodologies appropriées et adéquates, afin de pallier le manque fourrager existant. La culture et les productions de *Vicia narbonensis* L. seront vraisemblablement la clé du système agricole semi-aride de demain qui permet de les rentabiliser.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abbad Andaloussi, F., et Chahbar, A. (2005). La création variétale à l'INRA : Méthodologie, Acquis et Perspectives. Rabat, Maroc.

Abd El Moneim, A. M. (1984). ICARDA Annual Report, P.O.Box 5466, Aleppo, Syria, 257-259

Abd El Moneim, A. M. (1992). Agronomic potential of three vetches (*Vicia* spp.) under rainfed conditions. *Journal of Agronomic Crop Sciences*, 170: 113-120.

Abd El Moneim, A. M., Cocks, P. S., et Swedan, Y. (1988). Yield stability of selected forage vetches (*Vicia* sp.) under rainfed conditions in west Asia. *Journal of Agricultural Sciences*, 111: 295-301.

Abd El Moneim, A. M., et Saxena, M. C. (1997). Developing cultivated forage legumes for improved yield and quality to feed livestock in the dry areas. In: Haddad, N., Tutwiler, R., et Thomson, E. (eds). Improvement of crop-livestock integration systems in west Asia and North Africa. *Proceedings of the regional symposium on integrated crop livestock systems in the dry areas of West Asia and North Africa*, 6–8 November 1995, Amman, Jordan. ICARDA, Aleppo, Syria.

Abd El Moneim, A. M., Khair, M. A., et Cocks, P. S. (1990). Growth analysis, herbage and seed yield of certain forage legume species under rainfed conditions. *Journal of Agronomic Crop Sciences*, 164: 34-41.

Abd-El Moneim, A. M. (1992). Narbon vetch (*Vicia narbonensis*): A potential feed legume crop for dry areas in west Asia. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 169 (5): 347–353.

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

Abdelguerfi, A., Laouar, M., et M'Hammedi Bouzina, M. (2008). Les productions fourragères et pastorales en Algérie: Situation et Possibilités d'Amélioration. *Revue Semestrielle 'Agriculture & développement'* (INVA, Alger), 6 : 14-25.

Abdelguerfi, A., Laouar, M., Tazi, M., Bounejmate, M., et Gaddes, N. E. (2000). Présent et futur des pâturages et des légumineuses fourragères en région méditerranéenne : Cas du Nord de l'Afrique et de l'Ouest de l'Asie. In Proceeding "Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses", 10th Meeting of the Mediterranean Sub-Network of the FAO-CIHEAM. Sassari (Italie), 4-9 April 2000. *Cahiers Options Méditerranéenne*, 45: 461-467.

Abdullah, Y., Muwalla, M. M., Qudsieh, R. I., et Titi, H. H. (2010). Effect of bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds as a replacement protein source of soybean meal on performance and carcass characteristics of finishing Awassi lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 42 (2): 293-300.

Açikgöz, E. (1982). Parameters of cold tolerance in common vetch. *Euphytica*, 31 (3): 997-1001.

Açikgöz, E. (1988). Annual Forage Legumes in the Arid and Semi-arid Regions of Turkey. In: Beck, D. B., et Mateori, L. A. (Eds.), Nitrogen Fixation by Legumes in Mediterranean Agriculture. ICARDA, the Netherlands, pp47-54.

Acikgoz, E., et Rumbaugh, M. D. (1979). Variation in seed and seedling traits of common vetch (*Vicia sativa* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 59: 511–513.

Açikgöz, E., Turgut, I., et Ekiz, H. (1986). Variation of seed yield and its components in Common Vetch under Different Conditions. XVI. *International Grassland Congress*, Nice-France, pp641-642.

Adem, R., et Ferrah, A. (2001). Les productions fourragères en Algérie: Un déficit chronique (Année 2001). Bilan fourrager Algérie, 5p.

ADEME, (2015). Cultiver des légumineuses pour réduire l'utilisation d'intrants de synthèse. Agriculture et environnement: Des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie. 5 : 11p.

AGROPAL, (2015). Nuevos proyectos para garantizar tu futuro. No 136, pp26-27.

AGROPAL, (2017). Nuevos proyectos para garantizar tu futuro. No 143, pp23-25.

Akpinar, M., Akpinar, A., et Türkoğlu, S. (2001). Total lipid content and fatty acid composition of the seeds of some *Vicia* L. species. *Food Chemistry*, 74: 449–453.

Aletor, V. A., Goodchild, A. V., et Moneim, A. M. A. E. (1994). Nutritional and anti-nutritional characteristics of selected *Vicia* genotypes. *Animal Feed Science and Technology*, 47: 125–139.

Alfa, H., et Bello, M. (2004). Contribution à l'évaluation du bilan des ressources fourragères en Algérie. Mémoire Ingéniorat Agro, INA, El-Harrach (Alger), 59p.

Altınok, S. (2002). The effects of different mixture of hairy vetch (*Vicia villosa* L.) and narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) seeded with barley (*Hordeum vulgare* L.) on silage quality. *Journal of Agricultural Sciences*, 8 (3): 232-237.

Altınok, S., et Hakyemez, H. (2002). The effects on forage yields of different mixture rates of hairy vetch (*Vicia villosa* L.) and narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) seeded with barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Agricultural Sciences*, 8 (1): 45-50.

Angelova, G. Y. S. (2007). Study on the Productive Potential of Some *Vicia* L. Species. *Plant Genetic Resources*, Sadovo, Bulgaria, pp97-102.

Anonyme, (1992). Les réserves fourragères, MCV et IEMVT-CIRAD. I. Le Foin. Fiche technique d'élevage tropical. *Ressources alimentaires*. Fiche n°3. 12p.

AOAC, (1990). Official Methods of Analysis of AOAC International, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, 684p.

Aufrère, J. (1982). Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. *Annales de Zootechnie*, 31: 111-130.

Aufrère, J., Andrieu, J., Baumont, R., Dulphy, J. P., Delaby, L., et Peccatte, J. R. (2005). Analyse d'une banque de données de digestibilités mesurées in vivo et par la technique pepsine-cellulase : perspective pour la prévision de la valeur énergétique des fourrages. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 12, 109.

Aufrère, J., Dudilieu, M., et Poncet, C. (2008). *In vivo* and *in situ* measurements of the digestive characteristics of sainfoin in comparison with Lucerne fed to sheep as fresh forages at two growth stages as a hay. *Animal*, 2: 1331-1339.

Aufrère, J., Theodoridou, K., et Baumont, R. (2012). Valeur alimentaire pour les ruminants des légumineuses contenant des tanins condensés en milieux tempérés. *INRA Production Animale*, 25 : 29-44.

Avcioğlu, R., Kavut, Y. T., et Okkaoğlu, H. (2009). Narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.). In: Avcioğlu, R., Hatipoğlu, R., et Karadağ, Y. (eds.), Forage crops, Volume 2, (pp421-425). Ministry of Agriculture and Rural Affairs, General Directorate of Agricultural Production and Development. Emre Publ House, İzmir.

Ayadi, M., Acherkouk, M., et Jaber, A. (2020). Composition en phénols des principales plantes fourragères pastorales utilisés dans l'alimentation des caprins au niveau de la région Nord-ouest du Maroc. Rapport sur la conduite technique des troupeaux caprins et sur la qualité et la typicité de la viande de chevreaux de Chefchaouen. Rapport de convention entre la DPA et l'INRA de Tanger, 165p.

Ayadi, M., Al Gharad, A., Bouassab, A., Jaber, A., et Acherkouk, M. (2022). Composition chimique, digestibilité et valeur fourragère des plantes fourragères pastorales pérennes de hautes montagnes de la région Nord du Maroc. *AFRIMED AJ –Al Awamia*, (137): 01-21.

Badarou, K. O., Adehan, S. B., Bello, O. D., Adjolohoun, S., Oumorou, M., Gbego, T. I. et Babatounde, S. (2021). Valeur Nutritive Des Espèces Herbacées Appétées Par Les Ruminants Sur Les Parcours Naturels Du Nord-Est Du Benin. *European Scientific Journal*, 17 (1) : 265-283.

Baldy, G. (1974). Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques et de leurs influences sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. INRA- Bioclimatologie. Versailles, France.

Batterham, E. S. et Egan, A. R. (1986). Utilization of food legumes as feed. In: Wallis, E. S., et Byth, D. E. (Eds). *Food Legume Improvement for Asian Farming Systems*, Canberra: ACIAR, pp193-200.

Baumont, R., Aufrère, J., et Meschy, F. (2009). La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages*, 198: 153-173.

Baumont, R., Aufrère, J., Niderkorn, V., Anduza, D., Surault, F., Peccatte, J.R., delaby, L., et Pelletier, P. (2008). La diversité spécifique dans le fourrage : conséquence sur la valeur alimentaire”, *Fourrages*, 194 : 189-206.

Baumont, R., Dulphy, J. P., Sauvant, D., Meschy, F., Aufrère, J., et Peyraud, J. L. (2007). Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : Tables et Prévision. In : Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Tables INRA 2007. Editions Quae. Versailles, 307p.

Bekhouche, G.N. (2011). Evaluation de la Durabilité des Exploitations Bovines Laitières des Bassins de la Mitidja et d'Annaba. Institut Nationale Polytechnique de Lorraine, Nancy-Université.

Belaid, D. (2018). Fourrages: traiter le foin de vesce-avoine à l'urée : Une technique simple pour enrichir en azote ce fourrage. *Collection Brochures Agricoles*, 3p.

Benyoussef, S. (2019). Quelles cultures fourragères sous un climat en mutation? L'élevage dans les régions aride et semi-aride face aux défis du changement climatique. Erasmus Program of the European Union.

Berger, J. D., Robertson, L. D., et Cocks, P. S. (2002). Agricultural potential of Mediterranean grain and forage legumes : Key differences between and within *Vicia* species in terms of phenology, yield and agronomy give insight into plant adaptation to semi-arid environments. *Genetic Resources of Crop Evolution*, 49: 313-325.

Berhanu, G., John, P., et Simeon, E. (2003). Land tenure and land management in the highlands of Northern Ethiopia. Research in Agricultural and applied economics. *Ethiopian Journal of Economics*, 8 (2): 46-63.

Berrekia, R. (1985). Contribution à l'étude du genre *Hedysarum L.* en Algérie. Institut National Agronomique, Alger, Algérie.

Bessaoud, O., Pellissier, J. P., Rolland, J. P., et Khechimi, W. (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. [Rapport de recherche] CIHEAM-IAMM, pp82.

Birch, A. N. E. (1983). A Taxonomic study of aphid resistance in the genus *Vicia*. Ph.D. thesis. University of Southampton.

Bouazza, L., Bordas, R., Boufennara, S., Bousseboua, M., et Lopez, S. (2012). Nutritive evaluation of foliage from fodder trees and shrubs characteristic of Algerian arid and semi -arid area. *Journal of animal and feed sciences*, 21: 521-536.

Boutin, J. P., Dronne, Y., Ducournau, S., J., Gueguen, Le Guen, J., Munier-Jolain, N., Seve, B., et Tivoli, B. (1999). *Rapport sur la Filière protéagineux*, 165p.

Bouzerzour, H., et Benmahammed, A. (1994). Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateaus of eastern Algeria. *Rachis*, 12: 11-14.

Bouzida, S. (2008). Impact du chargement de la diversification fourragère sur les performances du bovin laitier : cas de la wilaya de Tizi Ouzou. Thèse de Magister Agro., ENSA, El-Harrach (Alger), 120p.

- Brunschwig, P., et Lamy, J. M. (2002). Utilisation de féverole ou de tourteau de tournesol comme sources protéiques dans l'alimentation des vaches laitières. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 9: 316.
- Brunschwig, P., et Lamy, J. M. (2003). Les protéagineux contribuent à l'autonomie alimentaire du troupeau laitier alimenté avec du maïs ensilage, sans pénaliser les performances. *Fourrages*, 175: 395-402.
- Brunschwig, P., Lamy, J. M., Peyronnet, C., et Crépon, K. (2004). Valorisation de la féverole dans des rations pour vaches laitières. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 11 : 275.
- Bryant, J.A., et Hughes, S.G. (2011). Vicia. In: Chittaranjan, K. (Eds.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, pp273-289.
- Bucak, B., et Anlarsal, A. E. (1996). Cytological and morphological research on the population of common vetch (*Vicia sativa* L.) and hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) collected on the Çukurova region. *3rd National Pasture-Meadow and Forage Crops Congress*. 17-19 June-Erzurum-Turkey, pp239-245.
- Büyükburç, U., et İptaş, S. (2001). The yield and yield components of some narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) lines in Tokat ecological conditions. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 25 (2): 79-88.
- Çakmakçi, S., Aydinoglu, B., et Karaça, M. (2003). Relationship between seed yield and some morphological and agronomical characters in common vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes. *Bangladesh Journal of Botany*, 32 (2): 89-94.
- Çakmakçi, S., Çeçen, S., et Aydinoğlu, B. (1999). Comparison of seed and straw yield in vetch species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (3), 613-618.
- Carrouée, B., Crépon, K., et Peyronnet, C. (2003). Les protéagineux : intérêt dans les systèmes de production fourragers français et européens. *Fourrages*, 174 : 163-182.
- Carter, E. D. (1975). Le potentiel de développement de La production céréalière et de L'élevage en Algérie. Centre International pour L'Amélioration du Maïs et du Blé, Apdo. Mexico.
- Cesar, J., Ehouinsou, M., et Gouro, A. (2004). Production fourragère en zone tropicale et conseils aux éleveurs : Conseils et formation en appui à la production laitière. PROCORDEL, 48p.
- Charalambous, K. M., Hadjigeorgiou, P., et Papachristoforou, C. (1999). Narbon vetch (*Vicia narbonensis*) as a potential substitute of soyabean meal in broiler diets. *Technical bulletin 200*, pp1-11.
- CIHEAM, (2006). Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région méditerranéenne. Centre International des Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes, CIHEAM.
- Clos, D. (1898). Les *Vicia narbonensis* L. et *serratifolia* Jacq. espèces autonomes. *Bulletin de Société Botanique de France* 45, 3 (5) : 380-385.

- Comité d'experts sur la nutrition animale, (1986): Laboratory evaluation of farm grown forage. In: Proc. Third ECAN Workshop. Winnipeg, Man., Agriculture Canada, 24–27.
- Córdoba, E. M. Nadal, S. González-Verdejo, C. I. (2015). Common vetch production in Mediterranean Basin. *International Legume Society*. 10: 34-36.
- Costa-Lima, F. (2015). Fourniture en azote de résidus issus de différentes espèces légumineuses étudiées en conditions contrôlées au laboratoire. UMR Agroécologie, Dijon.
- Coutard, A. P. (2009). Valeur nutritive des matières premières cultivées en agriculture biologique et utilisées par les ruminants. Alimentation des ruminants en AB - Cahier 1, 16p.
- CREAD, (2018). Analyse de l'état de sécurité alimentaire et nutritionnelle en Algérie. Volume 1.
- Ćupina, B., Erić P., Krstić, Đ., et Vučković, S. (2004). Forage catch crops in sustainable agriculture and organing farming. *Acta Agriculturae Serbica*, 9 (17): 451-459.
- Ćupina, B., Mikić, A., Krstić, Đ., Antanasović, S., Pejić, B., Erić, P., et Ignjatović-Ćupina, A. (2011). Mutual intercropping of spring annual legumes for grain production in the Balkans. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81: 971–972.
- Davies, C. L., Siddique, K.H.M., et Perry, M.W. (1993). Preliminary Evaluation of *Lathyrus* and *Vicia* species in Western Australia. Department of Agriculture, Western Australia.
- Davis, P. H., Pllitmann, U. (1970). *Vicia* L. In: Davis, P. H. (Ed.). Flora of Turkey and East Aegean Islands 3. Edinburgh University Press, Edinburgh, 274-325.
- Delaby, L., Pavie, J., McCarthy, B., Comeron, E. A., et Peyraud, J. L. (2016). Les légumineuses fourragères, indispensables à l'élevage de demain. , *Fourrages*, 226 : 77-86.
- DE-MADR, (2003). Bilan fourrager. Direction de l'élevage, service de l'alimentation de bétail, Rabat.
- Demarquilly, C., Faverdin, P., Geay, Y., Vérité, R., et Vermorel, M. (1996). Bases rationnelles de l'alimentation des ruminants. *INRA Production Animale*, Hors-série, p71-80.
- Développement Durable, (2010). Avantages environnementaux et économiques d'une relance des légumineuses en France – Le Point, n° 40.
- Dixon, R. M., et Hosking, B. j. (1992). Nutritional value of grain legumes for ruminants. *Nutrition Research Reviews*, 5: 19-43.
- Dommergue, Y. (1970). Ecologie microbienne du sol. Ed. Masson et Cie, p597-598.
- Eason, P. J., Johnson, R. J., et Castleman, G. H. (1987). Narbon bean a potential new grain legume for poultry. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*, 12: 119.
- Eason, P. J., Johnson, R. J., et Castleman, G. H. (1990). The effects of dietary inclusion of narbon beans (*Vicia narbonensis* L.) on the growth of broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research*, 41 (3): 565-571.

El Moneim, A. A. M. (1989). Advanced yield trials with chickling and narbon vetch. *Forage and Livestock Program Annual Report*, ICARDA, Aleppo, Syria, pp18–26.

Elçi, Ş., et Açıkgöz, E. (1989). Forage legume (Leguminosae) and grass (Gramineae). Application Guide, Avşaroğlu Press, Ankara- Turkey.

Enneking, D. (1993). The biological chemistry of *Vicia* toxins. Ph. D. thesis. University of Adelaide, South Australia.

Enneking, D. (1995). Post-harvest detoxification: the key to alternative *Vicia* grain legumes? In: Yusuf, H. K. M. et Lambein, F. (Eds). *Lathyrus sativus* and Human Lathyrism: Progress and Prospects. Dhaka: University of Dhaka, pp85-92.

Enneking, D. Giles, L. C., Tate, M. E., et Davies, R. L. (1993). L-canavanine: a natural feed-intake inhibitor for pigs (isolation, identification and significance). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61: 315-325.

Enneking, D., et Maxted, N. (1995). Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.). In: Smartt, J., et Simmonds, N. W. (Eds). *Evolution of Crop Plants*. Longman: London, pp316-321.

FAO, (2007). Statistiques sur les terres ; ressources STAT en ligne. www.fao.org

FAOSTAT, (2013). Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, <http://faostat3.fao.org.org>

Fırıncioğlu, H. K., Ünal, S., Pank, Z., et Beniwal, S. P. S. (2012). Growth and development of narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) genotypes in the semi-arid central Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10 (2): 430-442.

Francis, C. M., Enneking, D., Abd El Moneim, A. (1999). When and where will vetches have an impact as grain legumes? In: Knight, R. (Ed.). Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century. *Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference*, Adelaide 1997. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*, 34: 671-683.

Frutos, P., Hervas, G., Giraldez, F. J., et Mantecon, A. R. (2004). Review. Tanins and ruminants nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2): 191-202.

Getnet, A., Tekleyohanes, B., Lemma, G., Mesfin, D., et Diriba, G. (2003). Major herbaceous forage legumes: Some achievements in species and varietal evaluation in Ethiopia. In: Kemal, A., Seid, A., Surendra, B., Gemechu, K., Rajendra, M. and Khaled. M. (Eds.). Food and forage legumes of Ethiopia: Progress and prospects. *Proceedings of the work shop on food and forage legumes*, 22-26 September 2003. Addis Ababa, Ethiopia.

Gezahagn, K., Getnet, A., Alemayehu, M., et Hussein, M. (2013). Evaluation of Vetch Species and their Accessions for Agronomic Performance and Nutritive Value in the Central Highlands of Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*, 24, 99-121.

- Ghizaw, A., Mamo, T., Yilma, Z., Molla, A., et Ashagre, Y. (1999). Nitrogen and phosphorus effects on faba bean yield and some yield components. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 182: 167-174.
- Gómez-Izquierdo, E., de Mercado, E., Gómez-Fernández, J., Tomás, C., Guillamón, E., Varela, A., Muzquiz, M., Pedrosa, M. M., López-Nuez, P., et Latorre, M. A. (2018). Tolerancia a diferentes factores antinutritivos en lechones alimentados con guisantes de invierno (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) en la fase estárter. *Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario*, 114 (3): 243-258.
- Graham, P. H. et Vance, C. P. (2003) Legume Importance and Constraints to Greater Use. *Plant Physiology*, 131: 872-877.
- Gramsh, E. S. (1982). Variation in the quantitative characters of *Vicia sativa* L. *Plant Breeding Abstract*, 52 (5).
- Grunert, K. G., Bredahl, L., et Brunsø, K. (2004). Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - A review. *Meat Sciences*, 66: 259-272.
- Guedes, C. M. et Dias da Silva, A. (1996). Cinétique de la dégradation dans le rumen de la matière sèche et de l'azote de graines de légumineuses méditerranéennes. *Annales de Zootechnie*, 45 (5): 423-435.
- Guerin, H. (1999). Valeur alimentaire des fourrages cultivés. In : Roberge, G., et Toutain, B. (Eds.). Cultures fourragères tropicales. CIRAD- Repères- Montpellier. pp93-145.
- Guerin, H., Richard, D., Lefevre, P., Friot, D., et Mbaye, N. (1989). Prévion de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. *XVIème Congrès International des Herbages*, Nice, France, pp879- 880.
- Haddad, S.G. (2006). Bitter vetch grains as a substitute for soybean meal for growing lambs. *Livestock Sciences*, 99 (2-3): 221-225.
- Hadjipanayiotou, M. (2000). Chemical composition, digestibility and *in situ* degradability of narbon vetch grain and straw grown in a Mediterranean region. *Annales de zootechnie*, 49 (6): 475-478.
- Hadjipanayiotou, M., Economides, S., et Koumas, A. (1985). Chemical composition, digestibility and energy content of leguminous grains and straws grown in a Mediterranean region. *Annales de Zootechnie*, 34 (1): 23-30.
- Hadjipanayiotou, M., et Economides, S. (2001). Chemical composition, *in situ* degradability and amino acid composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. *Livestock Research for Rural Development*, 13: 6.
- Hamrit, S. (1995). Situation des fourrages en Algérie. *Al Awamia* - 89 - Juin 1995, pp97- 108.

- Häring, D. A., Scharenberg, A., Heckendorn, F., Dohme, F., Lüscher, A., Maurer, V., Suter, D., et Hertzberg, H., (2008). Tanniferous forage plants: agronomic performance, palatability and efficacy against parasitic nematodes in sheep. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23: 19-29.
- Hoste, H., Jackson, F., Athanasiadou, S., Thamsborg, S. M., et Hoskin, S. O. (2006). The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends Parasitol*, 22: 253-261.
- Houérou, L. H. N. (1985). Forage and fuel plants in the arid zone of North Africa, the Near and Middle East. In: Wickens, G. E., Goodin, J. R., et Field, D. V. (Eds). *Plants for Arid Lands. Proceedings of the Kew Conference on Economic Plants of Arid Lands held in the Jodrell Laboratory*. Unwin Hyman, London, pp117-141.
- Houmani, M. (1999). Situation alimentaire du bétail en Algérie. *Recherche Agronomique, INRAA*, 4: 35-45.
- Huseyin, K. F. (2014). A comparison of six vetches (*Vicia* spp.) for developmental rate, herbage yield and seed yield in semi-arid central Turkey. *Grass and Forage Science*, 69 (2): 303-314.
- ILDIS, (1999). International Legume Database and Information Service. <http://www.ildis.org/>
- INRA, (1978). Alimentation des ruminants. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.
- INRA, (1988). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 471p.
- INRA, (2007). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Tables INRA 2007. Editions Quae. Versailles, 307p.
- INRA, (2010). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Paris, 311p.
- Inra-AFZ, (2004). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage (Sauvant D., Perez J.M., Tran G., eds), 2e édition revue et corrigée, Inra Éditions, Paris, 301p.
- Iptaş, S., et Karadağ, Y. (2009). Determination of the yield and yield components of narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) lines grown in spring. *Proceedings of 1st International Symposium on Sustainable Development*, Sarajevo, pp83-88.
- Issolah, R. (2008). Diversité et valorisation des ressources fourragères en Algérie : cas des genres *Trifolium* L. et *Hedysarum* L. (*Fabaceae*). *Congrès national sur les ressources phylogénétiques en Algérie*, INRAA – Alger, 87-104.
- Issolah, R. (2012). Synthèse de travaux réalisés sur certaines espèces appartenant aux genres *Trifolium* L. et *Hedysarum* L. (*Fabaceae*) en Algérie. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.
- Issolah, R., Beloued, A., et Yahiaoui, S. (2011). Preliminary Inventory of the species associated to *Sulla coronaria* (L.) Medik. (*Fabaceae*) in northeastern Algeria. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 17 (1): 83-101.

Issolah, R., Benhizia, H., et Khalfallah, N. (2006). Karyotype Variation within Some Natural Populations of Sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae) in Algeria. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(8): 1653-1664.

Issolah, R., Bouazza, L., Tahar, A., Terki, N., Dehiles, I., Mansour, B., et Nagoudi, T. (2015). Caractérisation écologique de l'habitat naturel du trèfle souterrain (*Trifolium subterraneum* L., Fabaceae) dans le nord-est de l'Algérie. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 70 (2): 182-193.

Issolah, R., et Abdelguerfi, A. (1999). Variability within 31 spontaneous populations of *Trifolium scabrum* L., nature of relations with factors of the site of origin. IX Meeting of the FAO-CIHEAM Sub-Network on mediterranean pastures and fodder crops. Badajoz, Spain from 26 to 29 November 1997. *Cahiers options méditerranéennes*, 39: 123-127.

Issolah, R., et Abdelguerfi, A. (2012). Morphological characterization within some Algerian populations of *Trifolium striatum* L. (Fabaceae). 14th Meeting of the FAO-CIHEAM Sub-Network on mediterranean pastures and Fodder crops. Samsun (Turkey). October 2012. *Options Méditerranéennes*. Série A : Mediterranean Seminars, 102 : 219-222.

Issolah, R., et Beloued, A. (2005). The fodder legumes in Algeria: Distribution, Endemism and Utilization. *Proceeding of the International conference on promoting community-driven conservation and sustainable use of dryland agrobiodiversity*. ICARDA, Aleppo, Syria, pp71-76.

Issolah, R., et Khalfallah, N. (2007). Analysis of the morpho-physiological variation within some Algerian populations of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.; Fabaceae). *Journal of Biological Sciences*, 7 (7): 1082-1091.

Issolah, R., Tahar, A., Alane, F., Sadi, S., Adjabi, M., Chellig-Siziani, Y., Yahiatene, S., et Lebied M. (2014). Analysis of the growth and the chemical composition within some Algerian populations of Sulla. *Journal of Biological Sciences*, 14 (3): 220- 225.

Issolah, R., Tahar, A., Sadi, S., Adjabi, M., Alane, F., Chellig-Siziani, Y., et Lebied, M. (2016). Analysis of the behaviour and the chemical composition within some algerian populations of *Trifolium subterraneum* L.. *Journal of Biological Sciences*, 16 (4): 148-154.

Issolah, R., Yahiaoui, S., Yassa, S., Beloued, A., Kerkouche, R., Makhlouf, A., Kherraz, R., Terki, N., Mansour, B., et Hamdaoui, A. (2001). Comportement de vingt populations spontanées de sulla (*Hedysarum coronarium* L.) en Algérie. In : INRAA, Agriculture de Montagne, Bejaia, Algérie, 11-13: 209-222.

Jaques, S., Dixon, R. M., Holmes, J. H. G. (1994). Narbon beans and field peas as supplements for sheep. *Small Ruminants Research*, 15: 39-43.

Jaritz, G. (1982). Amélioration des herbages et cultures fourragères dans le nord-ouest de la Tunisie: étude particulière des prairies de trèfles-graminées avec *Trifolium subterraneum*. *Schriftenreihe der GTZ (Germany)*, 119 : 1-340.

Jarrige, R. (1988). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA, Paris, 471p.

- Jarrige, R. (1988). Alimentation des bovins, ovins et caprins; Ed. INRA, Paris, 471p.
- Jarrige, R., Grenet, E., Demarquilly, C., et Besle, M. J. (1995) Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. In: Jarrige, R., Ruckebusch, Y., et Dermarquilly, C. (Eds.). Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion, INRA, Paris, p25-82.
- Jarrige, R., Journet, M., et Vérité, R. (1978). Azote. In : Jarrige, R. (ed), Alimentation des ruminants, chapitre 3 : 89-128. INRA Paris.
- Jensen, E. S., et Hauggaard-Nielsen, H. (2003). How can increased use of biological N₂ fixation in agriculture benefit the environment? *Plant Soil*, 252:177–186.
- Jeziorny, D., Mosenthin, R., et Bauer, E. (2010). The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 157: 111-128.
- Julier, B., et Huyghe, C. (2010). Quelles légumineuses fourragères (espèces et variétés) et quelles conduites pour améliorer l'autonomie protéique des élevages herbivores. *Innovations Agronomiques*, 11: 101-114.
- Kahlaoui, S., Hassan, H., Bouzid, S., et Stambouli-Essassi, S. (2021). Évaluation de la valeur nutritive de trois espèces de vesces Tunisiennes: *Vicia sativa* L., *Vicia villosa* Roth. et *Vicia narbonensis* L. (Fabaceae, Faboïdeae). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 47 (3): 8527-8541.
- Karadağ, Y., et Buyukburç, U. (2004). Effect of Different Seed Ratios on forage and Seed Yield of Some Common Vetch Cultivars under Tokat-Kazova Conditions. *Tarim Bilimleri Dergisi- Journal of Agricultural Sciences*, 10 (2): 149-157.
- Keatinge, J. D., Asghar, A., Roidar, B., Khan, R., Abd El Moneim, A. M., et Ahmad, H. (1991). Germplasm Evaluation of Annual Sown Forage Legumes under Environmental Conditions Marginal for Crop Growth in the Highlands of West Asia. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 166 (1): 48-57.
- Khabtane, A. (2018). Fiches Techniques Valorisées : Légumineuses Fourragères, ITGC, 2p.
- Khaldoun, A., Amroun, R., et Djennadi, F. (2001). Développement des fourrages en Algérie dans le cadre du plan national de développement agricole (PNDA). *Céréaliculture*, 34: 46p.
- Kharchaf, R. (2021). Détermination de la valeur nutritive de l'alimentation des caprins dans les élevages extensifs de la région du Nord du Maroc. Mémoire de Master en Sciences et Techniques de l'Université Abdelmalek Essaâdi, Maroc, 60p.
- Kicheva, P., et Angelova, S. (2006). Study on the productive potential of some *Vicia* L. species. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 12: 29-34.
- Kjeldahl, J. (1983). A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. *Zeitschrift für Analytische Chemie*, 22: 366-382.
- Klein, H. D., Rippstein, G., Huguenin, J., Toutain, B., Guerin, H., et Louppe, D. (2014). Les cultures fourragères. Éditions Quæ, CTA, *Presses agronomiques de Gembloux*, 262p.

- Krishnamoorthy, U., Soller, H., Steingass, H., et Menke, K. H. (1995). Energy and protein evaluation of tropical feedstuffs for whole tract and ruminal digestion by chemical analyses and rumen inoculum studies *in vitro*. *Animal Feed Science and Technology*, 52: 177-188
- Kroschel, J. (2001). A Technical Manual for Parasitic Weed Research and Extension. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, the Netherlands.
- Kupicha, F. K. (1976). The infrageneric structure of *Vicia*. Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh, 34: 287-326.
- Kupicha, F. K. (1981). *Vicieae*. In Polhill, R. M. et Raven, P. M. (Eds). Advances in Legume Systematics. Royal Botanic Gardens, Kew, p377-381.
- Ladizinsky, G. (1989). Origin and domestication of the Southwest Asian grain legumes. In Harris, D. H. et Hillman, G. C. (Eds). *Foraging & Farming*, London: Unwin Hyman, 376-389.
- Ladjali, R., et Tayeb Bey, A. (2016) Potentialités fourragères de quelques prairies de Dellys pendant l'hiver et le printemps. Thèse d'ingénieur E. N. S. A (Alger), 88p.
- Langer, R. H. M., et Hill, G. D. (1991). Agricultural plants. Sec. Ed. Cambridge University Press. First published 1981, 387p.
- Larbi, A., Abd El Moneim, A. M., Nakkul, H., Jammal, B., et Hassan, S. (2010). Intraspecies variations in yield and quality determinants in *Vicia* species: 2. Narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.). *Animal Feed Science Technology*, 162 (1-2): 20-27.
- Le Houerou, H. N. (1980). Agroforestry technics for the conservation and improvement of soil fertility in arid and semi-arid zones, Addis Ababa.
- Le Souder, C., et Labreuche, J. (2007). Planter une légumineuse à l'inter-culture. *Perspectives agricoles*, 333: 63-65.
- Lee, M. J., Hwang, S., et Wen-Shyg Chiou, P. (2000). Metabolizable energy of roughage in Taiwan. *Small Ruminant Research*, 36: 251-259.
- Lewis, G. P. (2005). *Legumes of the World*. Kew: Royal Botanic Gardens.
- Lorenzetti, F., et Falcinelli, M. (1987). Ricerca genetica e attività sementiera per le colture foraggere. *Inf. Agrario*, XLII (1): 61-66.
- MADR, (2016). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Statistiques agricoles : Superficies et Productions, Série B, 86p.
- MADR, (2017). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Les grandes cultures en chiffres, 32p.
- MADR, (2020). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- Mateo-Box, J. M. (1961). Leguminosas de grano. Ed. Salvat., Barcelona, pp145-151.

Mauricio, R., Owen, E., Mould, F. L., Givens, I., Teodorou, M. K., France, J., Davies, D. R., et Dhanoa, M. S. (2001). Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an in vitro gas production technique for evaluating forages. *Animal Feed Science and Technology*, 89: 33-48.

Maxin, G., Andueza, D., Celerier, A., Coquard, M., Daveau, B., Belaby, L., Gilles, V., Leray, O., Possémé, B., Reboul-Salza, M., et Violleau, S. (2012). Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages : La bonne analyse pour caractériser ses fourrages. Institut d'élevage, 4p.

Maxted, N. (1993). A phenetic investigation of *Vicia L.* subgenus *Vicia* (Leguminosae, Viciae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 111: 155-182.

Maxted, N. (1995). An ecogeographic study of *Vicia* subgenus *Vicia*. *International Board for Plant Genetic Resources*. Rome, Italy, 180p.

Mbengue, M. (2010). Perception et transduction du signal bactérien facteur Nod dans l'établissement de la symbiose rhizobium-légumineuse: recherche et caractérisation de partenaires du LysM-RLK LYK3, un récepteur putatif des facteurs Nod chez *Medicago truncatula* (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

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, 97p.

Mebarkia, A., Abbas, K., et Abdelguerfi, A. (2010). Phenology and agronomic performances of the species *Vicia narbonensis L.* in the semi-arid region of Setif. *Journal of Agronomy*, 9 (3): 75-81.

Mebarkia, A., Bouaza, L., et Telaouit, F. (2003). Actes des journées de création du Réseau Maghrébin pour l'Avoine et la Vesce (REMAV). *Bureau Régional de la FAO pour le Proche Orient Caire*, Egypte.

Mebarkia, A., Bougrine, H., Badache, F., et 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.

Mebarkia, A., et Abdelguerfi, A. (2006). Etude du potentiel agronomique de trois espèces de vesces (*Vicia spp.*) sous les conditions pluviométriques d'une région semi-aride de Sétif. *Workshop international « Diversité des fabacées fourragères et de leurs symbiotes : Applications Biotechnologiques, Agronomiques et Environnementales »*. Alger, 264-269.

Mebarkia, A., et Abdelguerfi, A. (2007). Etude de potentiel agronomique de trois espèces de vesce (*Vicia spp.*) et variabilité dans la région semi-aride de Sétif (Algérie). *Fourrages*, 192: 495-504.

Merdjane, L., et Yakhlef, H. (2016). Le déficit fourrager en zone semi-aride : une contrainte récurrente au développement durable de l'élevage des ruminants. Premier Séminaire International sur: Systèmes de Production en Zones Semi-arides. *Diversité Agronomique et Systèmes de Cultures*. M'sila, 1 : 43-51.

Mikić A., Mihailović, V., Katić, S., Karagić, Đ., et Milić, D. (2003): Protein pea grain – a quality fodder. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 19 (5-6): 465-471.

Mikić, A., Marjanović Jeromela, A., et Terzić, S. (2016). Brassicaceae are simply beautiful! *Cruciferae Newsletter*, 35: 36–39.

Mikić, A., Mihailović, V., Čupina, B., Đurić, B., Krstić, Đ., Vasić, M. et al. (2011). Towards the re-introduction of grass pea (*Lathyrus sativus*) in the West Balkan Countries: the case of Serbia and Srpska (Bosnia and Herzegovina). *Food and Chemical Toxicology*, 49: 650–654.

Mikić, A., Mihailović, V., Čupina, B., Vasiljević, S., Milošević, B., Katanski, S., Matić, R., Radojević, V., et Kraljević-Balalić, M. (2013). Agronomic characteristics related to grain yield and crude protein content in common vetch (*Vicia sativa*) accessions of diverse geographic origin. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 56 (4): 297-308.

Milczak, M., Pedzinski, M., Mnichowska, H., Szwed-Urbas, K., et Rybinski, W. (2001). Creative breeding of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) in Poland. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 2: 85-89.

Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche (MADR), (2006). Les schémas directeurs sectoriels de l'agriculture. Réunion d'évaluation du PNDAR- 2ème semestre 2006. MADR, Algérie.

Moskal, (1983). Essai d'évaluation du bilan fourrager en Algérie du Nord. INA d'Alger, 25p.

Muratova, V., (1926). Bulletin of Applied Botany, genetics, and plant breeding. Leningrad, 16: 99-149.

National Academy of Sciences, (1979). Tropical Legumes: Resources for the Future. Washington: National Research Council.

Nedjraoui, D. (2001). Profil fourrager. Algérie. FAO. Consulté le 10 Septembre 2022. <http://www.fao.org/AG/AGP/agpc/doc/coumprof/Algeria.htm>.

Nedjraoui, D. (2006). Profil fourrager- Algérie, 36p.

Nizam, I., Orak, A., Kamburoglu, I., Cubuk, M. G., et Moralar, E. (2011). Yield potentials of narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) genotypes in different environmental conditions. *Journal of food Agriculture & Environment*, 9 (1): 314-318.

Nouad, M. A. (2001). Alternatives fourragères en zones semi arides. *Actes de l'Atelier national sur la stratégie de développement des cultures fourragères en Algérie*, p8-11.

Nozières, M. O., Dulphy, J. P., Peyraud, J. L., Poncet, C., et Baumont, R. (2005). Estimation, pour les fourrages, de la dégradabilité des protéines (DT) dans le rumen et de la digestibilité réelle des protéines alimentaires dans l'intestin grêle (dr) : conséquences sur leurs valeurs PDI. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 12 : 105-108.

Office National de la Météorologie (ONM), (2017-2020). *Bulletin météorologique de la région de Sétif*. Office National de la Météorologie, Algérie.

ONS, (2023). Office National des Statistiques.

Oplinger, E. S., Hardman, L. L., Gritton, E. T., Doll, J. D., et Kelling, K. A. (1989). Alternative field crops manual, canola (rapeseed). Ext. Bull. Nov. 1989. Univ. of Wisconsin, Madison, WI.

Orak, A., et Nizam, İ. (2004). Agronomic and morphologic characters of some common vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes under Trakya region conditions. *Journal of Agronomy*, 3 (2): 72-75.

Ouknider, M., et Jacquard, P. (1986). Production et valeur nutritive de l'association vesce-avoine en zone Méditerranéenne. *Fourrages*, 105 : 39-62.

Özyazıcı, M. A., et Manga, İ. (2000). The effects of some leguminous forage crops used as green manure and plant residues on yield and quality of maize and sunflower under irrigated conditions of Carsamba plain. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24 (1): 95-103.

Perrier, A., et Soyer, J. P. (1970). Cereal crop in the highlands: Study of the rotation wheat /fallow in the region of Setif. *Working agricultural Experimental Farm*. Setif, Algeria.

Petterson, D. S., Mackintosh, J. B., et Sipsas, S. (1997). The chemical composition and nutritive value of Australian pulses. *Grains Research and Development Corporation*, Barton.

Peyrat, J., Nozière, P., Féraud, A., Le Morvan, A., Meslier, E., Protin, P. V., Carpentier, B., et Baumont, R. (2016). «Prévoir la digestibilité et la valeur énergétique du maïs fourrage : Guide des nouvelles références », ARVALIS - Institut du végétal – INRA, 8p.

Peyraud, J. L., Dourmad, J. Y., Lessire, M., Médale, F., et Peyronnet, C. (2015). Conséquences zootechniques de l'introduction des légumineuses françaises dans le système de productions animales (Chpitre4). In : Schneider, A., et Huyghe, C. (Coord.). Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables Ed. Quae, Versailles, 225-261.

Philippe, L. (1914). Les plantes de grandes cultures : Graminées et Légumineuses. Vilmorin-Andrieux & Cie. 4, Quai de la Mégisserie. Paris, 199p.

Pointereau, P. (2001). Légumineuses : quels enjeux écologiques ? Le Courier de l'environnement de l'INRA, 44: 69-72.

Quezel, P., et Santa, L. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS, 505-514.

Rami, H., Chibani-Khetib, C., Medjadbi, M., et Chabaca, R. (2021). Contribution à l'étude de la valeur fourragère des prairies permanentes algériennes. Caractérisation botanique et agronomique en région centre. *Livestock Research for Rural Development*, 33 (7).

Renna, M., Gasmi-Boubaker, A., Lussiana, C., Battaglini, L. M., Belfayez, K., et Fortina, R. (2014). Fatty acid composition of the seed oils of selected *Vicia* L. taxa from Tunisia. *Italian Journal of Animal Science*, 13 (2): 308-316.

Ressler, C. (1964). Neurotoxic amino acids of certain species of Nutritive value Lathyrus and vetch. *Federation Proceedings*, 23: 1350–1352.

- Richards, R. A. (1991). Crop improvement for temperate Australia: Future opportunities. *Field Crops Research*, 26:141-169.
- Ridge, P. E., et Pye, D. L. (1985). The effects of temperature and frost at flowering on the yield of peas grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 12: 339-346.
- Royo, M. A., Tate, M., et Enneking, D. (2006). Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.): farmer's dream or devil's bean? *Grain legumes*, 47: 11-21.
- Ryschawy, J., Choisis, N., Choisis, J., Joannon, A., et Gibon, A. (2012). Mixed crop- livestock systems: an economic and environmental friendly way of farming? *Animal*, 6: 1722-1730.
- Sabancı, C. O. (1996). An evaluation of common vetch (*Vicia sativa* L.) accessions collected in Turkey. *3rd National Pasture-Meadow and Forage Crops Congress*. 17-19 June-Erzurum-Turkey, pp253-259.
- Sadeghi, G.H., Mohammadi, L., Ibrahim, S.A., et Gruber, K.J. (2009). Use of bitter vetch (*Vicia ervilia*) as feed ingredient for poultry. *World Poultry Sciences*, 65: 51-63.
- Sanchez-Vioque, R., Clemente, A., Vioque, J., Bautista, J., et Millán, F. (1999). Protein isolate from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. *Food Chemistry*, 64: 237-43.
- Sauvant, D., et Nozière, P (2013). La quantification des principaux phénomènes digestifs chez les ruminants : les relations utilisées pour rénover les systèmes d'unités d'alimentation énergétique et protéique. *INRA Productions Animales*, 26 (4) : 327-346.
- Sauvant, D., Perez, J. M., et Tran, G. (2004). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. INRA Éditions et AFZ, Paris. 301p.
- Sayar, M. S., Anlarsal, A. E., Basbağ, M., et Açıkgöz, E. (2011). Determination of forage yield, its affecting components and relationships among traits of some forage pea (*Pisum arvense* L.) genotypes in Hazro ecological conditions. Turkey IX. *Field Crops Congress*, 12-15 September 2011, Bursa, Turkey, 3: 1716-1721.
- Sayar, M. S., et Han, Y. (2014). Determination of Forage Yield Performance of Some Promising Narbon Vetch (*Vicia narbonensis* L.) Lines under Rainfed Conditions in Southeastern Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 20: 376-386.
- Schilling, J., Korbinian, P., Freier Hertige, E., et Scheffran, J. (2012). Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 156: 12-26.
- Schneider, A., et Huyghe, C. (2015). Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables, éd. Quae, Versailles, 473p.
- Schneider, A., Huyghe, C., Maleplate, T., Labalette, F., Peyronnet, C., et Carrouée, B. (2015). Rôle des légumineuses dans l'agriculture française. In : Schneider, A., Christian, H. (Coord.). Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. Ed. Quae, Versailles, p11-77.

Seltzer, P. (1947). Le climat de l'Algérie, éd. Institut de Météorologie et de Physique du globe de l'Algérie, Université Alger, Algérie.

Semara, L., Madani, T., Mouffok, C., et Belkasmi, F., (2018). Réaction des éleveurs bovins des régions semi-arides algériennes face aux contraintes économiques et climatiques. *Cahiers Agricultures*, 27: 65001.

Seydosoglu, S. (2014). Researches on determination yield and yield components of some common vetch (*Vicia sativa L.*) genotypes in ecological conditions of Diyarbakır. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 1(2): 117-127.

Seyoum, B. (1994). Evaluation of nutritive values of herbaceous legumes, browse species and oil seed cakes using chemical analysis. In vitro digestibility and nylon bag technique. M.Sc. Thesis, Alemaya University of Agriculture, Ethiopia.

Siddique, K. H. M., Loss, S. P., et Enneking, D. (1996). Narbon bean (*Vicia narbonensis L.*): A promising grain legume for low rainfall areas of south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 36: 53-62.

Siddique, K. H. M., Loss, S. P., et Regan, K. L. (1999). Adaptation of seed yield of cool season grain legume in Mediterranean environments of south-western Australia. *Australian Journal of Agriculture Research*, 50: 375-378.

Standing Committee on Agriculture, (1990). Feeding Standards, for Australian Livestock. Ruminants. Melbourne, Vict.: CSIRO.

Tate, M., et Enneking, D. (2006). Vetches: from feed to food? *Grain legumes*, 47: 11-21.

Theodoridou, K. (2010). Les effets des tanins condensés du sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) sur sa digestion et sa valeur nutritive. Thèse Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France, 288p.

Thomson, E. F., Rihawi, S., et Nersoyan, N. (1990). Nutritive value and yields of some forage legumes and barley harvested as immature herbage, hay and straw in north-west Syria. *Experimental Agriculture*, 26 (1): 49-56.

Tobía, C., Villalobos, E., Rojas, A., Soto, H., et Moore, K. J. (2008). Nutritional value of soybean (*Glycine max L. Merr.*) silage fermented with molasses and inoculated with *Lactobacillus brevis* 3. *Livestock Research for Rural Development*, 20 (7): 1-9.

Tran, G., et Sauvant, D. (2002). Données chimiques et de valeur nutritive. In : Sauvant, D., Perez, J.M., et Tran, G. (Eds.) " Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons". INRA Éditions et AFZ, Paris, p43-50.

Tupikova, À. (1926). Bulletin of Applied Botany, genetics, and plant breeding. Leningrad, 16:151-246.

Turk, M.A. (1997). Comparison between common vetch and barley to phosphorus fertilizer application. *Legume Resources*, 20: 141-147.

Unip, Arvalis, Institut de l'Élevage, (2005). Utilisation des pois, féveroles et lupins par les ruminants, Eds Unip.

Van de Wouw, M., Enneking, D., Robertson, L. D., et Maxted, N. (2001). Vetches (*Vicia L.*). Chapter 9 in: Maxted, N. et Bennett, S. J., (Eds.). *Plant Genetic Resources of Legumes in the Mediterranean*. Dordrecht: Kluwer, pp132-157.

Van de Wouw, M., Maxted, N., et Ford-Lloyd, B. V. (2003). A multivariate and cladistic study of *Vicia L. ser. Vicia* (Fabaceae) based on analysis of morphological characters. *Plant Systematics and Evolution*, 237: 19–39.

Van der Veen, J. P. H. (1960). International development of grazing and fodder resources VII. Iraq. *Journal of the British Grassland Society*, 15 (2): 137-144.

Vaz Patto, M. C., Amarowicz, R., Aryee, A. N., Boye, J. I., Chung, H. J., MartínCabrejas, M. A., et al. (2015). Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34: 105–143.

Vérité, R., Michalet Doreau, B., Chapoutot, P., Peyraud, J. L., et Poncet, C. (1987). Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70 : 19-34.

Vermorel, M. (1978). Energie. In : Jarrige, R. (ed.), *Alimentation des ruminants*, chapitre 2 : 47-88. INRA Paris.

Vermorel, M. (1988). Nutrition énergétique. In : Jarrige, R. (ed.), *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, chapitre 3: 57 – 74. INRA Paris.

Voisin, A. S., Guéguen, J., Huyghe, C., Jeuffroy, M. H., Magrini, M. B., Meynard, Mougél, J. M., C., Pellerin, S., et Pelzer E. (2013). Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, pp1-20.

Yemane, A., et Skjelvag, A. O. (2003). Physicochemical traits of Dekoko (*Pisum sativum* var. abyssinicum) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58: 275-283.

Yılmaz, S. (2008). Effects of increased phosphorus rates and plant densities on yield and yield-related traits of narbon vetch lines. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 32: 49-56.

Zeghida, A. (1987). Possibilités et limites du matériel végétal d'introduction. Résultats d'expérimentation des écotypes locaux. *Céréaliculture*, 16: 58-62.

Zeven, A. C., et Zhukovsky, P. M. (1975). *Dictionary of cultivated plants and their centers of diversity*. Wageningen, Center for Agricultural Publishing and Documentation.

Zohary, D., et Hopf, M. (2000). *Domestication of plants in the Old World: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley*. Oxford: Oxford University Press.

Zulfiqar, A.G., et Muhammad, B. (2006). Performance of vetch, *Vicia sativa* cultivars for fodder production under rainfed conditions of Pothwar Region. *Journal of Agricultural Research*, 44 (4): 291-297.

Annexes

Annexe 1

Tableau 20. Evolution des superficies des cultures fourragères (ha) en Algérie (MADR, 2020)

Espèce	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	Moyenne
Prairies naturelles	24750	24820	24335	26626	25777	25468	31915	47556	49578	59056	33988
Jachères fauchées	199412	217034	250510	183447	254990	212306	210615	178697	208999	214525	213054
Fourrages naturels 1	224162	241854	274845	210073	280767	237775	242530	226254	258578	273581	247042
Vesces – Avoines	63178	37506	50227	50040	47503	78977	47472	66777	58794	54664	55514
Luzernes	2425	1970	2934	3766	6271	3517	4204	4506	9305	8879	4778
Céréales reconverties	241324	120741	186748	243603	435687	368052	551086	457339	137212	144299	288609
Divers	241305	247316	250680	241775	280508	200105	218341	227628	251431	242475	240156
Fourrages artificiels secs 2	548232	407533	490589	539184	769969	650651	821102	756249	456742	450317	589057
Orge, Avoine, Seigle en vert	91446	104290	115276	112571	99161	100976	144319	125468	125576	197997	121708
Autres	29812	32349	35848	42234	46851	45751	42994	41851	37116	38342	39315
Fourrages artificiels verts 3	121258	136639	151124	154805	146012	146726	187313	167320	162692	236339	161023
Fourrages (1+2+3)	893652	786026	916558	904062	1196748	1035152	1250945	1149823	878012	960237	997121

Annexe 2

Tableau 21. Evolution des productions des cultures fourragères (q) en Algérie (MADR, 2020)

Espèce	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	Moyenne
Prairies naturelles	672230	768375	748535	787763	790223	790047	1134779	1037873	1623160	1846262	1019925
Jachères fauchées	4787470	4813210	6549885	5724024	6352977	6257743	6785411	4652423	6895577	7124735	5994346
Fourrages naturels 1	5459700	5581585	7298420	6511787	7143200	7047791	7920190	5690296	8518737	8970997	7014270
Vesces – Avoines	1748674	1413650	2089310	2023644	1870786	2576616	1873589	2214299	2378720	2602895	2079218
Luzernes	196191	218810	285867	238982	507719	389456	705931	562936	1763874	2158847	702861
Céréales reconverties	1351160	1393325	546115	1085053	6880641	5567411	7989792	2897924	1158049	2132743	3100221
Divers	9589105	7739395	9819108	9900866	8600581	8368344	8254175	8521414	12353481	11084935	9423140
Fourrages artificiels secs 2	12885130	10765180	12740400	13248545	17859727	16901827	18823487	14196573	17654123	17979420	15305441
Orge, Avoine, Seigle en vert	8052077	9380646	10955515	11293784	10702091	10858361	12960883	11822208	14252989	16609557	11688811
Autres	4964053	5549394	5868335	6399364	6984247	7938938	8271846	8936682	8366798	9048938	7232859
Fourrages artificiels verts 3	13016130	14930040	16823850	17693148	17686338	18797300	21232729	20758890	22619787	25658495	18921671
Fourrages (1+2+3)	31360960	31276805	36862670	37453480	42689265	42746917	47976405	40645759	48792647	52608912	41241382

Annexe 3

Tableau 22. Evolution des rendements des cultures fourragères (q/ha) en Algérie (MADR, 2020)

Espèce	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	Moyenne
Prairies naturelles	27,2	31,0	30,8	29,6	30,7	31,0	35,6	21,8	32,7	31,3	30,0
Jachères fauchées	24,0	22,2	26,1	31,2	24,9	29,5	32,2	26,0	33,0	33,2	28,1
Fourrages naturels 1	24,4	23,1	26,6	31,0	25,4	29,6	32,7	25,2	32,9	32,8	28,4
Vesces – Avoines	27,7	37,7	41,6	40,4	39,4	32,6	39,5	33,2	40,5	47,6	37,5
Luzernes	80,9	111,1	97,4	63,5	81,0	110,7	167,9	124,9	189,6	243,2	147,1
Céréales reconverties	5,6	11,5	2,9	4,5	15,8	15,1	14,5	6,3	8,4	14,8	10,7
Divers	39,7	31,3	39,2	41,0	30,7	41,8	37,8	37,4	49,1	45,7	39,2
Fourrages artificiels secs 2	23,5	26,4	26,0	24,6	23,2	26,0	22,9	18,8	38,7	39,9	26,0
Orge, Avoine, Seigle en vert	88,1	89,9	95,0	100,3	107,9	107,5	89,8	94,2	113,5	83,9	96,0
Autres	166,5	171,5	163,7	151,5	149,1	173,5	192,4	213,5	225,4	236	184,0
Fourrages artificiels verts 3	107,3	109,3	111,3	114,3	121,1	128,1	113,4	124,1	139,0	108,6	117,5
Fourrages (1+2+3)	35,1	39,8	40,2	41,4	35,7	41,3	38,4	35,3	55,6	54,8	41,4

لا تزال الموارد العلفية محدودة في الجزائر. تعتمد أساليب تربية الماشية التقليدية على استغلال المراعي، الأراضي البور والمراعي الطبيعية منخفضة الجودة، ولا تحظى محاصيل الأعلاف إلا بالقليل من الاهتمام. تعتمد أعلاف الحيوانات على الواردات لتلبية احتياجاتها من البروتين. وفي الواقع، يشكل إنتاج الأعلاف الرافعة الرئيسية لتحسين تغذية الماشية، وبالتالي إنتاجية نظم الثروة الحيوانية المعنية. كما أنه أمر بالغ الأهمية لاستدامة النظم المختلطة التي تجمع بين الإنتاج النباتي والحيواني. أجريت الدراسة الحالية لتقييم المراحل الفينولوجية وتحليل أداء إنتاج العلف وإنتاج الحبوب ومكوناته لنوع *Vicia narbonensis* L. مقارنة مع *Vicia sativa* L. وتحديد القيمة الغذائية لحبوبها؛ من أجل تحسين سنة البور في دورة الحبوب/البور وتنمية الأراضي الهامشية من جهة ودراسة إمكانية تثمين أنواع البقية في أعلاف الحيوانات من جهة أخرى. تم إجراء التجارب على قطع أراضي الحرم الجامعي فرحات عباس تحت الظروف الممطرة في منطقة سطيف شبه القاحلة لمدة ثلاثة مواسم زراعية (2017-2020)، باستخدام عشرة أنماط بيئية من *Vicia narbonensis* L. واثنين من الأنماط البيئية من *Vicia sativa* L. (كأنماط بيئية ضابطة) في تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاثة مكررات. تم العثور على تأثيرات كبيرة ($P > 0.05$) للتفاعل بين النمط البيئي والسنة والنمط البيئي \times العام، بالإضافة إلى تباين كبير في المراحل الفينولوجية والخصائص الزراعية للأنماط البيئية التي تمت دراستها. وجدت علاقة طردية معنوية ($P > 0.05$) بين إنتاج الحبوب وإنتاج المادة الجافة وعلاقات سلبية معنوية ($P > 0.05$) بين موعد التزهير الكامل وإنتاجية المادة الجافة وإنتاج الحبوب. يبدو أن الأنماط البيئية المزهرة المبكرة تنتج غلات أفضل من تلك المزهرة المتأخرة في منطقة سطيف شبه القاحلة. أظهرت الدراسة وجود اختلافات كبيرة ($P > 0.05$) بين الأنماط البيئية المدروسة لنبات *Vicia narbonensis* L. و *Vicia sativa* L. من حيث وحدات علف الحليب واللحوم، والبروتينات القابلة للهضم فعليًا في الأمعاء والتي يتم تمكينها بواسطة الطاقة والنيوتروجين. سيؤدي استبدال مسحوق فول الصويا بحبوب بيقية ناربون إلى تحقيق ربح محتمل قدره 1798.76 DA/q في حالة تركيز أبقار الألبان COOPSSEL. وهذا يعالج التحدي المتمثل في تحسين ربحية نبات *Vicia narbonensis* L. في الجزائر لجعله محصولًا جذابًا للمزارعين مع تلبية متطلبات صناعة الأعلاف الحيوانية.

الكلمات المفتاحية: الثروة الحيوانية؛ الظروف البعلية؛ البور؛ منطقة شبه قاحلة؛ محاصيل؛ نظام الإنتاج؛ القيمة الغذائية؛ *Vicia* spp.

Résumé

Les ressources fourragères restent limitées en Algérie. Les méthodes traditionnelles d'élevage reposent sur l'exploitation de parcours, des jachères et de pâturages naturels de mauvaise qualité, les cultures fourragères recevant peu d'attention. L'alimentation animale dépend des importations pour satisfaire ses besoins en protéines. En effet, la production fourragère constitue le principal levier d'amélioration de la nutrition du bétail et, par conséquent, de la productivité des systèmes d'élevage concernés. C'est également crucial pour la durabilité des systèmes mixtes combinant productions végétales et animales. La présente étude est menée pour évaluer les stades phénologiques, analyser les performances de rendement fourrager, de rendement en grains et de ses composantes de l'espèce *Vicia narbonensis* L. en comparaison avec *Vicia sativa* L. et déterminer la valeur nutritive de leurs grains ; afin d'améliorer l'année de jachère dans la rotation céréales/jachère et développer les terres marginales d'une part et d'étudier la possibilité de valorisation des espèces de vesce dans l'alimentation animale d'autre part. Les essais sont menés sur les parcelles du Campus universitaire FERHAT Abbas sous conditions pluviales dans la région semi-aride de Sétif pendant trois saisons de croissance (2017-2020), en utilisant dix écotypes de *Vicia narbonensis* L. et deux écotypes de *Vicia sativa* L. (comme écotypes témoins) dans une conception en blocs complètement randomisés avec trois répétitions. Des effets significatifs ($P < 0.05$) de l'écotype, de l'année et de l'interaction écotype \times année sont trouvés, ainsi qu'une grande variabilité des stades phénologiques et des caractéristiques agronomiques des écotypes étudiés. Une relation positive significative ($p < 0,05$) est trouvée entre le rendement en grains et le rendement en matière sèche et des relations négatives significatives ($p < 0,05$) de la date de pleine floraison avec le rendement en matière sèche et le rendement en grains. Il semble que les écotypes à floraison précoce produisent de meilleurs rendements que ceux à floraison tardive dans la région semi-aride de Sétif. L'étude montre des différences significatives ($P < 0.05$) entre les écotypes étudiés de *Vicia narbonensis* L. et *Vicia sativa* L. en termes d'unités fourragères lait et viande, et de protéines réellement digestibles dans l'intestin permises par l'énergie et par l'azote. La substitution du tourteau de soja par la vesce de narbonne en grains va générer un gain potentiel de 1798.76 DA/q dans le cas du concentré vache laitière 'COOPSSEL'. Cela relève le défi d'améliorer la rentabilité de *Vicia narbonensis* L. en Algérie afin d'en faire une culture attractive pour les agriculteurs tout en répondant aux demandes de l'industrie de l'alimentation animale.

Mots clés : bétail, conditions pluviales ; jachère ; région semi-aride ; rendements ; système de production ; valeur nutritive ; *Vicia* spp.

Abstract

Fodder resources remain limited in Algeria. Traditional livestock farming methods rely on the exploitation of low-quality rangelands, fallows and natural pastures, with fodder crops receiving little attention. Animal feed depends on imports to meet its protein needs. Indeed, fodder production constitutes the main lever for improving livestock nutrition and, consequently, the productivity of the livestock systems concerned. It is also crucial for the sustainability of mixed systems combining plant and animal production. The present study is carried out to evaluate the phenological stages, analyze the performance of forage yield, grain yield and its components of the species *Vicia narbonensis* L. in comparison with *Vicia sativa* L. and determine the nutritional value of their grains; in order to improve the fallow year in the cereal/fallow rotation and develop marginal lands on the one hand and to study the possibility of valorizing vetch species in animal feed on the other hand. The trials are carried out on the plots of the FERHAT Abbas University Campus under rainfed conditions in the semi-arid region of Setif during three growing seasons (2017-2020), using ten ecotypes of *Vicia narbonensis* L. and two ecotypes of *Vicia sativa* L. (as control ecotypes) in a randomized complete block design with three replications. Significant effects ($P < 0.05$) of ecotype, year and ecotype \times year interaction are found, as well as a great variability in phenological stages and agronomic characteristics of the ecotypes studied. A significant positive relationship ($p < 0.05$) is found between grain yield and dry matter yield and significant negative relationships ($p < 0.05$) of full flowering date with dry matter yield and grain yield. It appears that early flowering ecotypes produce better yields than late flowering ones in the semi-arid region of Setif. The study shows significant differences ($P < 0.05$) between the studied ecotypes of *Vicia narbonensis* L. and *Vicia sativa* L. in terms of milk and meat forage units and; energetic and nitrogenous intestinal digestible proteins. The substitution of soybean meal with narbon vetch grains will generate a potential gain of 1798.76 DA/q in the case of 'COOPSSEL' dairy cow concentrate. This raises the challenge of improving the profitability of *Vicia narbonensis* L. in Algeria in order to make it an attractive crop for farmers while meeting the demands of the animal feed industry.

Key words: livestock, rainfed conditions; fallow; semi-arid region; yields; production system; nutritive value; *Vicia* spp.

A COMPARATIVE STUDY ON NARBON VETCH AND COMMON VETCH IN THE SEMI-ARID REGION OF SETIF (ALGERIA)

Selma Mahmah^{1*}, Amar Mebarkia¹ and Fouad Rekik²

¹Improvement and Development of Animal and Vegetal Production Laboratory,
Agronomic Sciences Department, FERHAT Abbas University of Setif 1, Algeria

²Improvement of Agricultural Production and Protection of Ecosystems in Arid
Zones Laboratory, Agronomic Sciences Department, Batna 1 University, Algeria

Abstract: Algeria has a limited supply of fodder. Traditional methods of raising livestock rely on the exploitation of low-quality rangelands, fallow and natural pastures with forage crops receiving little attention. The population relies on imports to meet its protein needs. Indeed, fodder production is the primary lever for improving livestock nutrition and, as a result, the productivity of the livestock systems in question. It is also crucial to the sustainability of mixed systems that combine plant and animal production. The current study was conducted to evaluate the phenological stages, analyze the performances of fodder yield, grain yield and some of its components and determine the chemical composition of the species *Vicia narbonensis* L. in comparison with *Vicia sativa* L. in order to improve the fallow year in the cereal/fallow rotation and develop the marginal lands. Trials were conducted on the plots of FERHAT Abbas University Campus under the rainfed conditions in the semi-arid region of Setif during three growing seasons (2017–2020), using 10 ecotypes of narbon vetch and 2 ecotypes of common vetch (as control ecotypes) in a randomized complete block design with three replicates. Significant effects of the ecotype, the year and the ecotype x year interaction were found, as well as a great variability in the phenological stages, agronomic characteristics and chemical composition of the ecotypes studied. A significant positive relationship ($p < 0.05$) was found between grain yield and dry matter yield and a significant negative relationship ($p < 0.05$) was found between full flowering date and dry matter yield and grain yield. It seems that the early flowering ecotypes produce better yields than the late flowering ones in the semi-arid region of Setif.

Key words: fallow, chemical composition, livestock, production system, rainfed conditions, semi-arid region, *Vicia narbonensis* L., *Vicia sativa* L., yields.

*Corresponding author: e-mail: salam261192@yahoo.fr

Introduction

Livestock husbandry in Algeria has always had a traditional character, based primarily on nomadism and the exploitation of natural resources (Carter, 1975). These poor food resources are mainly made up of by-products (bran, straw, and stubble), grazing on spontaneous fallow crops and only occasionally growing vetches, oats, and barley (CIHEAM, 2006). The most significant limitation to the expansion of cattle husbandry is a limited availability of fodder (Bourbouze, 1999). This lack of fodder has a significant effect on animal productivity and leads to a significant increase in the importation of dairy and meat products. This is because fodder production and cultivation in Algeria remain, in many ways, a minor activity of agricultural holdings (Bekhouche, 2011).

At the national level, nearly 39.5 million hectares of land are dedicated to fodder production, divided into natural grasslands, fodder crops, stubble, pastures, rangeland, and fallow land (MADR, 2006). In 2017, more than half of the UAA was devoted to field crops, particularly cereals, with fallow land occupying more than a third of the national UAA (37.3%) (Bessaoud et al., 2019). The fallow-cereal-livestock production system is common (Nedjraoui, 2001), with the cereal/fallow system accounting for more than 80% of the total UAA (Bessaoud et al., 2019).

Cultivated fodder is usually located in the north of the country. They are predominantly composed of vetch and oats, whose hay is considered to be of poor quality (Abdelguerfi, 1987). The area under this crop accounts for around 70 to 80% of the total annual fodder consumed dry and varies from year to year, finally falling to less than 50% (Mebarkia and Abdelguerfi, 2007). The primary constraint to this weakness is its inability to adapt to all agro-ecological conditions in Algeria due to a lack of specific and varietal diversity (Açikgöz, 1982, 1988). In fact, only *Vicia sativa* L. and its Languedoc variety are grown in the various agro-ecological zones of Algeria (Açikgöz, 1982, 1988). Furthermore, this species is highly subject to abiotic stressors, pod cracking (Zulfiqar and Muhammad, 2006) and the lack of seed production (Mebarkia et al., 2003). Despite all efforts, Algerian fodder production remains considerably below the needs of cattle (Zeghida, 1987).

Many extremely interesting fodder species present throughout northeastern Algeria would have to be valorized (Issolah et al., 2001) in order to provide higher quality feed for livestock and improve soil fertility (Turk, 1997) and to be integrated into different production systems (Klein et al., 2014). Although they are of great importance, they have never taken their rightful place in Algeria.

Among all the species present in Algeria, fodder legumes alone account for 33 genera and 293 species (Issolah and Beloued, 2005). Annual forage legumes, such as those of the genus *Vicia*, are among the options to be considered for replacing fallow in cereal crop rotation (Issolah and Yahiaoui, 2008). Vetches (*Vicia* sp.) are common forage legumes in the rainfed, semi-arid agricultural systems of the

Mediterranean region (Turk, 1997). Vetches are more adaptable and promising as short-term fodder crop. One advantage of vetch is its versatility, which allows for a wide range of uses (Seyoum, 1994). Vetches may either be grazed as fresh forage (Haddad, 2006) or may be cut and conserved as silage or hay (Abdullah et al., 2010), which may be used as a protein supplement, while their grains are utilized as both protein and energy sources in the diets of ruminants and non-ruminants (Sadeghi et al., 2009) with less expensive costs compared to concentrates, particularly in developing countries (Seyoum, 1994). The contribution of vetch in crop-livestock production systems around the world is well recognized (Berhanu et al., 2003).

Within the genus *Vicia*, much attention has been given to narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.), one of the species domesticated in the early centuries of agriculture (Bryant and Hughes, 2011). Furthermore, this species has been promoted in the eastern Mediterranean as a replacement for fallow in the traditional fallow-barley rotation (Maxted, 1995). Narbon vetch is a promising forage legume (Kroschel, 2001) that can grow without support (Bryant and Hughes, 2011) and is tolerant to drought and cold (Kroschel, 2001). It grows in winter (Davies et al., 1993) and does not lose its leaves after frost (El Moneim, 1989). Its high tolerance to pests and diseases is the key reason it is used in hot and dry areas instead of faba beans or common vetch (Mateo Box, 1961). *Vicia narbonensis* L. has a greater grain production potential as a livestock feed in non-tropical arid areas than common vetch (*Vicia sativa*), bitter vetch (*Vicia ervilia*), or woolly-pod vetch (*Vicia villosa* subsp. *dasycarpa*) (Larbi et al., 2010a). Its seeds have a high protein content (Abd-el Moneim, 1992), around 20–32%, (Eason et al., 1990; Thomson et al., 1990; Abd-el Moneim, 1992), which recommends it as a soybean substitute in animal rations (Larbi et al., 2010b; Huseyin, 2014; Renna et al., 2014). The species is also very important in crop rotation systems, either as pure stands or mixed with cereals to provide high quality livestock feed (Altınok, 2002; Altınok and Hakyemez, 2002; İptaş and Karadağ, 2009; Nizam et al., 2011).

Besides, because of its high green biomass and its ability to fix a large amount of nitrogen into the soil, it is a valuable green manure crop (Özyazıcı and Manga, 2000; Avcıoğlu et al., 2009) in the modern trends such as sustainable agriculture and organic farming (Ćupina et al., 2004). Narbon vetch is also better than the other vetch species since it leaves enough time for planting second crops (Çakmakçı et al., 1999). Trials in Syria, Iraq, Cyprus, Turkey, France, and Australia have shown that *Vicia narbonensis* L. can produce high grain yields (1.5–5.1 t/ha) under dry Mediterranean winter rainfall conditions (250–550mm/annum) (Enneking and Maxted, 1995). Little work has been done on the species of the genus *Vicia*, particularly *Vicia narbonensis* L., in our country.

Therefore, the current study aimed to evaluate the phenological stages, analyze the performances of fodder yield, grain yield and some of its components and determine the chemical composition of two species of the genus *Vicia*,

including *Vicia narbonensis* L., (narbon vetch, 10 ecotypes) and *Vicia sativa* L. (common vetch, 2 control ecotypes) under the semi-arid conditions of Setif during three growing seasons (2017–2020).

Material and Methods

The trials were conducted on the plots of FERHAT Abbas University Campus Setif (36°12' N; 5°21' E) under rainfed conditions in the semi-arid region of Setif. In this region, the climate is continental with strong annual and daily thermal amplitudes, and the altitude is 1025 m. The average annual rainfall is around 450 mm (Seltzer, 1947) and 373.8 mm for the period between 2006 and 2017 (ONM, 2017). The soils of the experimental site belong to the group of steppe soils (Perrier and Soyer, 1970). The physicochemical composition indicates, for all the plots, a clay loam texture, a lumpy structure, with a basic water pH (7.81), a total calcium content of 17.7% and an organic matter content varying from 2.0 to 3.0%.

The trial was conducted during three agricultural seasons (2017–2020). The climatic conditions of the three seasons are presented in Table 1 (ONM, 2020). The three agricultural campaigns are characterized by:

- The good distribution of rainfall P (mm), with larger quantities during the first growing season (469.05 mm), followed by the third one (384.56 mm) against only 321.20 mm in the second growing season;
- The maximum temperatures (MaxT °C) recorded were homogeneous during the three growing seasons, as well as the minimum temperatures (MinT °C).

Plant material: The experiment was carried on two species of the genus *Vicia* represented by 10 ecotypes of *Vicia narbonensis* L. from different origins and 2 ecotypes of *Vicia sativa* L. from Algeria. The ecotypes of *Vicia sativa* L. were used as control ecotypes because this species is well known among Algerian farmers (Table 2). The sowing was carried out from the same batch of seeds, on January 4th, 2018 for the first year, on December 22nd, 2019 for the second year and on December 23rd, 2020 for the third year. All the ecotypes were sown manually and separately in a randomized complete block design with 3 replicates in a plot having a cereal (durum wheat) as a previous crop. Each elementary plot had 4 rows 4 m long, spaced 30 cm apart. In each of these plots, 336 seeds/plot (70 seeds/m²) of vetch were sown.

Various cultural practices were carried out on this trial. Deep plowing (25 cm) was carried out using a disc plow just after the first autumn rains (September and October) followed by two cross passes of cover crops to reduce weed infestation and get a good seedbed. During the three trial campaigns, the plots were weeded manually as needed throughout the growing season and no fertilizers were used. The harvest was carried out from May 30th to June 19th for the first year; from June 11th to July 2nd for the second year and from June 17th to 28th for the third year.

Table 1. Climatic conditions in the semi-arid region of Setif.

	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Total	Mean
2006–2017													
P (mm)	33.74	30.27	31.95	27.88	39.68	43.26	41.68	52.42	27.19	33.01	12.72	373.80	
Max T°C	28.16	23.57	16.19	11.77	11.31	11.37	14.67	19.21	24.09	30.05	34.48		20.44
Min T°C	15.70	11.89	7.143	3.09	2.91	2.44	4.78	8.36	12.4	18.26	22.21		9.93
Mean T°C	21.39	17.20	11.23	7.118	6.64	6.69	9.54	13.65	18.15	23.85	28.27		14.88
2017–2018													
P (mm)	41.00	10.70	55.70	33.50	13.90	23.20	90.20	81.30	51.90	65.00	2.65	469.05	
Max T°C	28.30	22.26	14.80	9.38	11.81	9.60	13.46	17.72	21.33	27.10	35.40		19.15
Min T°C	13.50	9.63	3.60	1.19	1.05	0.60	4.20	4.70	9.47	20.00	17.30		7.72
Mean T°C	20.90	15.95	9.20	5.28	6.43	4.40	8.83	11.21	15.4	24.20	31.60		13.87
2018–2019													
P (mm)	25.00	63.70	25.70	10.80	77.10	15.10	24.00	43.80	12.40	10.90	12.70	321.20	
Max T°C	28.40	19.4	14.50	12.9	7.74	11.12	15.17	18.21	16.40	33.6	35.50		19.31
Min T°C	16.00	9.60	4.60	1.64	-0.50	-0.06	3.35	6.30	9.40	17.21	27.20		8.59
Mean T°C	22.20	14.5	9.55	7.27	3.62	5.53	9.26	12.26	12.9	28.5	31.70		14.19
2019–2020													
P (mm)	75.00	25.80	90.20	21.40	12.80	10.00	51.56	66.00	6.60	21.40	3.80	384.56	
Max T°C	27.90	22.10	12.40	12.80	11.10	16.80	14.80	19.30	26.60	29.60	33.80		20.58
Min T°C	15.40	10.30	4.20	3.70	0.30	1.90	4.30	8.00	11.80	14.50	24.60		8.95
Mean T°C	21.65	16.20	8.30	8.25	5.70	9.35	9.10	13.65	19.20	22.05	29.20		14.77

Observations and measurements: The phenological stages observed were: the date of the beginning of flowering (BF), evaluated by the number of days from the date of emergence to the appearance of the first inflorescence (Berrechia, 1985); the date of 50% flowering (50%F) and the date of full flowering (100%F), evaluated by the number of days from the date of emergence to the appearance of the maximum number of flowers. The morphological parameter was: plant height (PH), measured in centimeters from the base to the end of the main stem at the time of full flowering. At harvest, three randomly selected plants from each plot were dug up and separated to determine grain yield and its components. Agronomic parameters were as follows: dry matter yield (DMY), grain yield (GAY), hundred-

seed weight (HSW), number of pods per plant (NP/P), pod length (P-Leng) and number of seeds per pod (NS/P). Dry matter yield (DMY) was determined when 100% flowering was observed. Green matter was taken from each plot and weighed as soon as possible without losing weight. The dry matter yield was calculated after drying a fresh sample of 200 g of green matter in an oven at 80° C for 48 hours. Finally, grain samples of all vetch ecotypes produced during the growing season 2019–2020 were analyzed for dry matter (DM) content, ash, crude protein (CP) content and crude fiber (CF) according to the AOAC procedures (1990).

Table 2. Origins of the ecotypes of *Vicia narbonensis* L. and *Vicia sativa* L. studied.

Species	Ecotypes	Code	Origin
<i>Vicia narbonensis</i> L.	1	N-2380	Lebanon
	2	N-2383	Lebanon
	3	N-2390	Lebanon
	4	N-2392	Lebanon
	5	N-2393	Syria
	6	N-2461	Turkey
	7	N-2464	Turkey
	8	N-2466	Turkey
	9	N-2468	Lebanon
	10	N-2561	Syria
<i>Vicia sativa</i> L.	11	S-174	Algeria (Setif)
	12	S-BBA	Algeria (BBA)

Statistical analysis: The data collected was processed using the XLSTAT software (2014), according to an analysis of variance based on the means comparison of Fisher's LSD at the 5% level. The relationships between the different pairs of measured variables were described and analyzed by calculating the phenotypic correlations based on the genotypic averages.

Results and Discussion

For each species (*Vicia narbonensis* L. and *Vicia sativa* L.), the analysis of variance indicates significant effects of ecotype, year and ecotype x year interaction ($p < 0.05$), highlighting the great diversity in phenological evolution and productions for the different measured parameters (Table 3). The year effect was significant ($p < 0.05$) for all the phenological variables analyzed. This indicates that the characteristics of the ecotypes of *Vicia narbonensis* L. and *Vicia sativa* L. tested in the semi-arid region of Setif were strongly affected by interannual variations.

Table 3. Variances of the measured parameters of the 12 vetch ecotypes over the three years (2017–2020).

Source of variation	Phenological stages (days)					
	DF	BF	50%F	100%F	PH (cm)	
<i>Vicia narbonensis</i> L.						
Total	89	787.2	804.2	830.5	377.2	
Ecotype	9	71.39*	21.12*	15.60*	12.55*	
Year	2	10463.7*	11232.9*	11664.7*	4946.5*	
Ecotype*year	18	46.59*	10.12*	15.03*	16.33*	
Overall average		52.50	61.90	68.13	34.66	
SD		16.17	16.37	16.58	11.43	
CV (%)		30.8	26.44	24.33	33.00	
<i>Vicia sativa</i> L.						
Total	17	1482.7	1491.1	1482.7	1006.8	
Ecotype	1	2.00*	0.50*	2.00*	1.10*	
Year	2	3678.5*	3708.5*	3678.5*	2474.1*	
Ecotype*year	2	3.50*	3.50*	3.50*	1.67*	
Overall average		57.17	67.67	73.83	37.97	
SD		20.97	20.98	21.00	17.40	
CV (%)		36.68	31.00	28.44	45.82	
Source of variation	Production (kg/ha)			Yield components		
	DMY (kg/ha)	GAY (kg/ha)	HSW (g)	P-Leng (cm)	NP/P	NS/P
<i>Vicia narbonensis</i> L.						
Total	1825740	3021589	12.8	9.5	26.9	6.7
Ecotype	157395*	192427*	8.29*	0.33*	1.79*	0.46*
Year	21781607*	35458888*	28.4*	127.5*	315.7*	88.43*
Ecotype*year	145654*	205704*	3.34*	0.28*	2.75*	0.28*
Overall average	1353.62	1271.22	23.0	4.85	5.43	3.41
SD	811.85	1058.29	2.52	1.79	3.13	1.52
CV (%)	60.00	83.24	10.95	36.90	57.644	44.60
<i>Vicia sativa</i> L.						
Total	3278234	3956633	0.26	9.4	153.7	8.2
Ecotype	873842*	9113*	0.10*	0.19*	55.72*	0.02*
Year	7415429*	9552692*	0.01*	22.51*	343.2*	19.59*
Ecotype*year	113520*	3327*	0.04*	0.45*	6.09*	0.02*
Overall average	1603.89	1249.39	6.86	4.98	11.57	4.62
SD	1001.01	1103.74	0.41	1.68	6.81	1.59
CV (%)	62.40	88.34	5.98	33.73	58.86	34.41

*Significant at 5%; DF: Degree of freedom; SD: Standard deviation; CV: Coefficient of variation. The significance level is 5%.

Vicia narbonensis L. was very early for the beginning of flowering, 50% flowering and full flowering, at 31 to 77 days, 39 to 80 days and 44 to 86 days,

respectively. *Vicia sativa* L. was the latest at 32 to 82 days, 39 to 87 days and 45 to 92 days, respectively (Table 4). A significant ecotype \times year interaction ($p < 0.05$) indicates that the ecotypes were not stable for the parameters measured from one year to another. In terms of plant height between the two species, *Vicia sativa* L. presented the highest average values of 37.72 and 38.22 cm compared to *Vicia narbonensis* L. with 33.24 and 36.48 cm (Table 5).

Table 4. Phenological phases of vetch ecotypes in the three-year period.

Ecotype	Beginning of flowering % (days)			Mean
	2017–18	2018–19	2019–20	
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	33.00 ^b	57.00 ⁱ	50.00 ^j	46.67
N-2383	33.00 ^b	72.00 ^f	57.00 ^c	54.00
N-2390	33.00 ^b	77.00 ^b	58.00 ^b	56.00
N-2392	33.00 ^b	69.00 ^g	65.00 ^a	55.67
N-2393	32.00 ^c	72.00 ^f	55.00 ^f	53.00
N-2461	31.00 ^d	73.00 ^d	58.00 ^b	54.00
N-2464	33.00 ^b	64.00 ^h	52.00 ^g	49.67
N-2466	32.00 ^c	71.00 ^f	54.00 ^f	52.33
N-2468	33.00 ^b	74.00 ^c	51.00 ^h	52.67
N-2561	34.00 ^a	69.00 ^g	50.00 ^j	51.00
Mean	32.70	69.80	55.00	52.50
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	32.00 ^c	82.00 ^a	56.00 ^d	56.67
S-BBA	33.00 ^b	82.00 ^a	58.00 ^b	57.67
Mean	32.50	82.00	57.00	57.17
Ecotype	50% flowering (days)			Mean
	2017–18	2018–19	2019–20	
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	40.00 ^a	70.00 ^j	68.00 ^h	59.33
N-2383	40.00 ^a	76.00 ^g	69.00 ^g	61.67
N-2390	40.00 ^a	80.00 ^c	71.00 ^f	63.67
N-2392	40.00 ^a	79.00 ^d	75.00 ^c	64.67
N-2393	40.00 ^a	78.00 ^f	69.00 ^g	62.33
N-2461	39.00 ^b	75.00 ^h	71.00 ^f	61.67
N-2464	40.00 ^a	74.00 ⁱ	67.00 ^j	60.33
N-2466	39.00 ^b	75.00 ^h	69.00 ^g	61.00
N-2468	40.00 ^a	77.00 ^f	70.00 ^f	62.33
N-2561	40.00 ^a	74.00 ⁱ	72.00 ^d	62.00
Mean	39.80	75.80	70.10	61.90
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	39.00 ^b	85.00 ^b	78.00 ^a	67.33
S-BBA	40.00 ^a	87.00 ^a	77.00 ^b	68.00
Mean	39.50	86.00	77.50	67.67

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J The groups of means according to the Fisher's test (LSD) at the 5% level.

Continuation of Table 4. Phenological phases of vetch ecotypes in the three-year period.

Ecotype	100% flowering (days)			Mean
	2017–18	2018–19	2019–20	
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	46.00 ^A	78.00	78.00 ^D	67.33
N-2383	46.00 ^A	81.00	79.00 ^C	68.67
N-2390	46.00 ^A	85.00	76.00 ^F	69.00
N-2392	46.00 ^A	83.00 ^E	83.00 ^B	70.67
N-2393	45.00 ^B	84.00 ^D	74.00 ^G	67.67
N-2461	44.00 ^C	80.00 ^G	77.00 ^E	67.00
N-2464	46.00 ^A	81.00 ^F	74.00 ^G	67.00
N-2466	45.00 ^B	79.00 ^H	76.00 ^F	66.67
N-2468	46.00 ^A	86.00 ^B	77.00 ^E	69.67
N-2561	45.00 ^B	79.00 ^H	79.00 ^C	67.67
Mean	45.50	81.60	77.30	68.13
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	45.00 ^B	92.00 ^A	85.00 ^A	74.00
S-BBA	46.00 ^A	92.00 ^A	83.00 ^B	73.67
Mean	45.50	92.00	84.00	73.83

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J The groups of means according to the Fisher's test (LSD) at the 5% level.

This great variability observed in the characters measured for the two vetches studied makes it possible to select the appropriate species for the enhancement of fallow land according to climatic conditions and production systems for the semi-arid region of Setif.

For dry matter yield and grain production, the analysis of variance shows highly significant differences between species and within the same species (Table 3).

The best dry matter yield were recorded for the *Vicia sativa* L. species with average values of 1604 kg/ha against 1355 kg/ha for *Vicia narbonensis* L. During the 2017–2018 growing season, the highest dry matter yield was recorded in *Vicia sativa* L. with 2406 kg/ha and 2271 kg/ha in *Vicia narbonensis* L. On the other hand, the lowest yields were obtained during the 2018–2019 growing season, with 335 kg/ha and 587 kg/ha, respectively (Table 5).

For grain yield, *Vicia narbonensis* L. was more efficient with 1271 kg/ha, followed by *V. sativa* L. with 1249 kg/ha (Table 5). It should be noted that the semi-arid region of Setif is characterized by very low temperatures, below 4°C, which most often harmonizes with the flowering of field crops (Baldy, 1974). These low temperatures affect the fertility of the vetches by reducing the number of

flowers and thus the grain yield. Ridge and Pye (1985) estimated that 68% of the variation in pea yield was due to extreme temperatures at the flowering stage in the Australian Mediterranean climate.

Table 5. Plant height, dry matter yield and grain yield in vetch ecotypes.

Ecotype	Plant height (cm)			
	2017–18	2018–19	2019–20	Mean
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	41.72 ^B	18.89 ^H	43.78 ^H	34.80
N-2383	34.89	21.67 ^A	43.33 ^I	33.30
N-2390	36.56 ^H	20.44 ^D	45.00 ^J	34.00
N-2392	39.28 ^E	19.33 ^G	41.11 ^K	33.24
N-2393	39.11 ^E	19.33 ^G	48.33 ^J	35.59
N-2461	41.39 ^C	19.55 ^F	44.66 ^G	35.20
N-2464	40.56 ^D	21.11 ^B	47.78 ^D	36.48
N-2466	40.67 ^D	20.22 ^F	41.89 ^J	34.26
N-2468	34.17 ^J	20.78 ^C	45.67 ^E	33.54
N-2561	43.11 ^A	20.44 ^D	45.00 ^F	36.18
Mean	39.15	20.18	44.66	34.66
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	37.72 ^G	16.89	58.56 ^A	37.72
S-BBA	38.21 ^F	18.44	58.00 ^B	38.22
Mean	37.97	17.67	58.28	37.97
Ecotype	Dry matter yield (kg/ha)			
	2017–18	2018–19	2019–20	Mean
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	2410 ^C	546 ^G	1037 ^G	1331
N-2383	1783 ^H	754 ^A	1212 ^F	1250
N-2390	2239 ^E	588 ^F	1188 ^F	1338
N-2392	2597 ^B	519 ^H	1458 ^D	1525
N-2393	2261 ^E	621 ^C	925 ^J	1269
N-2461	1986 ^G	581 ^F	1459 ^D	1342
N-2464	2717 ^A	502	1647 ^C	1622
N-2466	2329 ^D	514 ^H	1003 ^H	1282
N-2468	2055 ^F	631 ^B	854 ^J	1180
N-2561	2330 ^D	609 ^D	1253 ^E	1397
Mean	2271	587	1204	1355
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	2075 ^F	269 ^K	1807 ^B	1384
S-BBA	2736 ^A	401 ^I	2335 ^A	1824
Mean	2406	335	2071	1604

A, AB, B, C, D, DE, E, F, G, H, I, J, K The groups of means according to the Fisher's test (LSD) at the 5% level.

Continuation of Table 5. Plant height, dry matter yield and grain yield in vetch ecotypes.

Ecotype	Grain yield (kg/ha)			
	2017–18	2018–19	2019–20	Mean
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	2679 ^D	273 ^D	1014 ^F	1322
N-2383	2746 ^C	447 ^A	824 ^H	1339
N-2390	2850 ^A	298	1010 ^F	1386
N-2392	2267 ^G	303	1268 ^C	1279
N-2393	2345 ^F	210 ^G	1089 ^E	1215
N-2461	2317 ^F	250 ^F	1301 ^B	1289
N-2464	2591 ^E	253 ^F	1393 ^A	1412
N-2466	2809 ^{AB}	265 ^F	1128 ^D	1401
N-2468	2246 ^G	338 ^B	815 ^H	1133
N-2561	1508 ^H	194 ^H	1104 ^{DE}	935
Mean	2436	283	1095	1271
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	2581 ^E	134	965 ^G	1226
S-BBA	2676 ^D	172	967 ^G	1272
Mean	2629	153	966	1249

A, AB, B, C, D, DE, E, F, G, H, I, J, K The groups of means according to the Fisher’s test (LSD) at the 5% level.

Table 6. Hundred-seed weight and number of pods per plant in vetch ecotypes.

Ecotype	Hundred-seed weight (g)				Number of pods/plant				
	2017–18	2018–19	2019–20	Mean	2017–18	2018–19	2019–20	Mean	
<i>Vicia narbonensis</i> L.					<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	23.67 ^A	23.00 ^D	25.27 ^A	23.98	9.00 ^E	2.11 ^F	5.00 ^G	5.37	
N-2383	22.67 ^C	26.47 ^A	23.87 ^G	24.34	7.33 ^G	1.22 ^J	5.33 ^F	4.63	
N-2390	22.67 ^C	24.83 ^B	24.20 ^D	23.90	10.33 ^C	2.22 ^E	5.00 ^G	5.85	
N-2392	22.00 ^F	21.80 ^F	24.00 ^{EF}	22.60	7.33 ^G	1.78 ^H	7.00 ^C	5.37	
N-2393	23.00 ^B	22.56 ^E	24.03 ^E	23.20	8.67 ^F	1.45 ^I	5.67 ^E	5.26	
N-2461	22.00 ^F	21.23 ^G	23.93 ^{EF}	22.39	6.67 ^H	2.11 ^F	7.00 ^C	5.26	
N-2464	22.67 ^C	24.10 ^C	25.10 ^B	23.96	9.00 ^E	2.56 ^C	7.00 ^C	6.19	
N-2466	21.67 ^F	21.73 ^F	24.33 ^C	22.58	10.00 ^D	1.78 ^H	6.00 ^D	5.93	
N-2468	22.33 ^D	21.11 ^{GH}	22.63 ^H	22.02	8.67 ^F	2.00 ^G	5.00 ^G	5.22	
N-2561	19.67 ^G	21.03 ^H	23.90 ^{FG}	21.53	7.33 ^G	2.66 ^B	5.67 ^E	5.22	
Mean	22.24	22.79	24.13	23.05	8.43	1.99	5.87	5.43	
<i>Vicia sativa</i> L.					<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	6.94 ^H	6.82	7.03 ^I	6.93	20.00 ^A	3.67 ^A	16.33 ^A	13.33	
S-BBA	6.78 ^I	6.83 ^I	6.73 ^I	6.78	15.00 ^B	2.44 ^D	12.00 ^B	9.81	
Mean	6.86	6.83	6.88	6.86	17.50	3.06	14.17	11.58	

A, B, C, D, E, EF, EFG, F, FG, G, GH, H, I, J The groups of means according to the Fisher’s test (LSD) at the 5% level.

The highest 100-seed weight was recorded in *Vicia narbonensis* L. during the three growing seasons, while the lowest was recorded in *Vicia sativa* L. (Table 6). The difference in 100-seed weight may be due to the inherent variation in seed size complemented by environmental conditions. This agronomic trait is important for determining the seeding rate of vetch species (Gezahagn et al., 2013).

The ecotypes of *Vicia sativa* L. had the highest number of pods/plant, pod length and number of seeds/pod over the three growing seasons compared to the ecotypes of *Vicia narbonensis* L. (Tables 6 and 7). The number of pods is generally considered to be one of the most important yield elements for many grain legumes (Mikić et al., 2013). The increase and decrease in the number of pods per plant were probably due to the distribution of rainfall during the vegetative stage. Büyükburç and İptas (2001) also reported that the amount of rainfall had more effect on the number of pods per plant.

Table 7. Pod length and number of seeds per pod in vetch ecotypes.

Ecotype	Pod length (cm)				Number of seeds/pod			
	2017–18	2018–19	2019–20	Mean	2017–18	2018–19	2019–20	Mean
	<i>Vicia narbonensis</i> L.				<i>Vicia narbonensis</i> L.			
N-2380	6.22 ^B	2.77 ^C	6.34 ^E	5.11	4.67 ^C	2.07 ^C	4.67 ^B	3.80
N-2383	5.71 ^F	1.71 ^G	6.11 ^H	4.51	4.00 ^F	1.00 ^I	4.67 ^B	3.22
N-2390	5.78 ^D	2.86 ^B	6.33 ^E	4.99	4.00 ^F	1.33 ^G	4.33 ^C	3.22
N-2392	5.44 ^K	2.44 ^D	6.64 ^A	4.84	4.00 ^F	1.37 ^F	4.67 ^B	3.35
N-2393	5.63 ^J	1.80 ^F	6.45 ^C	4.63	4.67 ^C	1.11 ^K	4.67 ^B	3.48
N-2461	5.40 ^L	2.47 ^D	6.34 ^E	4.74	4.33 ^D	1.18	4.67 ^B	3.39
N-2464	5.65 ^H	2.80 ^C	6.45 ^C	4.97	4.33 ^D	1.15 ^I	4.33 ^C	3.27
N-2466	5.49 ^J	2.24 ^E	6.50 ^B	4.74	4.00 ^F	1.29 ^H	4.00 ^D	3.10
N-2468	5.69 ^G	2.86 ^B	6.42 ^D	4.99	5.00 ^B	1.81 ^E	4.33 ^C	3.71
N-2561	5.75 ^E	3.09 ^A	6.14 ^G	4.99	4.00 ^F	2.00 ^D	4.67 ^B	3.56
Mean	5.68	2.50	6.37	4.85	4.30	1.43	4.50	3.41
	<i>Vicia sativa</i> L.				<i>Vicia sativa</i> L.			
S-174	6.31 ^A	3.05 ^A	5.89 ^J	5.08	5.67 ^A	2.63 ^A	5.67 ^A	4.66
S-BBA	5.89 ^C	2.43 ^D	6.31 ^F	4.88	5.67 ^A	2.44 ^B	5.67 ^A	4.59
Mean	6.10	2.74	6.10	4.98	5.67	2.54	5.67	4.63

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L The groups of means according to the Fisher's test (LSD) at the 5% level.

Significant differences were observed in seed quality (Table 8). *Vicia sativa* L. produced the seeds with the highest contents of crude protein (41.06%), dry matter (89.69%), crude fiber (11.79%) and ash (3.37%) compared to *Vicia narbonensis* L. which produced 33.18%, 89.18%, 11.01% and 3.31%, respectively (Table 9). Thanks to the ability of fodder legumes to exploit atmospheric nitrogen via symbiosis with rhizobia at the level of their nodules, the crude protein content of *Vicia sativa* L. and *Vicia narbonensis* L. grains was high, suggesting that these

species could be a complementary food source for animals in semi-arid areas. These two species, thanks to their richness in crude proteins, can be incorporated in the manufacture of concentrated feed intended for feeding ruminants. The trials conducted by Benyoussef (2019) and Kahlaoui et al. (2021) on adult sheep showed that soybean meal can be replaced by *Vicia narbonensis* L. in grains by 23% without negative effects on the performances.

Table 8. Analysis of variance of the chemical composition of *Vicia narbonensis* L. and *Vicia sativa* L.

Sources of variation	DF	Dry matter %	Ash (%DM)	Crude protein (%DM)	Crude fiber (%DM)
<i>Vicia narbonensis</i> L.					
Total	29	0.208	0.116	3.757	10.749
Ecotype	9	0.18*	0.10*	3.67*	9.53*
Overall average		89.182	3.313	33.184	11.009
SD		0.278	0.204	1.096	1.949
CV (%)		0.312	6.163	3.303	17.706
<i>Vicia sativa</i> L.					
Total	5	0.181	0.008	2.963	3.271
Ecotype	1	0.14*	0.003*	2.84*	0.09*
Overall average		89.693	3.370	41.062	11.788
SD		0.253	0.064	0.815	1.600
CV (%)		0.282	1.886	1.986	13.573

*Significant at 5%; SD: Standard deviation; CV: Coefficient of variation. The significance level is 5%.

Table 9. Mean values of the chemical composition of the grains of vetch ecotypes.

DF	Dry matter %	Ash (%DM)	Crude protein (%DM)	Crude fiber (%DM)
<i>Vicia narbonensis</i> L.				
N-2380	89.11 ^H	3.70 ^A	30.89 ^I	10.97 ^E
N-2383	89.03 ^I	3.32 ^F	32.72 ^J	8.80
N-2390	89.16 ^G	3.28 ^H	33.73 ^F	9.78 ^G
N-2392	89.31 ^E	3.42 ^C	33.53 ^G	8.93 ^H
N-2393	89.30 ^F	3.31 ^G	34.30 ^D	9.79 ^G
N-2461	88.77 ^K	3.04 ^I	33.20 ^H	12.99 ^B
N-2464	88.89 ^J	3.18 ^J	31.92 ^K	13.05 ^B
N-2466	89.30 ^F	3.47 ^B	34.11 ^E	11.71 ^D
N-2468	89.59 ^B	3.25 ^J	34.36 ^F	10.34 ^F
N-2561	89.37 ^D	3.16 ^K	33.07 ^G	13.72 ^A
Mean	89.18	3.31	33.18	11.01
<i>Vicia sativa</i> L.				
S-174	89.54 ^F	3.35 ^E	41.75 ^A	11.66 ^D
S-BBA	89.84 ^A	3.39 ^D	40.37 ^B	11.91 ^C
Mean	89.69	3.37	41.06	11.79

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L The groups of means according to the Fisher's test (LSD) at the 5% level.

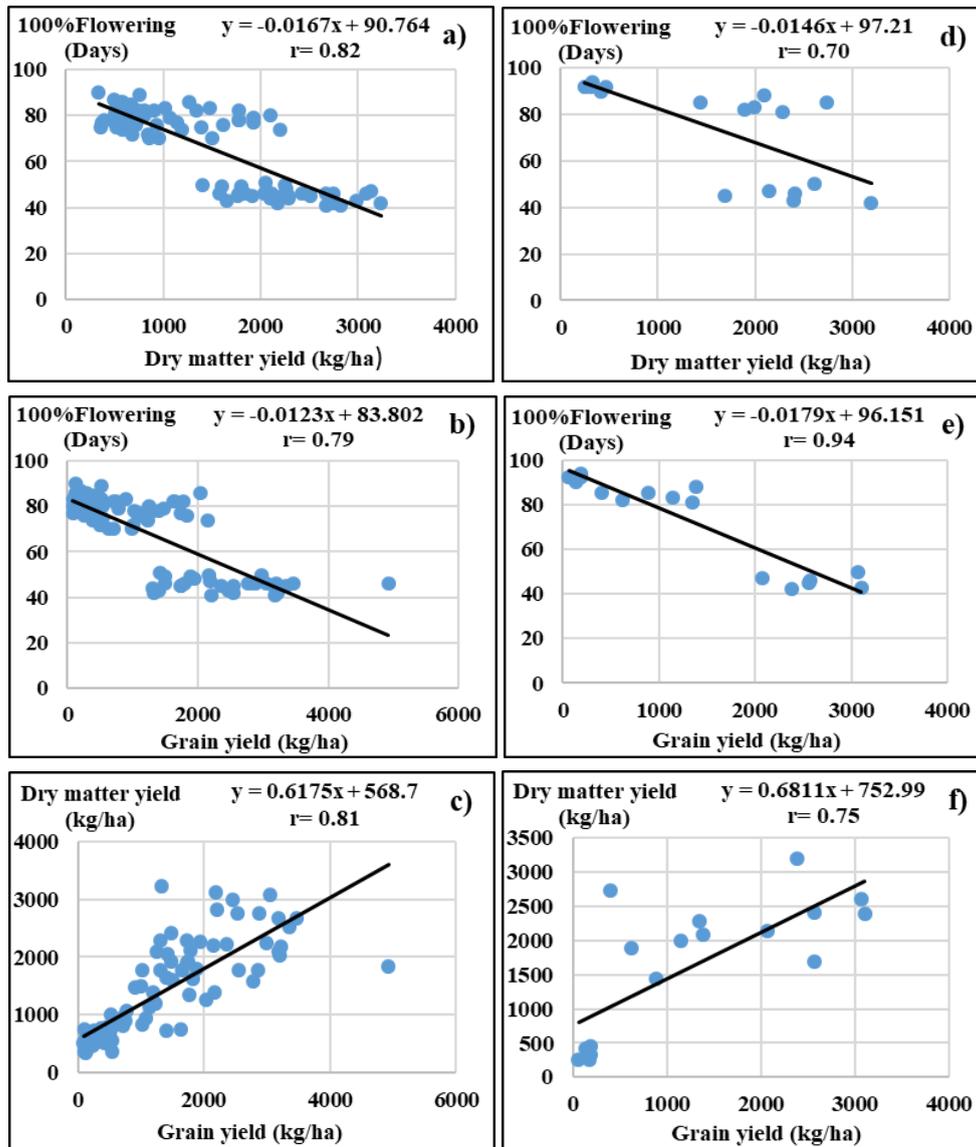


Figure 1. Relationships observed between a) dry matter yield and flowering date; b) grain yield and flowering date; c) grain yield and dry matter yield in *Vicia narbonensis* L. and between d) dry matter yield and flowering date; e) grain yield and flowering date; f) grain yield and dry matter yield in *Vicia sativa* L. over the three years of experimentation.

The study of the relationship between the date of flowering and the yields of dry matter and grains in the two species of vetch highlights some rather interesting information:

- A significant negative relationship ($p < 0.05$) between dry matter yield and flowering date in the two species – *Vicia narbonensis* L. and *Vicia sativa* L. (Figure 1);
- Also a significant negative relationship ($p < 0.05$) between grain yield and flowering date (Figure 1). It seems that the early ecotypes of the two species produced the best yields in dry matter and grain production. These ecotypes, which flower early, can escape from the drought at the end of the fodder legume cycle.

These negative relationships between grain and dry matter yields with the flowering stage suggest that the late ecotypes of these two species were strongly affected by heat and drought, unlike the early ecotypes.

- A significant positive relationship ($p < 0.05$) between grain yield and dry matter yield in both species suggests that selection of ecotypes for dry matter resulted in good grain production (Figure 1).

This study emphasized the behavior of two species of the genus *Vicia* in altitude conditions characterized by water and thermal stress. The species *Vicia narbonensis* L. seems more cold tolerant than *Vicia sativa* L. The latter, characterized by its long and late flowering period, could allow it to escape the cold. These results corroborate those obtained by Keatinge et al. (1991) and Abd El Moneim (1992), who recommended the two species, *Vicia narbonensis* L. and *Vicia sativa* L., for semi-arid regions.

Conclusion

The results obtained in this study reveal that *Vicia narbonensis* L. has very interesting agronomic and qualitative characteristics. It has been shown to be more cold tolerant than *Vicia sativa* L.

It is possible to select the ecotype or ecotypes best suited to be included in the context of the fallow recovery land or in the development of marginal lands in semi-arid areas, depending on the climatic characteristics and the nutritional needs of the different production systems practicing a cereal/fallow rotation. This is due to the great variability of the parameters measured among the 10 ecotypes of *Vicia narbonensis* L., especially the different potential yields of dry matter and grains.

Compared to *Vicia sativa* L., *Vicia narbonensis* L. is well adapted to seed production because it does not shatter at maturity so as not to soil the subsequent crop and has an erect habit allowing mechanical harvesting. Due to the high crude protein content in the grains, narbon vetch-based feeds can be utilized as an alternative source of protein instead of expensive and imported concentrates to meet the needs of national livestock.

It remains essential to evaluate and valorize this species and to encourage the production of seeds based on appropriate and adequate methodologies to alleviate the existing fodder shortage. The cultivation and production of *Vicia narbonensis* L. will probably be the key of the tomorrow's semi-arid agricultural system, making it profitable.

References

- Abd-el Moneim, M.A. (1992). Narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.): A potential feed legume crop for dry areas in West Africa. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 169 (5), 347-353.
- Abdelguerfi, A. (1987). Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. *Céréaliculture, ITGC*, 16, 1-5.
- Abdullah, Y., Muwalla, M.M., Qudsieh, R.I., & Titi, H.H. (2010). Effect of bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds as a replacement protein source of soybean meal on performance and carcass characteristics of finishing Awassi lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 42 (2), 293- 300.
- Açikgöz, E. (1982). Parameters of cold tolerance in common vetch. *Euphytica*, 31 (3), 997-1001.
- Açikgöz, E. (1988). Annual Forage Legumes in the Arid and Semi-arid Regions of Turkey. In D. B. Beck & L. A. Mateori (Eds.), *Nitrogen Fixation by Legumes in Mediterranean Agriculture*. (pp. 47-54). ICARDA, the Netherlands.
- Altınok, S. (2002). The effects of different mixture of hairy vetch (*Vicia villosa* L.) and narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) seeded with barley (*Hordeum vulgare* L.) on silage quality. *Journal of Agricultural Sciences*, 8 (3), 232-237.
- Altınok, S., & Hakyemez, H. (2002). The effects on forage yields of different mixture rates of hairy vetch (*Vicia villosa* L.) and narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) seeded with barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Agricultural Sciences*, 8 (1), 45-50.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC), (1990). *Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis*, 15th edition, SW Williams, Washington DC.
- Avcioglu, R., Kavut, Y.T., & Okkaoğlu, H. (2009). Narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.). In R. Avcioglu, R. Hatipoğlu, & Y. Karadağ (eds.), *Forage crops, Volume 2*, (pp. 421-425). Ministry of Agriculture and Rural Affairs, General Directorate of Agricultural Production and Development. Emre Publ House, İzmir.
- Baldy, G. (1974). *Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques et de leurs influences sur la production des principales zones céréalières d'Algérie*. INRA- Bioclimatologie. Versailles, France.
- Bekhouché, G.N. (2011). *Evaluation de la Durabilité des Exploitations Bovines Laitières des Bassins de la Mitidja et d'Annaba*. Institut Nationale Polytechnique de Lorraine, Nancy-Université.
- Benyoussef, S. (2019). Quelles cultures fourragères sous un climat en mutation ? L'élevage dans les régions aride et semi-aride face aux défis du changement climatique. Erasmus Program of the European Union.
- Berhanu, G., John, P., & Simeon, E. (2003). Land tenure and land management in the highlands of Northern Ethiopia. Research in Agricultural and applied economics. *Ethiopian Journal of Economics*, 8 (2), 46-63.
- Berrekia, R. (1985). *Contribution à l'étude du genre Hedysarum L. en Algérie*. Institut National Agronomique, Alger, Algérie.
- Bessaoud, O., Pellissier, J.P., Rolland, J.P., & Khechimi, W. (2019). La sécurité alimentaire en Algérie. Rapport présenté lors du Séminaire sur la sécurité alimentaire organisé par le FCE. Alger, Algérie.

- Bourbouze, A. (1999). Gestion de la mobilité et résistance des organisations pastorales des éleveurs du haut atlas marocain face aux transformations du contexte pastoral maghrébin. In M. Niamir-Fuller & M.D. Turner (Eds.), *Managing mobility in African rangeland: the legitimization of transhumant pastoralism*. FAO Beijer International Institute of Ecological Economics. Rome, Italy.
- Bryant, J.A., & Hughes, S.G. (2011). Vicia. In K. Chittaranjan (Eds.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. (pp. 273-289). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.
- Büyükburç, U., & İptaş, S. (2001). The yield and yield components of some narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) lines in Tokat ecological conditions. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 25 (2), 79-88.
- Çakmakçi, S., Çeçen, S., & Aydinoğlu, B. (1999). Comparison of seed and straw yield in vetch species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (3), 613-618.
- Carter, E.D. (1975). *Le potentiel de développement de la production céréalière et de l'élevage en Algérie*. Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé, Apdo, Mexico.
- CIHEAM, (2006). *Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région méditerranéenne*. Centre International des Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes, CIHEAM.
- Ćupina, B., Erić P., Krstić, Đ., & Vučković, S. (2004). Forage catch crops in sustainable agriculture and organing farming. *Acta Agriculturae Serbica*, 9 (17), 451-459.
- Davies, C.L., Siddique, K.H.M., & Perry, M.W. (1993). *Preliminary Evaluation of Lathyrus and Vicia species in Western Australia*. Department of Agriculture, Western Australia.
- Eason, P.J., Johnson, R.J., & Castleman, G.H. (1990). The effects of dietary inclusion of narbon beans (*Vicia narbonensis* L.) on the growth of broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research*, 41 (3), 565-571.
- El Moneim, A.A.M. (1989). Advanced yield trials with chickling and narbon vetch. In Forage and Livestock Program Annual Report 1989, ICARDA, Aleppo, Syria.
- Enneking, D., & Maxted, N. (1995). Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.). In J. Smartt & N.W. Simmonds (Eds.), *Evolution of Crop Plants*. (pp. 316-321). Longman: London.
- Gezahagn, K., Getnet, A., Alemayehu, M., & Hussein, M. (2013). Evaluation of Vetch Species and their Accessions for Agronomic Performance and Nutritive Value in the Central Highlands of Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*, 24, 99-121.
- Haddad, S.G. (2006). Bitter vetch grains as a substitute for soybean meal for growing lambs. *Livestock Sciences*, 99 (2-3), 221-225.
- Huseyin, K.F. (2014). A comparison of six vetches (*Vicia* spp.) for developmental rate, herbage yield and seed yield in semi-arid central Turkey. *Grass and Forage Science*, 69 (2), 303-314.
- İptaş, S., & Karadağ, Y. (2009). Determination of the yield and yield components of narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) lines grown in spring. *Proceedings of 1st International Symposium on Sustainable Development* (pp. 83-88), Sarajevo, BiH.
- Issolah, R., & Beloued, A. (2005). The fodder legumes in Algeria: Distribution, Endemism and Utilization. *Proceeding of the International conference on promoting community-driven conservation and sustainable use of dryland agrobiodiversity* (pp. 71-76). ICARDA, Aleppo, Syria.
- Issolah, R., & Yahiaoui, S. (2008). Phenological variation within several Algerian populations of Sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae). In: *Sustainable Mediterranean grasslands and their multi-functions. Cahiers Options Méditerranéennes*. Serie A Seminaires Méditerranéens, 79, (pp. 385-388). FAO-CIHEAM. Elvas, Portugal.
- Issolah, R., Yahiaoui, S., Yassa, S., Beloued, A., Kerkouche, R., Makhlouf, A., Kherraz, R., Terki, N., Mansour, B., & Hamdaoui, A. (2001). Comportement de vingt populations spontanées de sulla (*Hedysarum coronarium* L.) en Algérie. In : *INRAA, Agriculture de Montagne*, 11-13, (pp. 209-222). Bejaia, Algérie.

- Kahlaoui, S., Hassan, H., Bouzid, S., & Stambouli-Essassi, S. (2021). Évaluation de la valeur nutritive de trois espèces de vesces Tunisiennes : *Vicia sativa* L., *Vicia villosa* Roth. et *Vicia narbonensis* L. (Fabaceae, Faboïdeae). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 47 (3), 8527- 8541.
- Keatinge, J.D., Asghar, A., Roidar, B., Khan, R., Abd El Moneim, A.M., & Ahmad, H. (1991). Germplasm Evaluation of Annual Sown Forage Legumes under Environmental Conditions Marginal for Crop Growth in the Highlands of West Asia. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 166 (1), 48-57.
- Klein H.D., Rippstein, G., Huguenin, J., Toutain, B., Guerin, H., & Louppe, D. (2014). *Agricultures tropicales en poche : Les cultures fourragères*. Pays-Bas: CTA, France: Quæ, et Belgique: Presses agronomiques de Gembloux.
- Kroschel, J. (2001). *A Technical Manual for Parasitic Weed Research and Extension*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, the Netherlands.
- Larbi, A., Abd El-Moneim, A. M., Nakkul, H., Jammal, B., & Hassan, S. (2010a). Intraspecies variations in yield and quality determinants in *Vicia* species: 2. Narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.). *Animal Feed Science Technology*, 162 (1-2), 20-27.
- Larbi, A., Hassan, S., Kattash, G., Abd El-Moneim, A. M., Jammal, B., & Nabila, H. (2010b). Annual feed legume yield and quality in dryland environments in north-west Syria: 2. Grain and straw yield and straw quality. *Animal Feed Science and Technology*, 160 (3-4), 90-97.
- Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche (MADR), (2006). *Les schémas directeurs sectoriels de l'agriculture. Réunion d'évaluation du PNDAR- 2ème semestre 2006*. MADR, Algérie.
- Mateo-Box, J.M. (1961). *Leguminosae de grano*. Salvat, Barcelona.
- Maxted, N. (1995). *An ecogeographic study of Vicia subgenus Vicia*. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy.
- Mebarkia, A., & Abdelguerfi, A. (2007). Etude de potentiel agronomique de trois espèces de vesce (*Vicia* spp.) et variabilité dans la région semi-aride de Sétif (Algérie). *Fourrages*, 192, 495-504.
- Mebarkia, A., Bouaza, L., & Telaouit, F. (2003). *Acts of days Maghreb network oats and vetch (REMAV)*. FAO Near-East, Cairo, Egypt.
- Mikić, A., Mihailović, V., Čupina, B., Vasiljević, S., Milošević, B., Katanski, S., Matic, R., Radojević, V., & Kraljević-Balalić, M. (2013). Agronomic characteristics related to grain yield and crude protein content in common vetch (*Vicia sativa*) accessions of diverse geographic origin. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 56 (4), 297-308.
- Nedjraoui. (2001). Profil fourrager. Algérie. FAO. Retrieved November 10, 2022, from <http://www.fao.org/AG/AGP/agpc/doc/coumprof/Algeria.htm>.
- Nizam, I., Orak, A., Kamburoglu, I., Cubuk, M.G., & Moralar, E. (2011). Yield potentials of narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.) genotypes in different environmental conditions. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 9 (1), 314-318.
- Office National de la Météorologie (ONM), (2017-2020). *Bulletin météorologique de la région de Sétif*. Office National de la Météorologie, Algérie.
- Özyazıcı, M.A., & Manga, İ. (2000). The effects of some leguminous forage crops used as green manure and plant residues on yield and quality of maize and sunflower under irrigated conditions of Carsamba plain. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24 (1), 95-103.
- Perrier, A., & Soyer, J.P. (1970). Cereal crop in the highlands: Study of the rotation wheat /fallow in the region of Setif. *Working agricultural Experimental Farm*. Setif, Algeria.
- Renna, M., Gasmı-Boubaker, A., Lussiana, C., Battaglini, L. M., Belfayez, K., & Fortina, R. (2014). Fatty acid composition of the seed oils of selected *Vicia* L. taxa from Tunisia. *Italian Journal of Animal Science*, 13 (2), 308-316.
- Ridge, P.E., & Pye, D.L. (1985). The effects of temperature and frost at flowering on the yield of peas grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 12, 339-346.

- Sadeghi, G.H., Mohammadi, L., Ibrahim, S.A., & Gruber, K.J. (2009). Use of bitter vetch (*Vicia ervilia*) as feed ingredient for poultry. *World Poultry Sciences*, 65, 51-63.
- Seltzer, P. (1947). *Le climat de l'Algérie*, éd. Institut de Météorologie et de Physique du globe de l'Algérie, Université Alger, Algérie.
- Seyoum, B. (1994). Evaluation of nutritive values of herbaceous legumes, browse species and oil seed cakes using chemical analysis. In vitro digestibility and nylon bag technique. M.Sc. Thesis, Alemaya University of Agriculture, Ethiopia.
- Thomson, E.F., Rihawi, S., & Nersoyan, N. (1990). Nutritive value and yields of some forage legumes and barley harvested as immature herbage, hay and straw in north-west Syria. *Experimental Agriculture*, 26 (1), 49-56.
- Turk, M.A. (1997). Comparison between common vetch and barley to phosphorus fertilizer application. *Legume Resources*, 20, 141-147.
- Zeghida, A. (1987). Possibilités et limites du matériel végétal d'introduction. Résultats d'expérimentation des écotypes locaux. *Céréaliculture*, 16, 58-62.
- Zulfiqar, A.G., & Muhammad, B. (2006). Performance of vetch, *Vicia sativa* cultivars for fodder production under rainfed conditions of Pothwar Region. *Journal of Agricultural Research*, 44 (4), 291-297.

Received: January 26, 2023

Accepted: June 13, 2023

UPOREDNO ISTRAŽIVANJE O NARBONSKOJ GRAHORICI I OBIČNOJ GRAHORICI U POLUSUŠNOM REGIONU SETIFA (ALŽIR)

Selma Mahmah^{1*}, Amar Mebarkia¹ i Fouad Rekik²

¹Improvement and Development of Animal and Vegetal Production Laboratory, Agronomic Sciences Department, FERHAT Abbas University of Setif 1, Algeria

²Improvement of Agricultural Production and Protection of Ecosystems in Arid Zones Laboratory, Agronomic Sciences Department, Batna 1 University, Algeria

R e z i m e

Alžir ima ograničenu ponudu stočne hrane. Tradicionalne metode uzgoja stoke oslanjaju se na iskorišćavanje niskokvalitetnih pašnjaka, ugara i prirodnih pašnjaka, a krmnim kulturama se posvećuje malo pažnje. Stanovništvo se oslanja na uvoz da bi zadovoljilo svoje potrebe za proteinima. Zapravo, proizvodnja stočne hrane je primarna poluga za poboljšanje ishrane stoke i kao rezultat toga, produktivnost stočarskog sistema o kojima je reč. Takođe je ključno za dugoročnu održivost sistema kombinovane proizvodnje koji integrišu biljnu i životinjsku proizvodnju. Ova studija je sprovedena radi procene fenoloških faza, analize performansi prinosa stočne hrane, prinosa zrna i nekih njegovih komponenti, kao i određivanja hemijskog sastava vrste *Vicia narbonensis* L. u poređenju sa *Vicia sativa* L., a sa ciljem poboljšanja ugarne godine u plodoredu žitarica/ugar i poboljšanja marginalnih zemljišta. Ispitivanja su sprovedena na parcelama Kampusu Univerziteta FERHAT Abbas u uslovima prirodnog vodnog režima u polusušnom regionu Setifa tokom tri vegetacione sezone (2017–2020), koristeći 10 ekotipova narbonske grahorice i 2 ekotipa obične grahorice (kontrola) u potpunom slučajnom blok dizajnu sa tri ponavljanja. Utvrđeni su značajni uticaji interakcije ekotipa, godine i interakcije između ekotipa i godine, kao i širok spektar varijabilnost u fenološkim fazama, agronomskim karakteristikama i hemijskom sastavu proučavanih ekotipova. Značajna pozitivna veza ($p < 0,05$) utvrđena je između prinosa zrna i prinosa suve materije, a značajna negativna veza ($p < 0,05$) između datuma punog cvetanja i prinosa suve materije i prinosa zrna. Čini se da ranostasni ekotipovi postižu bolje rezultate od kasnostasnih u polusušnom regionu Setifa.

Ključne reči: ugar, hemijski sastav, stočni fond, sistem proizvodnje, uslovi prirodnog vodnog režima, polusušni region, *Vicia narbonensis* L., *Vicia sativa* L., prinosi.

Primljeno: 26. januara 2023.

Odobreno: 13. juna 2023.

*Autor za kontakt: e-mail: salam261192@yahoo.fr