



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de
l'Univers
Laboratoire physiologie, Physiopathologie et Biochimie de la Nutrition
(PpBioNut)



Département : Biologie

Filière : Sciences Biologiques

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de doctorat

Spécialité : Génétique Appliquée

Intitulé

**Identification et caractérisation du prunier
(*Prunus domestica. L*) au niveau de l'Ouest Algérien**

Présentée par : M^{me} Selka Sarra Epe Sekkal

Soutenue le 22/06/2022

Devant la commission du jury :

Président :	GAOUAR Semir Bechir Suheil	PROF.	Université Tlemcen
Encadreur :	ILIAS Faiza	MCA.	Université Ain Témouchent
Examineur :	NOURI Tayeb	MCA.	Centre Universitaire Naama
Examineur :	KAZI TANI Lotfi Mustapha	MCA.	Université Tlemcen
Examineur :	BELLATRECHE Amina	MCA.	Université Tlemcen

Année universitaire : 2021-2022

DÉDICACE :

A la mémoire de mon grand-père

A mes parents à qui je dois tout.

A mes grands-parents.

A mon mari.

A mes filles.

A mon frère et ma sœur.

A ma belle-famille.

A tous les membres de ma famille.

A tous mes amis (es).

Remerciements

Au terme de ce travail je tiens tout d'abord à remercier Madame ILIAS Faiza, enseignante à l'Université Ain Témouchent qui a bien voulu diriger ce travail, je voudrais lui exprimer ma profonde gratitude pour m'avoir accordé sa confiance, son temps et ses conseils,

Je tiens vivement, présenter mes sincères remerciements à monsieur GAOUAR Semir Bechir, Suheil Professeur à l'université ABOU BEKER BELKAID de Tlemcen.

Pour l'honneur qu'il nous a accordé en acceptant de présider le jury, ainsi que sa contribution à ma formation, ma motivation et de m'avoir permis d'évoluer dans un environnement professionnelle ambitieux.

Je tiens aussi à présenter mes remerciements à :

Monsieur KAZI -TANI Lotfi Mustapha MCA à l'Université ABOU BEKER BELKAID

Tlemcen pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Monsieur NOURI Tayeb MCA au niveau du Centre Universitaire Naama, pour avoir accepté d'examiner cette thèse.

Dr BELATRECHE Amina enseignante à l'Université Tlemcen pour bien vouloir accepter d'examiner ce travail.

Je remercier également Docteur MAHDAD M.Y, pour son aide, sa compétence, et ses conseils bien avisés, pour ses remarques constructives qui ont contribué à l'amélioration et l'élaboration de cette thèse.

Je remercier également Madame BOURI. A et Monsieur SIDHOM. M, pour leurs disponibilités, leurs précieuses aides qui trouvent ici le témoignage de notre profonde considération.

Un grand merci pour les services de D.S.A. de Tlemcen et Mostaganem, et les Agriculteurs qui m'ont aidé à réaliser ce travail, pour leurs partages, conseils, et leurs accueilles chaleureuses.

Je tiens à remercier mes chers collègues, Mkedder I, Heddami. Y, Kalai. S, qui m'ont aidé pour la réalisation et l'avancement de ce travail.

A tous l'équipe de Génétique Tlemcen, à mes collègues et amis

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de cette thèse, qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma gratitude en particulier.

Résumé

En Algérie, peu d'attention a été accordée aux accessions de pruniers et à sa distribution, malgré leur importance socioéconomique, et leurs ressources génétiques.

Notre objectif vise à étudier la diversité phénotypique des accessions de prunier (*P. domestica*.L) au niveau de l'Ouest Algérien.

Dans cette étude nous avons commencé par une prospection sur terrain, dans les régions de l'ouest Algérien, basé sur un questionnaire, et une collecte du matériel végétal à travers 16 régions des 7 wilayas différentes (Tlemcen, Naama, Sidi Bel Abbes, Oran, Ain Temouchent, Mostganem, et Mascara), nous avons utilisés 35 caractères morphologiques et pomologiques suggérés par l'UPOV pour établir la diversité phénotypique des accessions de prunier (*Prunus domestica*.L), suivie d'une étude statistique pour déterminer la diversité phénotypique des caractères quantitatifs et qualitatifs.

Les résultats de l'ANOVA, la Classification Hiérarchique (CAH), corrélations de Pearson, l'Analyse en Composantes Principales (ACP), l'indice de diversité de Shannon, l'Analyse en Composantes Multiples (ACM) et des tests de Chi-carré ont montré une distinction nette entre les accessions, et une variabilité phénotypique significative est enregistrée pour les caractères étudiés tels que (longueur et largeur des feuilles, et des pétales de fleurs, période de maturation des fruits, taille et poids des fruits), qui nous conduit à identifier trois groupes majeurs indépendamment de leur origine géographique.

Ces résultats abouti à la valorisation et la conservation de cette précieuse ressource génétique, en identifiant les cultivars du prunier appliquées dans les programmes de sélection.

Mots clés : Morphométrie, prunier (*Prunus domestica*.L), l'ouest Algérien.

ملخص

في الجزائر، تم إيلاء القليل من الاهتمام لشعبة شجرة البرقوق وتوزعها، على الرغم من أهميتها الاجتماعية والاقتصادية، وقيمة مواردها الوراثية

هدفنا هو دراسة التنوع الظاهري لدى أصناف البرقوق في غرب الجزائر

في هذه الدراسة بدأنا بالاستقصاء الميداني عن أشجار البرقوق، في مناطق غرب الجزائر، بناءً على استبيان، وجمع المواد النباتية عبر 16 منطقة من الولايات السبع المختلفة (تلمسان، النعامة، سيدي بلعباس، وهران، عين تمشونت مستغانم ومعسكر).

استخدمنا 35 معياراً وقياساً مورفولوجياً وبيومولوجياً اقترحها الاتحاد الدولي لحماية الأصناف النباتية الجديدة، وذلك لتأسيس تنوع النمط الظاهري لمدخلات البرقوق، تليها دراسة إحصائية لتحديد الصفات الكمية والنوعية للتنوع في النمط الظاهري.

أظهرت كل من نتائج تحاليل: تحليل التباين، التحليل الهرمي، ارتباطات بيرسون، تحليل المكونات الرئيسية، مؤشر تنوع شانون، وتحليل المكونات المتعددة

تمييزاً واضحاً بين المدخلات، وتم تسجيل تباين كبير في النمط الظاهري بالنسبة للصفات الكمية والنوعية المدروسة مثل (طول وعرض الأوراق، بتلات الزهور، فترة نضوج الثمار، حجم الثمار ووزنها) مما يقودنا إلى تحديد وجود ثلاث مجموعات رئيسية في شعبة شجرة البرقوق المدروسة بغض النظر عن أصلها الجغرافي.

هذه النتائج تؤدي إلى تعزيز وحفظ هذا المورد الجيني الثمين، من خلال تحديد أصناف البرقوق التي يمكن إدراجها في برامج الانتقاء والتحسين الزراعي.

الكلمات المفتاحية: النمط الظاهري، شجرة البرقوق، غرب الجزائر

Abstract

In Algeria, little attention has been paid to plum accessions and their distribution, despite their socio-economic importance, and their genetic resources.

Our objective is to study the phenotypic diversity of plum (*P. domestica*.L) accessions in western Algeria.

In this study we started with a field survey, in the western regions of Algeria, based on a questionnaire, and the collection of plant material across 16 regions of seven different wilayas (Tlemcen, Naama, Sidi Bel Abbes, Oran, Ain Temouchent, Mostganem, and Mascara), we used 35 morphological and pomological characters suggested by UPOV to establish the phenotypic diversity of plum accessions (*Prunus domestica*. L), followed by a statistical study to determine the phenotypic diversity of quantitative and qualitative traits.

The results of ANOVA, Hierarchical Classification (HCA), Pearson correlations, Principal Component Analysis (PCA), Shannon diversity index, Multiple Component Analysis (MCA) and Chi-square tests showed a clear distinction between the accessions, and a significant phenotypic variability is recorded for the studied traits such as (length and width of leaves and flower petals, fruit ripening period, fruit size and weight), which leads us to identify three major groups independently of their geographical origin.

These results led to the valorisation and conservation of this valuable genetic resource, by identifying plum cultivars applied in breeding programs.

Keywords: Morphometric, plum tree (*Prunus domestica*.L), western Algeria.

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières

Résumé

ملخص

Abstract

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction	1
Synthèse bibliographique	3
I. Généralité sur le prunier.....	4
I.1. Origine et domestication du prunier	4
I.2. Répartition géographique.....	5
I.3. Importance socioéconomique	5
I.4. Taxonomie de l'espèce	8
I.5. Botanique et morphologie du prunier	9
1. Morphologie du prunier.....	9
2. Portes greffes	13
3. Itinéraire technique du prunier	16
4. La taille	16
5. Différents types du prunier	18
I.6. Cycle biologique du prunier	24
I.7. Ecologie de l'espèce	28
I.8. Génétique de l'espèce	37
Matériels et méthodes.....	39
I. Objectifs de l'étude	40
II. Caractérisation morphométrique	40
1. Station d'études	40
2. Critère du choix.....	42
3. Matériel végétale.....	42
4. Caractérisation morphologique	43
1. Caractères liée à l'arbre	45
2. Caractères liée à la fleur	45
3. Caractères liée à la feuille.....	46

4. Caractères liée aux fruits	48
5. Caractères liée aux noyaux	49
5. Analyse statistique.....	50
5.1. Statistique descriptif et inférentiel	50
5.2. Indice de diversité	51
Résultats et discussion.....	53
I. Prospection sur terrain	54
II. Caractérisation morphométrique	55
1. Analyses descriptives	55
2. Analyse de la variance (ANOVA).....	62
3. Corrélation de Pearson	65
4. Analyse en composantes principales (ACP).....	68
5. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	69
6. Indice de diversité	71
III. Caractérisations morphologiques	75
1. Test X ² de Pearson et coefficient de contingences.....	75
2. Analyse en correspondance multiple (ACM).....	79
3. Classification des variétés selon les variables qualitative.....	81
Conclusion et perspectives	88
Références bibliographiques	92

RÉSUMÉ

En Algérie, peu d'attention a été accordée aux accessions de pruniers et à sa distribution, malgré leur importance socioéconomique, et leurs ressources génétiques.

Notre objectif vise à étudier la diversité phénotypique des accessions de prunier (*P. domestica*.L) au niveau de l'Ouest Algérien.

Dans cette étude nous avons commencé par une prospection sur terrain, dans les régions de l'ouest Algérien, basé sur un questionnaire , et la collecte du matériel végétal à travers 16 régions des 7 wilayas différentes (Tlemcen , Naama, Sidi Bel Abbès, Oran, Ain Temouchent, Mostganem, et Mascara), nous avons utilisés 35 caractères morphologiques et pomologiques suggérés par l'UPOV pour établir la diversité phénotypique des accessions de prunier (*Prunus domestica*.L) , suivie d'une étude statistique pour déterminer la diversité phénotypique des caractères quantitatifs et qualitatifs.

Les résultats de l'ANOVA, la Classification Hiérarchique (CAH), corrélations de Pearson, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) , l'indice de diversité de Shannon, l'Analyse en Composantes Multiples (ACM) et des tests de Chi-carré ont montré une distinction nette entre les accessions, et une variabilité phénotypique significative est enregistrée pour les caractères étudiés tels que (longueur et largeur des feuilles ,et des pétales de fleurs, période de maturation des fruits, taille et poids des fruits), qui nous conduit à identifier trois groupes majeurs indépendamment de leur origine géographique.

Ces résultats abouti à la valorisation et la conservation de cette précieuse ressource génétique, en identifiant les cultivars du prunier appliquées dans les programmes de sélection.

Mots clés : Morphométrie, prunier (*Prunus domestica*.L), l'ouest Algérien.

ملخص

في الجزائر، تم إيلاء القليل من الاهتمام لشعبة شجرة البرقوق وتوزّعها، على الرغم من أهميتها الاجتماعية والاقتصادية، وقيمة مواردها الوراثية.

هدفنا هو دراسة التنوع الظاهري لدى اصناف البرقوق في غرب الجزائر في هذه الدراسة بدأنا بالاستقصاء الميداني عن أشجار البرقوق، في مناطق غرب الجزائر، بناءً على استبيان، وجمع المواد النباتية عبر 16 منطقة من الولايات السبع المختلفة (تلمسان، النعامة، سيدي بلعباس، وهران، عين تمشوننت مستغانم ومعسكر).

استخدمنا 35 معيارا وقياسا مورفولوجيًا وبومولوجيًا اقترحها الاتحاد الدولي لحماية الأصناف النباتية الجديدة، وذلك لتأسيس تنوع النمط الظاهري لمدخلات البرقوق، تليها دراسة إحصائية لتحديد الصفات الكمية والنوعية للتنوع في النمط الظاهري.

أظهرت كل من نتائج تحاليل: تحليل التباين، التحليل الهرمي، ارتباطات بيرسون، تحليل المكونات الرئيسية، مؤشر تنوع شانون، وتحليل المكونات المتعددة

تميزًا واضحًا بين المدخلات، وتم تسجيل تباين كبير في النمط الظاهري بالنسبة للصفات الكمية والنوعية المدروسة مثل (طول و عرض الأوراق، بتلات الزهور، فترة نضوج الثمار، حجم الثمار ووزنها) مما يقودنا إلى تحديد وجود ثلاث مجموعات رئيسية في شعبة شجرة البرقوق المدروسة بغض النظر عن أصلها الجغرافي.

هذه النتائج تؤدي إلى تعزيز وحفظ هذا المورد الجيني الثمين، من خلال تحديد أصناف البرقوق التي يمكن إدراجها في برامج الانتقاء والتحسين الزراعي.

الكلمات المفتاحية: النمط الظاهري، شجرة البرقوق، غرب الجزائر

ABSTRACT

In Algeria, little attention has been paid to plum accessions and their distribution, despite their socio-economic importance, and their genetic resources.

Our objective is to study the phenotypic diversity of plum (*P. domestica*.L) accessions in western Algeria.

In this study we started with a field survey, in the western regions of Algeria, based on a questionnaire, and the collection of plant material across 16 regions of seven different wilayas (Tlemcen, Naama, Sidi Bel Abbes, Oran, Ain Temouchent, Mostganem, and Mascara), we used 35 morphological and pomological characters suggested by UPOV to establish the phenotypic diversity of plum accessions (*Prunus domestica*. L), followed by a statistical study to determine the phenotypic diversity of quantitative and qualitative traits.

The results of ANOVA, Hierarchical Classification (HCA), Pearson correlations, Principal Component Analysis (PCA), Shannon diversity index, Multiple Component Analysis (MCA) and Chi-square tests showed a clear distinction between the accessions, and a significant phenotypic variability is recorded for the studied traits such as (length and width of leaves and flower petals, fruit ripening period, fruit size and weight), which leads us to identify three major groups independently of their geographical origin.

These results led to the valorisation and conservation of this valuable genetic resource, by identifying plum cultivars applied in breeding programs.

Keywords: Morphometric, plum tree (*Prunus domestica*.L), western Algeria.

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

U.E: Union Européenne

ha: hectare

FAO: Food and Agriculture Organization

UPOV : Union pour la protection des obtentions végétales

pH : Potentiel hydrogène

ppv : plum pox virus

L'OEPP : Organisme Européen de Protection des Plantes

CLSV: Chlorotic leaf Spot Virus

ADN: Acide désoxyribonucléique

Sig: significative

r : coefficient de corrélation

ACP : Analyse en Composantes Principales

ACM : Analyse en Composantes Multiples

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

ANOVA : Analyse de la Variance

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Superficie récoltée et Production de Prunes en Monde (FAO, 2020)	6
Figure 2: Part de la production de Prunes par région (FAO,2020)	6
Figure 3: Les 10 principaux pays Producteur de Prunes. (FAO, 2020).	7
Figure 4: Superficie récoltée et Production de Prunes en Algérie (FAO,2020).....	7
Figure 5: Feuilles du prunier (photo originale,2020)	10
Figure 6: Fleur du prunier (photo originale,2020)	11
Figure 7: Différents types de prunes du prunier (photo originale,2021).....	12
Figure 8: les différentes techniques de greffage (Seyer,2007).....	15
Figure 9: Schéma de taille de formation du prunier (Oukabli, et al. 2005).	17
Figure 10: Golden Japon (photo original,2021)	19
Figure 11: Santa Rosa (phot original,2021)	20
Figure 12: Mirabelles (photo original,2021)	21
Figure 13: Reine Claude (photo original,2021)	22
Figure 14: Quetsche (photo original,2021)	23
Figure 15: Agen (photo original, 2021)	23
Figure 16: Cycle du développement du prunier domestique (Couranjou,1983).....	24
Figure 17: Stades phénologiques du prunier (Mahadjane,2013).....	26
Figure 18: Stades phénologiques repères du prunier (Mahadjane,2013).....	27
Figure 19: Carte de répartition géographique des stations d'études (Google Earth, 2022).....	41
Figure 20: : Représentation graphique des variables par l'analyse en composant principale.	69
Figure 21: Arbre hiérarchique utilisant la distance moyenne (entre classes) selon variable quantitatif	70

Figure 22: Représentation des variétés selon les paramètres quantitatifs	71
Figure 23: Représentation graphique des variables par l'analyse en correspondance multiple	79
Figure 24: Représentation des individus par ACM selon les variétés.....	80
Figure 25: Arbre hiérarchique utilisant la distance moyenne (entre classes) selon variable qualitatifs.....	82
Figure 26: Représentation des variétés selon les paramètres qualitatifs.....	83

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Des porte-greffes spécifiques aux vigueur d'arbres de pruniers (Seyer,2007)	14
Tableau 2: les principales caractéristiques des portes greffes du prunier (Seyer,2007)	14
Tableau 3: Périodes et techniques du greffage du pruniers (Seyer,2007).....	15
Tableau 4 : Seuils de sensibilité aux gelées de printemps (Guiheneuf,1998).....	30
Tableau 5: les principales viroses des pruniers (Gautier, 2001).	31
Tableau 6 : Principales maladies cryptogamiques des pruniers (Gautier, 2001).	33
Tableau 7 : Origine des régions d'échantillonnage avec localisation géographique	41
Tableau 8: Variété échantillonnée pour la caractérisation morphologique.....	42
Tableau 9: Caractères qualitatives étudiés	43
Tableau 10: Caractères quantitatifs étudiés	43
Tableau 11: Résultats des statistiques descriptives quantitatifs.....	56
Tableau 12: Test D'homogénéité Des Variances	62
Tableau 13: Analyse de la variance selon la variété (ANOVA à 1 facteur)	63
Tableau 14: Analyse de la variance selon la région (ANOVA à 1 facteur)	64
Tableau 15: corrélation de Pearson.....	66
Tableau 16: Résultats de l'indice de diversité de Shannon et Piélu	73
Tableau 17 : Les valeurs statistiques du test Khi-deux et coefficient de contingence entre les variables liées à l'arbre.....	75
Tableau 18: Les valeurs statistiques du test Khi-deux et coefficient de contingence entre les variables liées à la fleur.....	76
Tableau 19 : Les valeurs statistiques du test Khi-deux et coefficient de contingence entre les variables liées à la forme du limbe.....	77

Tableau 20: Les valeurs statistiques du test Khi-deux et coefficient de contingence entre les variables liées à la maturité du fruit.....78

INTRODUCTION

Introduction

Bien que la disparition des différentes variétés fruitières soit un phénomène naturel, son accélération ces dernières décennies, induite par les pressions exercées par le développement des activités humaines et les transformations socio-économiques, a été à l'origine de la dégradation des biotopes et l'érosion génétique (**Snoussi et al. 2003**).

Ainsi comme la plupart des espèces cultivées, la croissance et le développement des espèces fruitières du genre *Prunus* sont influencés par de nombreux facteurs biotiques et abiotiques.

Les prunes comprennent un groupe important et diversifié d'espèces du genre *Prunus* appartenant à la famille des Rosacées, présentant une large gamme de variations en termes de taille, forme, saveur, arôme, texture et couleur, supérieures à celles de toute autre culture fruitière de ce genre (**Sottile, 2022**).

Le prunier est un arbre de la famille des rosacées, dont les variétés cultivées dérivent des espèces européennes ; américaines et orientales (**Guiheneuf, 1998**). Il jouit d'une grande diversité de caractères morphologiques et une large adaptation au sol (frais, profonds, meubles et surtout bien drainés) et au climat (**Gautier, 2001**). La culture de cet arbre fruitier s'étend à plusieurs régions du monde, elle est à la fois dispersée et relativement concentrée (**Gautier, 1993**).

Malgré cette multiplicité, les pruniers ne comportent que deux types : les pruniers européens hexaploïdes ($2n = 6x = 48$) (*Prunus domestica* L.) et les pruniers japonais diploïdes ($2n = 2x = 16$) (*Prunus salicina* Lindl.) (**Sottile, 2022**).

L'identification de *Prunus* au niveau de l'espèce avec les méthodes archéo-botaniques traditionnelles est difficile en raison de la variation de la gamme morphologique au sein des différents taxons (**Depypere et al. 2007**). Selon **Horvath et al. (2011)**, la classification taxonomique des *Prunus* se fait principalement sur les différentes caractéristiques phénotypiques de leurs fleurs et fruits.

Les efforts de sélection pour élargir de nouveaux cultivars qui répondent aux exigences des nouveaux systèmes de production, de la durabilité écologique et de la santé humaine, ainsi que des efforts coordonnés pour la conservation du germoplasme de la prune sont les défis à relever pour améliorer encore l'industrie de la prune dans le monde.

Introduction

Les travaux de cette thèse ont pour objectif d'étudier la diversité phénotypique des accessions de prunier (*P. domestica*.L) au niveau de l'Ouest Algérien, en utilisant les caractéristiques morphologiques et pomologiques. La connaissance de cette diversité phénotypique sera utile pour la conservation, la gestion et l'utilisation optimale du matériel génétique étudié.

Cette étude vise à présenter l'état des cultures de pruniers au niveau mondial et en Algérie aussi :

- Une synthèse bibliographique sur le prunier comportant : Généralités, importance socioéconomique, Description botanique, biologique, écologique et génétique de l'espèce.
- Ensuite une étude expérimentale divisée en deux chapitres :
 - 1- La partie : Matériels et méthodes consacrée à la description de la méthodologie pour mettre à terme ce travail ainsi qu'une matérialisation du travail au niveau du terrain,
 - 2- La partie : Résultats et discussions et à la fin conclusion et perspectives.

Les résultats montrent que cette diversité variétale peut être considéré comme relativement importante.

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Synthèse Bibliographique

I. Généralité sur le prunier

Le prunier est un arbre fruitier à noyau de la famille Rosaceae du genre *Prunus* naturellement distribué dans les régions tempérées de l'hémisphère nord avec quelques espèces présentes dans les régions tropicales et subtropicales (**Mabberley, 2008**).

Les variétés cultivées les plus importantes appartiennent soit à *P. domestica* (prune européenne), soit à *P. salicina* (prune asiatique ou japonaise) (**Hancock, 2008**).

I.1. Origine et domestication du prunier

L'origine de *P. domestica* est restée un sujet de débat pendant près d'un siècle. Une complication majeure est le large éventail de variations intraspécifiques et de formes transitoires (**Woldring, 2000**).

Des débris de pierre indiquent que *P. domestica* L. était utilisé par les humains il y a au moins 6 000 ans, et l'on sait qu'il était largement cultivé à l'époque romaine. Cette longue histoire de domestication a donné lieu à une riche diversité de caractéristiques morphologiques et d'aptitudes culturelles (**Topp et al. 2012**).

Son origine biologique n'est toujours pas claire. On pensait généralement que l'espèce résultait du croisement entre le prunier cerise diploïde (*Prunus cerasifera* Ehrh.) et le prunellier tétraploïde (*Prunus spinosa* L.), selon **Crane et Lawrence (1952)**. Cependant, la cytogénétique et la morphologie comparative ne confirment pas cette hypothèse. Par conséquent, le prunier pourrait résulter de formes polyploïdes issues du prunier cerise, formant un " complexe de culture polyploïde *P. cerasifera*-*P. domestica* " (**Zohary et Hopf, 2000**).

Le principal centre de domestication de la prune a été identifié en Asie centrale, avec d'autres centres secondaires en Asie de l'Est, en Europe et en Amérique du Nord. Cependant, le(s) lieu(x) effectif(s) d'origine et de domestication de la prune font encore l'objet de recherches (**Watkins, 1995**).

Prunus domestica est probablement originaire du sud-est de l'Europe ou de l'Asie occidentale, autour des montagnes du Caucase et de la mer Caspienne et a ensuite voyagé jusqu'en Europe occidentale (**Topp et al. 2012 ; Cullinan ,1937**). Les résultats d'une récente étude de génotypage basée sur les séquences concordent avec l'opinion généralement admise par

Synthèse Bibliographique

laquelle *P. domestica* dérive du prunier diploïde ou myrobalan (*P. cerasifera* Ehrh.) et peut-être aussi de l'espèce sauvage tétraploïde prunelle ou prunellier (*P. spinosa* L.) (Reales et al., 2010 ; Zhebentyayeva et al. 2019).

I.2. Répartition géographique

La culture du prunier dans le monde est à la fois dispersée et relativement concentrée. Elles sont présentes en Amérique (Californie), en Argentine, en Asie en Europe (France, Italie, Espagne) et en Afrique principalement l'Afrique du Nord (Gautier, 1993).

I.3. Importance socioéconomique

3.1. Importance économique

Parmi la production mondiale des fruits à noyau, les prunes occupent la deuxième place après la pêche et les nectarines. Globalement, la production de prune japonaise est supérieure à celle de la prune européenne. En 2019, la FAO recensait un peu plus de 2 700 000 hectares de pruniers (y compris les pruniers européens et japonais et hybrides) dans le monde et une production totale d'environ 12 600 000 tonnes, avec une augmentation de 20 % au cours de la dernière décennie (figure 1) (Sottile, 2022).

La Chine est le premier pays producteur (respectivement 77 % et 56 % de la superficie mondiale récoltée et de la production), suivie la Roumanie, la Serbie, Chili, l'Iran, les États-Unis, la Turquie, l'Italie, la France, l'Ukraine et l'Espagne (figure3) (Sottile, 2022).

Le Chili est le plus grand exportateur de prunes au monde, principalement (\approx deux tiers) vers la Chine, les États-Unis et le Brésil (Sottile, 2022).

Les prunes sont les fruits à noyau les plus importés en Europe, et l'Allemagne est le plus grand marché de destination de l'Union Européenne pour les prunes fraîches importées (Sottile, 2022).

La Roumanie et la Serbie sont les plus grands producteurs de prunes en Europe, mais leur production est principalement destinée à la consommation interne et à la transformation (pruneaux et spiritueux), donc une très petite quantité est exportée (Sottile, 2022).

Synthèse Bibliographique

La production aux États-Unis est concentrée en Californie, principalement dans la vallée de Sacramento, qui est le leader mondial de la production de prunes séchées (pruneau) (Sottile, 2022).

L'Afrique du Sud est le plus grand fournisseur non européen des pays de l'UE (Sottile, 2022).

L'Espagne et l'Italie restent les principaux fournisseurs européens de prunes fraîches vers les marchés voisins, bien que leurs exportations de prunes aient diminué ces dernières années (Sottile, 2010).

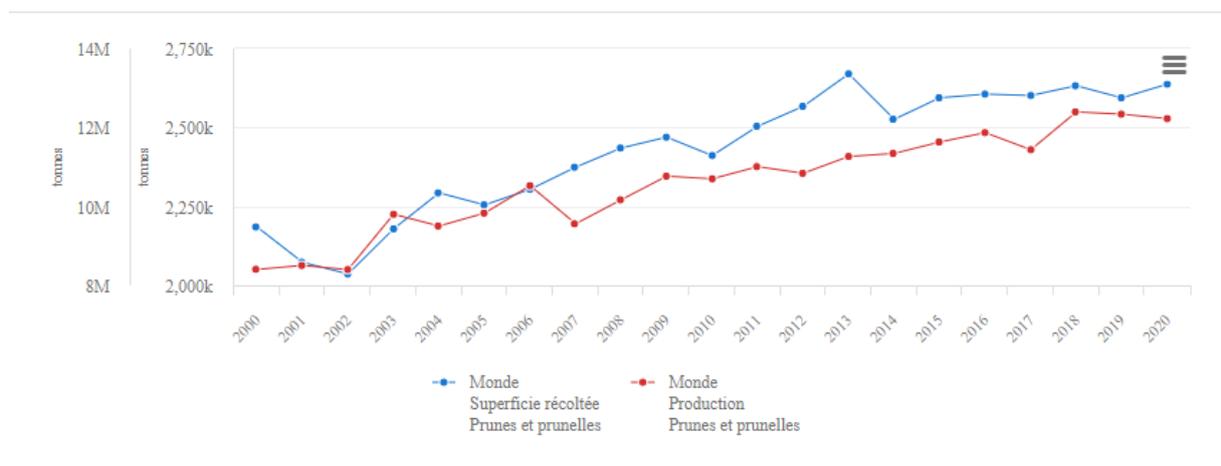


Figure 1 : Superficie récoltée et Production de Prunes en Monde (FAO, 2020)

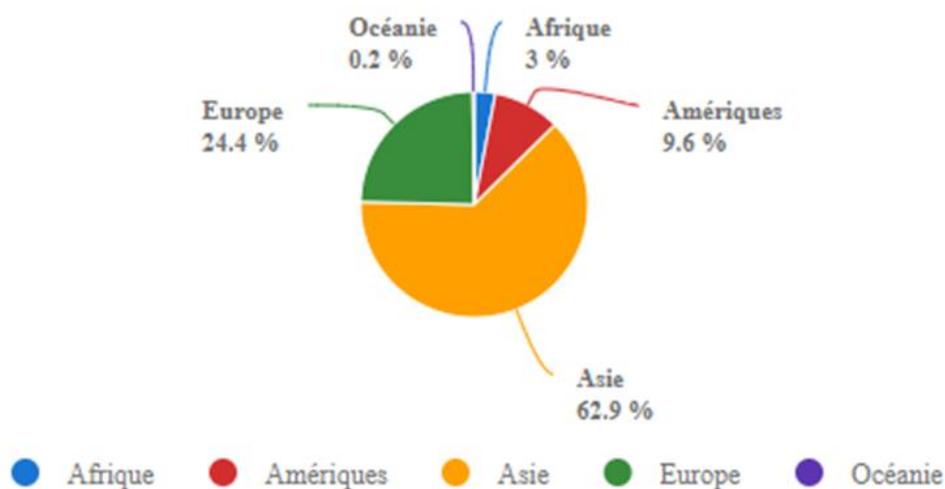


Figure 2 Part de la production de Prunes par région (FAO, 2020)

D'après la (figure 2) l'Asie occupe la grande partie de la production de prunes (62.9%), suivie de l'Europe (24.4%), l'Amériques (9.6%) et l'Afrique (3%).

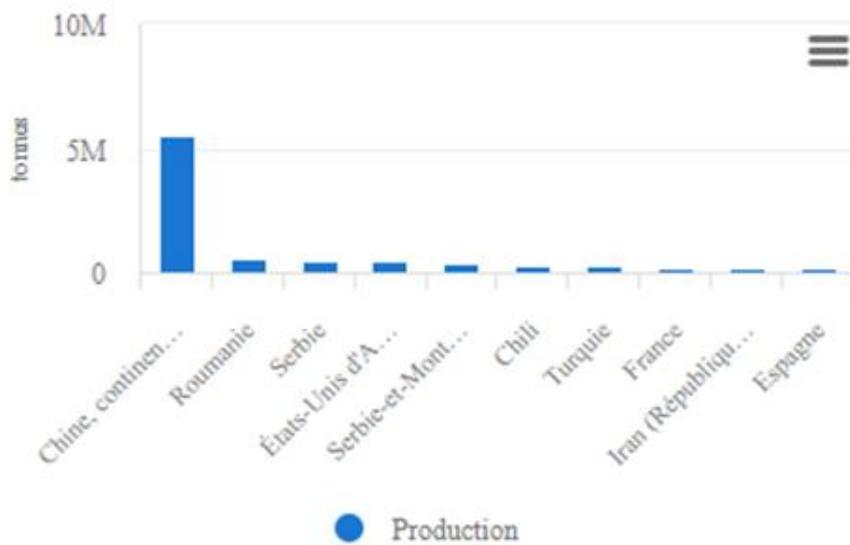


Figure 3 : Les 10 principaux pays Producteur de Prunes (FAO, 2020).

En Algérie le prunier occupait à la fin d'année 2000, une surface de 7 450 ha, cette surface a connu une augmentation remarquable afin d'atteindre 22 459 ha en 2011 (figure 4) ; après cela une diminution assez importante au cours de ces 10 dernière année avoue à 12 689 ha en 2020. Quant à la production, a connu des permutations aussi en allant de 26 353 tonnes en 2000, 105 549 tonnes en 2011, jusqu'à ce qu'elle ait réduit de 98 908 ha en 2020 (FAO, 2020).

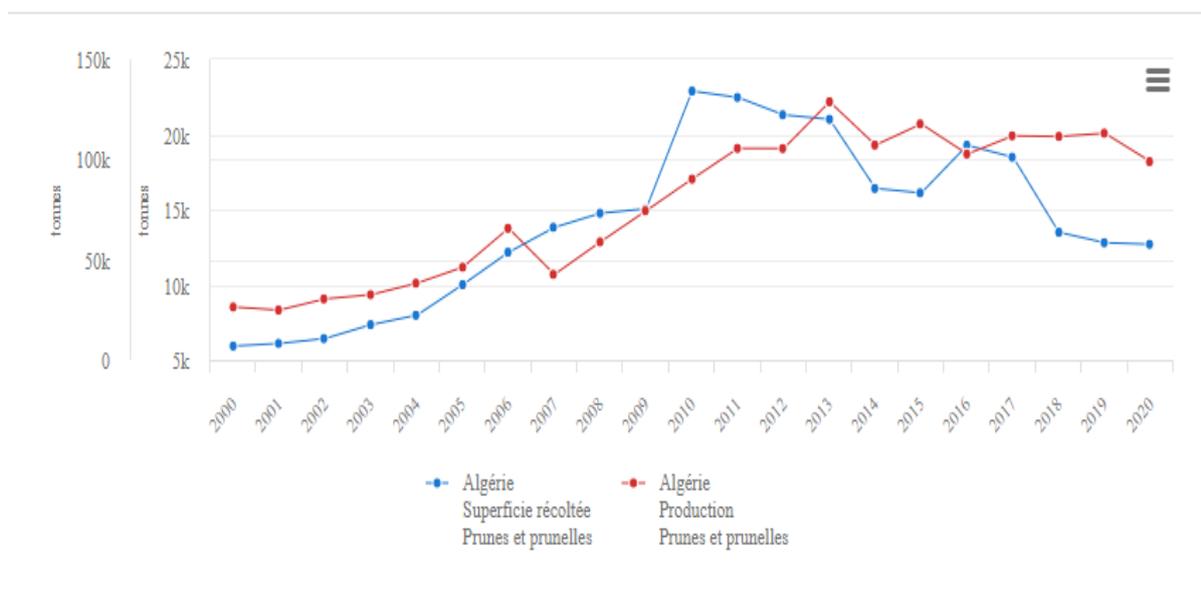


Figure 4: Superficie récoltée et Production de Prunes en Algérie (FAO, 2020)

3.2. Importance alimentaire

Les prunes sont très appréciées par le consommateur pour leur attractivité, leur goût et leur jutosité contrastés, la large gamme d'intensité de saveur, d'arôme, de texture, de couleur, de forme et de taille (Taiti, 2019) et (Okie, 2008), mais tant avec leurs propriétés nutraceutiques et leur forte teneur en antioxydants (Gil, 2002).

De plus, les effets des prunes sur la santé ont montré que la consommation de prunes est associée à une amélioration de la fonction cognitive, des anatomies de santé osseuse et des facteurs de risque cardiovasculaire (Igwe, 2016).

Les prunes renferment de nombreuses fibres et un laxatif naturel, appelé sorbitol, le jus de prune fournit également des antioxydants, du fer, du potassium, du fluor, du phosphore, du magnésium, du calcium et du zinc ; elles contiennent des vitamines A, B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 (niacine), B-6, vitamine C (acide ascorbique), vitamine E (alpha-tocophérol), vitamine K (phylloquinone) et folate. Elles offrent également très peu de calories sans aucune graisse nocive (Wolfe et al.2008).

Grâce à leurs propriétés, les prunes européennes ont une large gamme d'utilisations ; sont consommés frais, séchés ou préparés en conserves.

Une étude récente a révélé que la consommation de prunes séchées et fraîches est efficace pour prévenir et inverser la perte osseuse (Hooshmand et al. 2011).

Les noyaux de prune sont constitués d'acides gras oléiques, linoléiques et saturés, de tocophérols, de phytostérols, avec une multitude d'effets bénéfiques pour la santé (Dulf, et al. 2016).

I.4. Taxonomie de l'espèce

Les pruniers ont été considérés comme un lien entre les principaux sous-genres du *Prunus* avec une grande diversité et hétérogénéité. *Prunus* est un genre complexe et cosmopolite de la famille des *Rosacée*, sous-famille des *Amygdaloideae* (*Prunoideae*),

Le genre *prunus* est subdivisé en plusieurs sous-genres, qui se composent de trois types : *Armeniaca* (Lam.) Koch. « Abricots », *Prunocerasus* Koehne « prunes nord-américaines » et *Prunus* « prunes eurasiennes », cette dernière se distinguant clairement des autres sections.

Synthèse Bibliographique

Les pruniers eurasiens comprennent les pruniers européens hexaploïde (*P. domestica* L.) et les pruniers diploïdes japonais (ou asiatiques) (*P. salicina* Lindl.) (Sottile, 2022).

4.1. Systématique classique du prunier

Cronquist (1981) et Guiheneuf (1998) rappellent la systématique du prunier comme suit :

Embranchement	Spermaphytes
Sous Embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Rosales
Famille	Rosacées
Sous famille	Prunoïdées
Genre	Prunus
Espèce	<i>Prunus domestica</i> L., 1753. <i>Prunus salicina</i> Lindl

I.5. Botanique et morphologie du prunier

1. Morphologie du prunier

Les espèces et les cultivars de prunes sont très diversifiés en ce qui concerne les caractéristiques des fruits, comme la taille, la forme, la couleur, et la qualité. Les caractéristiques des plantes sont également très variées, allant des arbustes aux grands arbres, des plantes étalées aux plantes dressées, des feuilles épaisses aux feuilles fines, et des floraisons précoces aux floraisons tardives (Ramming et Cociu, 1990).

Les prunes ont une plus grande gamme de saveur, d'arôme, de texture, de couleur, de taille et d'autres caractéristiques qui rendent leurs fruits plus désirables que les autres cultures horticoles (Westwood, 1993 ; Baden et Byrne, 2012).

Les caractéristiques pomologiques (par exemple, la couleur, la forme, la taille et le rendement des fruits) et l'adaptabilité à la production précoce et après la récolte (par exemple, la manipulation, le transport et la réfrigération) (Mugnozza ; Pagnotta , 1998)

Synthèse Bibliographique

1.1 Système racinaire

D'après **Guyot et Gibassier (1966)**, le système racinaire du prunier ne comporte pas de pivot mais plusieurs racines principales, qui sont souvent superficielles, il est traçant, drageonne facilement, sa résistance à l'asphyxie racinaire est bonne à moyenne.

1.2. Tronc

Le prunier est un arbre fruitier au port jeune conique puis étalé. Il est cultivé au jardin comme au verger, et est taillé sous différentes formes fruitières : basse-tige ou gobelet (tronc à 50 cm), demi-tige (tronc à 1,30 m) et haute-tige (tronc à 2 m) (**Zaidi, 2016**).

Le tronc est la structure principale de l'arbre. Une bonne croissance végétative au cours des deux premières années est nécessaire pour obtenir la vigueur indispensable à l'obtention de cette structure. Il devra être le plus cylindrique possible.

Dans le cas du Multi -axe, le tronc comprend une partie commune courte de 50 à 60 cm à partir du sol qui porte 4 à 6 subdivisions (les futurs axes) (**Lespinasse et Leterme ,2005**)

1.3. Feuilles

Selon **Boulay (1966)**, les feuilles de prunier sont alternées courtement pétiolées, ovales à oblongues, jusqu'à 10 cm de long, légèrement dentelées ou avec des marges ondulées, acuminées, le pétiole de 1-2 cm est densément pubescent qui présente quelque nectaire, et de deux stipules à sa base (figure 5).



Figure 5: Feuilles du prunier (photo originale 2020)

Synthèse Bibliographique

1.4. Fleurs

Le prunier possède des bourgeons floraux ou boutons à fleurs solitaires, géminés ou fasciculés comme pour le pêcher ces bourgeons floraux contiennent des ébauches de fleurs (comprenant 1 à 3 fleurs **(Boulay ,1966)**).

Les boutons floraux sont de coloration blanc crème sauf pour quelques rares variétés où ils sont blancs ou blanc jaunâtre. Une coloration rose ou rouge se trouve avec plus ou moins d'intensité vers le sommet des boutons floraux de la plupart des variétés. Cette coloration disparaît par la suite au fur et à mesure de l'épanouissement de la fleur **(Caillavet, 1990)**.

Selon **Bretonneau (1991)**, Les fleurs de prunier sont disposées en ombelles simples de quelques fleurs (deux en général) portées par un pédoncule relativement court de 15 à 20 mm, chaque fleur est composée d'un calice monocépitale à cinq divisions, une corolle à cinq pétales, 20 à 30 étamines et un pistil plus long que les étamines, la fleur de type V (5 pétales et 5 sépales). Le nombre de fleurs par arbre est d'environ 3000 **(Benettayeb, 1993)**.

D'après **Mikolajski et Rooney (2007)**, les fleurs éclosent au printemps avant l'apparition des feuilles avec une couleur blanche.



Figure 6: Fleur du prunier (photo originale 2020)

Synthèse Bibliographique

1.5 Fruits

Le fruit est une drupe glabre, globuleuse ou ovoïde. Il ne contient qu'une graine, renfermée dans un noyau ovale, aplati, dur, uni sur les deux faces, à bord dorsal arrondi et creusé d'un sillon, à bord ventral longé par deux sillons latéraux. La peau du fruit ou épicarpe est généralement mince, recouverte de pruine « substance cireuse », colorée suivant la variété, en jaune, vert, rouge violet, noir, etc., quelquefois pointillée de taches d'une teinte plus sombre. Elle se détache assez facilement de la chair dans plusieurs variétés ; dans d'autres, elle est plus épaisse et s'en sépare avec difficulté. La chair ou pulpe est généralement sucrée, parfumée, délicate, molle, d'une couleur variable, plus ou moins adhérente au noyau (**Issarter, 1874**). La figure 7 représente les différents types du fruit :



Figure 7: Différents types de prunes du prunier photo originale (2021)

1.6. Noyaux

L'endocarpe, chez les différents cultivars de prunes peut être de grosseur variable selon les variétés, aplati, de forme allongée marquée par quelques sillons, lisse ou ridé, rond, globuleux ou elliptique. Les pointes peuvent être pointues ou lisses avec une base légèrement conique. Les surfaces dorsale et latérale de l'endocarpe ont des crêtes lisses, rugueuses ou (**Agabbio, 1994**). Le noyau renferme une amande à saveur amère. Il est libre ou semis libre cas de prune d'Ente, Reine Claude, Mirabelle, ou adhérent dans le cas de prune japonaise (**Bretaudeau, 1991**).

2. Portes greffes

Selon **Gautier (2001)**, les pruniers végétant sur leurs propres racines, présentent une croissance lente les premières années. Les porte-greffes les plus utilisés pour cette espèce sont : Myrobolan B, Mariana GF8-1, toutefois beaucoup d'espèces de *Prunus* comme l'Amandier (*Prunus dulcis*) peuvent être employées comme porte greffes du prunier.

La figure 8 montre les différentes techniques de greffage, utilisé pour le prunier.

Le choix du porte-greffe dépend de la vigueur souhaitée et la situation du verger : sol et climat (tableau 1 et 2). L'offre des portes greffes évolue chaque année, et il existe de nombreuses sélections de chacun. Pour simplifier, il n'apparaît ici que des porte-greffes facilement disponibles :

- Myrobolan (*prunus myrobolana*) issus de semis de prunier myrobolans, c'est le porte greffe passe partout de l'abricotier et du prunier, aussi bien en terrain humide, sec, calcaire, recommandé pour remplacements.
- Myrobolan B : Sélection d'East Malling avec les mêmes caractéristiques que Myrobolan mais excellent état sanitaire. Incompatible avec Reine Claude d'Althan.
- Jaspi : Bon encrage, ne drageonne pas et bonne résistance à l'asphyxie. Mise à fruit rapide et productivité accepte bien toutes les variétés de prunier (**Seyer, 2007**).

Le tableau 3 récapitule les périodes et les différentes techniques du greffage du prunier.

Synthèse Bibliographique

Tableau 1 Des porte-greffes spécifiques aux vigueur d'arbres de pruniers (Seyer,2007)

Vigueur	Porte-greffe
Moyen "plus" Pour demi-tige	Saint-Julien ou Damas Effet nanisant sur certaines variétés, dont Reine-Claude. Peut rejeter. Pour sol frais et riche. Résiste mieux au gel que le myrobolan.
	Franc de semis Enracinement pivotant et traçant. Bonne résistance à la chlorose. Très bonne production.
Grande Pour tige Ø4 h4	Myrobolans de semis S'adapte à des sols médiocres (pauvres, secs, humides, mal aérés). Plants vigoureux formant de belles tiges. Sensibilité au crown-gall (cancer des racines). Marianna ou GF81 Bonne affinité avec presque toutes les variétés de prunes et à tous les types de sols. Résiste à l'asphyxie racinaire, au froid et aux nématodes. Mise à fruits 7 ans. Des cas de morts inexplicables ont été rapportés : "dépérissement du mirabellier".

Tableau 2: les principales caractéristiques des portes greffe du prunier (Seyer, 2007)

Vigueur	Porte-Greffe	Caractéristiques principales
Faible	Ferlenain	Sols limoneux, craint l'humidité et la sécheresse
Moyenne	Saint Julien	Sols limoneux, même humides.
Forte	Myrobolan, Brompton	Pour tous types de sols, compatibles avec la plupart des variétés.

Synthèse Bibliographique

Tableau 3: Périodes et techniques du greffage du prunier (Seyer, 2007)

Février / Mars	Avril / Mai	Juillet	Septembre
Greffe en fente			Greffe en fente
Greffe en incrustation	Greffe	Greffe	Greffe en incrustation
Greffe anglaise	en couronne	en écusson	Greffe anglaise

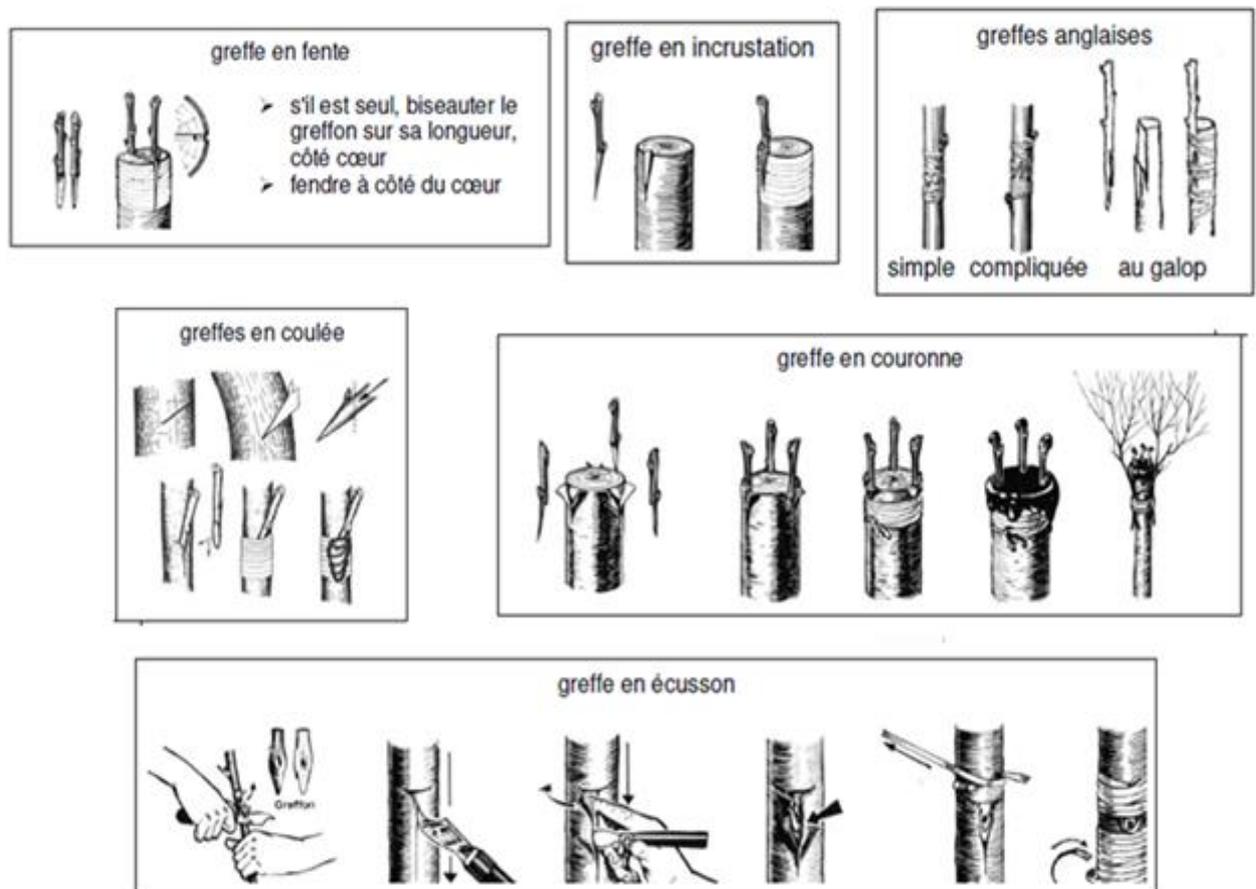


Figure 8: les différentes techniques de greffage (Seyer,2007)

3. Itinéraire technique du prunier

Avant la plantation, la profondeur des trous revêt une importance capitale durant les premières années de croissance des plants, avec des trous plus profonds, la croissance et la végétation sont meilleures et les arbres tendent à tolérer stress hydriques éventuels.

L'arbre accuse un net ralentissement de la croissance végétative et un affaiblissement des charpentières avec les récoltes successives, des dessèchements plus ou moins importants des extrémités des charpentes peuvent se produire dès la 6^{ème} et 8^{ème} année d'âge, à ce stade l'arbre fructifie essentiellement sur les bouquets de mai avec une floraison d'importance réduite sur les rameaux mixtes et les chiffonnes (**Oukabli et al. 2005**).

4. La taille

Tailler l'arbre permet de lui donner la forme la plus favorable, lutter contre les parasites, régulariser la récolte et maintenir ainsi les rendements les plus élevés pendant maximum d'années (**Renaud, 1959**) ; le meilleur moment pour éliminer les branches est en novembre, ainsi les plaies exécutées ont le temps de se cicatrifier avant les froids et bien avant le départ de la végétation (**Fauré et Bretaudeau, 2008**).

4.1. Taille de formation

Elles doivent être simplifiées à l'extrême (figure 9) ; généralement on taille le scion à la hauteur voulue pour la formation de la charpente puis les branches développées et conservées se bifurquent très souvent naturellement on veille seulement au bon équilibre de leur répartition comme le dévoile la figure 9. (**Fauré et Bretaudeau, 2008**).

Synthèse Bibliographique

Le gobelet est une forme de conduite adaptée à tous les niveaux de vigueur. Le contrôle rapide de la hauteur des arbres se fait par des ouvertures de la frondaison (**Oukabli, et al. 2005**).

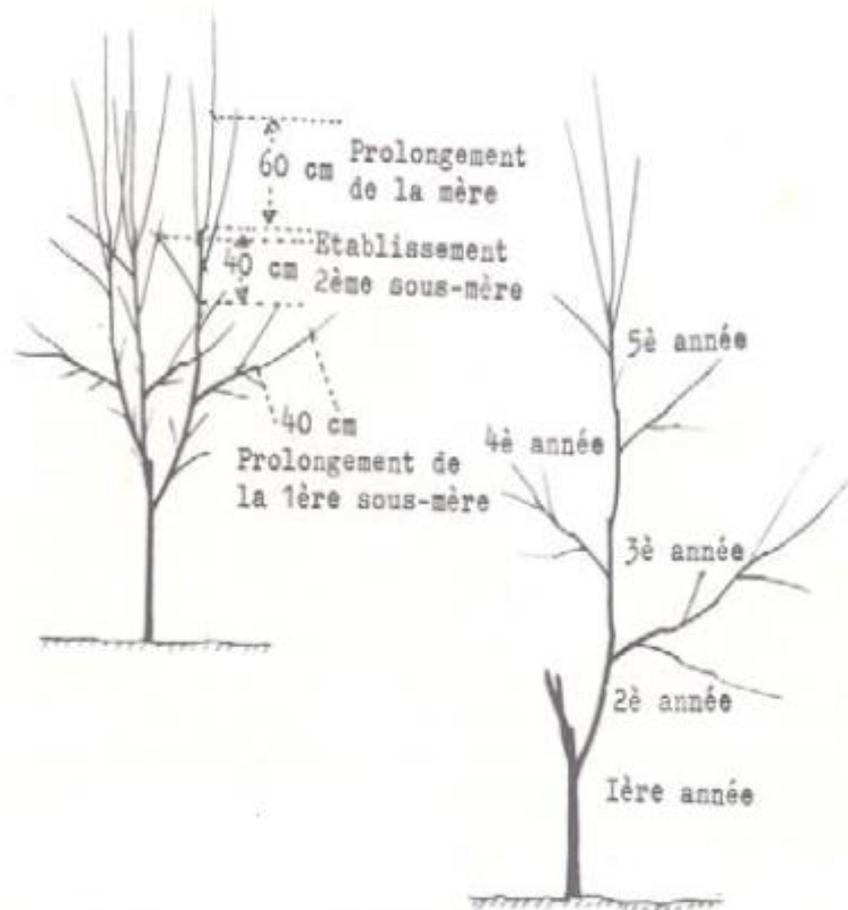


Figure 9: Schéma de taille de formation du prunier (Oukabli, et al. 2005).

4.2. Taille de fructification

La taille de fructification se limite à des élagages et à la taille des verticilles pour préserver l'allongement de la branche terminale et favoriser l'aération des arbres. Bien que possibles, elles ne sont pas recommandables, sinon elles sont basées sur le remplacement de la branche fruitière ou son entretien dans la mise à fruit. On l'applique exclusivement aux arbres conduits en espalier ou en culture forcée (**Fauré et Bretaudeau, 2008**).

5. Différents types du prunier

Le prunier s'adapte plus ou moins bien à tout type de climats grâce à ses multiples variétés. Il existe alors deux grands groupes :

Les pruniers Japonais.

Les pruniers Européens.

5.1 Pruniers Japonais (*Prunus salicina* Lindl.)

Le prunier Japonais diploïde *Prunus salicina* est réputé être originaire de Chine, où il a été domestiqué depuis l'Antiquité et a été introduit au Japon au milieu des années 700.

Les pruniers cultivés de type Japonais sont des porteurs précoces, ont un port généralement étendu et se caractérisent par un besoin en froid compris entre 120 et 780 heures de froid, inférieur à celui des pruniers Européens ils poussent mieux dans les régions tempérées plus chaudes, car elles nécessitent des températures moins froides et fleurissent généralement tôt.

Cette caractéristique contribue à une floraison plus précoce avec une plus grande sensibilité aux gelées printanières, la période de floraison est plus courte parmi tous les fruits à noyau et généralement plus courte que celle de la prune Européenne. Les prunes japonaises se distinguent des prunes européennes par leur aspect attrayant et leur plus grande taille (de 60–80 à 150–160 g), la forme sphérique-globuleuse, la peau très pruneuse, les couleurs très vives, généralement monochromatiques (jaune clair, jaune ambre, vert-jaune ou vert-gris, rose-rouge, rose-violet, violet foncé, bleu, bleu-violet) ou mixte. La maturation des fruits varie considérablement de juin à octobre, selon les cultivars (**Sottile, 2022**).

Parmi les variétés Japonaises les plus fréquentes nous pouvons citer :

5.1.1. Variété Golden Japon

La variété Golden Japon présentant un gros fruit, de couleur jaune vif à chair juteuse, sucrée, sa maturité à la mi-juillet (figure 10).



Figure 10: Golden Japon (Original 2021)

5.1.2. Variété Santa Rosa

Variété américaine obtenue par Burbank, hybride complexe entre *P. salicina*, *P. simonii*, et *P. americana* ; elle a été introduite de l'USA depuis de nombreuses années (**Zaidi, 2016**).

Les fruits de la variété Santa rosa sont de couleur rouge (figure 11). Ils arrivent à maturité à la fin du mois de juillet. Ces fruits sont de bonne qualité gustative (**Mahdjane, 2013**).



Figure 11: Santa Rosa (Original 2021)

5.2. Pruniers Européens (*Prunus domestica*.L)

P. domestica hexaploïde est très probablement un hybride interspécifique de *P. cerasifera* (2×) et *P. spinosa* (4×) qui n'a été introduit en Europe qu'après une longue période de culture.

Le prunier Européen, par rapport au type Japonais, est généralement adapté aux régions tempérées et plus fraîches, sont cultivées dans des climats tempérés, car elles nécessitent des conditions hivernales froides pour briser l'endodormance et fleurissent relativement tard, et se caractérise par un port plus dressé, une lenteur à porter plus prononcée et la présence prédominante de pousses mixtes. Les cultivars de type Européen sont principalement auto-compatibles, bien que la pollinisation croisée soit toujours avantageuse, tout en fournissant un nombre adéquat de ruches dans le verger.

Le besoin de refroidissement est comprises entre 600 et 1300 heures de refroidissement (H.F); les fleurs ont des pétales blancs et sont généralement produites par des bourgeons isolés. La floraison a généralement lieu entre début mars jusqu'à début d'avril ; tandis que la maturation des fruits, selon le cultivar, peut s'étendre de juin à octobre mais elle est plus concentrée entre juillet et août. Les prunes Européennes ont une forme de fruit ovoïde, ellipsoïdale ou en

Synthèse Bibliographique

flacon, comme dans le cas des prunes les plus anciennes ; plus rarement elles sont globuleuses. La couleur du fruit varie du noir au bleu, violet, rouge et jaune, tandis que la chair varie de l'orange au jaune et du jaune verdâtre au blanc.

Les prunes Européennes sont généralement plus aromatisées peuvent être consommés frais, en conserve, ou séchés « pruneaux », peuvent être transformés en jus, en confiserie, ou la fabrication de confitures (**Sottile, 2022**). Les variétés Européennes sont :

5.2.1. Mirabelles

Les mirabelles (figure 12), sont des prunes de petite taille, rondes de couleur jaune orangé, parfois recouverte d'une mince couche cireuse et comestible appelée pruine ; un excellent fruit, au goût plus délicat qu'une simple prune, il se consomme à maturité, de la mi-août à la mi-septembre (**Zaidi, 2016**).



Figure 12: Mirabelles (Original 2021)

Synthèse Bibliographique

5.2.2. Reine Claude dorée

La variété Reine Claude dorée présente un fruit petit à moyen de 30 à 35g environ. Le fruit est rond de couleur verte ou vert doré (figure 13), chair tendre jaune d'or, sucrée, très bonne, sa maturité est observée du début à la mi-août (**Mahadjane, 2013**)



Figure 13 : Reine Claude (Original 2021)

5.2.3. Variété Quetsche

D'après **De Rosamel et Lorgnier (2001)**, les fruits de la variété Quetsche sont gros, allongés, violés foncés, la chair est jaune à verte, mi-tendre, peu juteuse, sucrée et légèrement acidulée, Maturité septembre (figure 14).



Figure 14: Quetsche (Original 2021)

5.2.4. La variété d'Ente (Agen)

Le prunier d'Ente est issu d'une hybridation naturelle entre *Prunus cerasifera* (myrobolan) et *Prunus spinosa* (prunellier épineux). Le fruit de cette variété est allongé gros de couleur violette se caractérise par une chair fine, tendre, juteuse et sucrée, l'arbre est vigoureux et autofertiles (figure 15). Le terme « ente » est emprunté aux vieux français « greffe », elle sert principalement au séchage « pruneaux » (De Rosamel et Lorgnier, 2001).



Figure 15: Agen (Original 2021)

I.6. Cycle biologique du prunier

6.1. Le cycle de développement du prunier

Selon **Benettayeb (1993)**, la durée de vie d'un prunier est de 30 à 35 ans, cela est marquée principalement par trois périodes consécutives (figure 16) :

Période de croissance (Etat juvénile)

La période de croissance est comprise entre la plantation de l'arbre et le début de la fructification, elle est caractérisée par un développement rapide des racines et de la foliation de l'arbre.

Période de fructification (Age adulte)

L'âge adulte correspond à la fin de la jeunesse de l'arbre et son entrée en production. L'arbre fleurit et fructifie abondamment à partir de la 5^{ème} année. L'arbre atteint son plein développement et les productions fruitières sont optimales.

Période de vieillesse

La vigueur générale de l'arbre et la production fruitière baissent considérablement. L'arbre devient vulnérable aux aléas climatiques et aux attaques parasitaires.

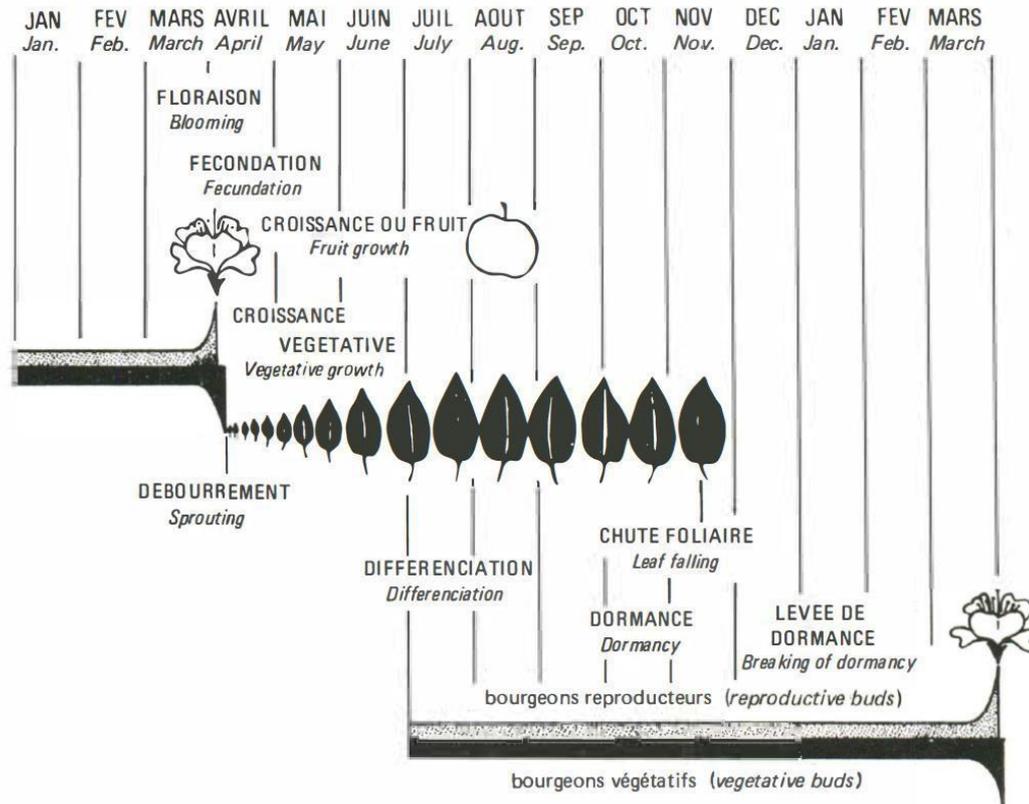


Figure 16: Cycle du développement du prunier domestique (Couranjou, 1983)

6.2. Cycle phénologique du prunier

Le cycle évolutif d'un arbre correspond à l'ensemble des processus et changements qu'il subit durant toute une année. Il dépend des conditions externes, notamment les aléas climatiques.

Chez le prunier la phase de dormance s'étend de la chute des feuilles (Novembre- Décembre) jusqu'à l'apparition des premiers signes d'activité printanières. L'éveil qui se traduit par la croissance végétative et la fructification soit entre le mois de Février et le mois d'Avril (**Mahadjane, 2013**).

6.2.1. Floraison

Les variétés de prunier sortent de la dormance et commencent à fleurir entre la fin février et la mi-avril, selon les conditions environnementales et le cultivar. La formation des bourgeons se produit à partir des feuilles tout au long du mois de juin sur les arbres matures. Les bourgeons reproducteurs sont en position latérale sur les pousses terminales ou sur les pousses courtes appelées éperons.

Les bourgeons floraux sont initiés pendant la saison de croissance avant l'anthèse et le développement se poursuit tout au long de la saison de dormance jusqu'au printemps suivant, juste avant le débourrement (figure 18).

La plupart des cultivars de pruniers commerciaux ne sont pas autogames et l'utilisation de pollinisateurs est donc nécessaire. Les pruniers fleurissent très abondamment et un éclaircissage est nécessaire, effectué manuellement, chimiquement ou mécaniquement, pour obtenir des fruits de taille commerciale (**Mirheidari, 2020**)

6.2.2. Nouaison

À la fin de la floraison et la chute des pétales, la base de calice commence à grossir ; la nouaison est effectuée (figure 17). Elle est définie comme étant le mécanisme qui prend la relève de la floraison, c'est le résultat de la fécondation des fleurs qui conduit à la formation des fruits, La nouaison est contrôlée par plusieurs paramètres tels que : climat, la nutrition, l'irrigation...etc. (**Benettayeb, 1993**). Selon **Gautier (2001)**, le temps entre la pleine floraison et la récolte des fruits mature varie de 80 à 160 jours.

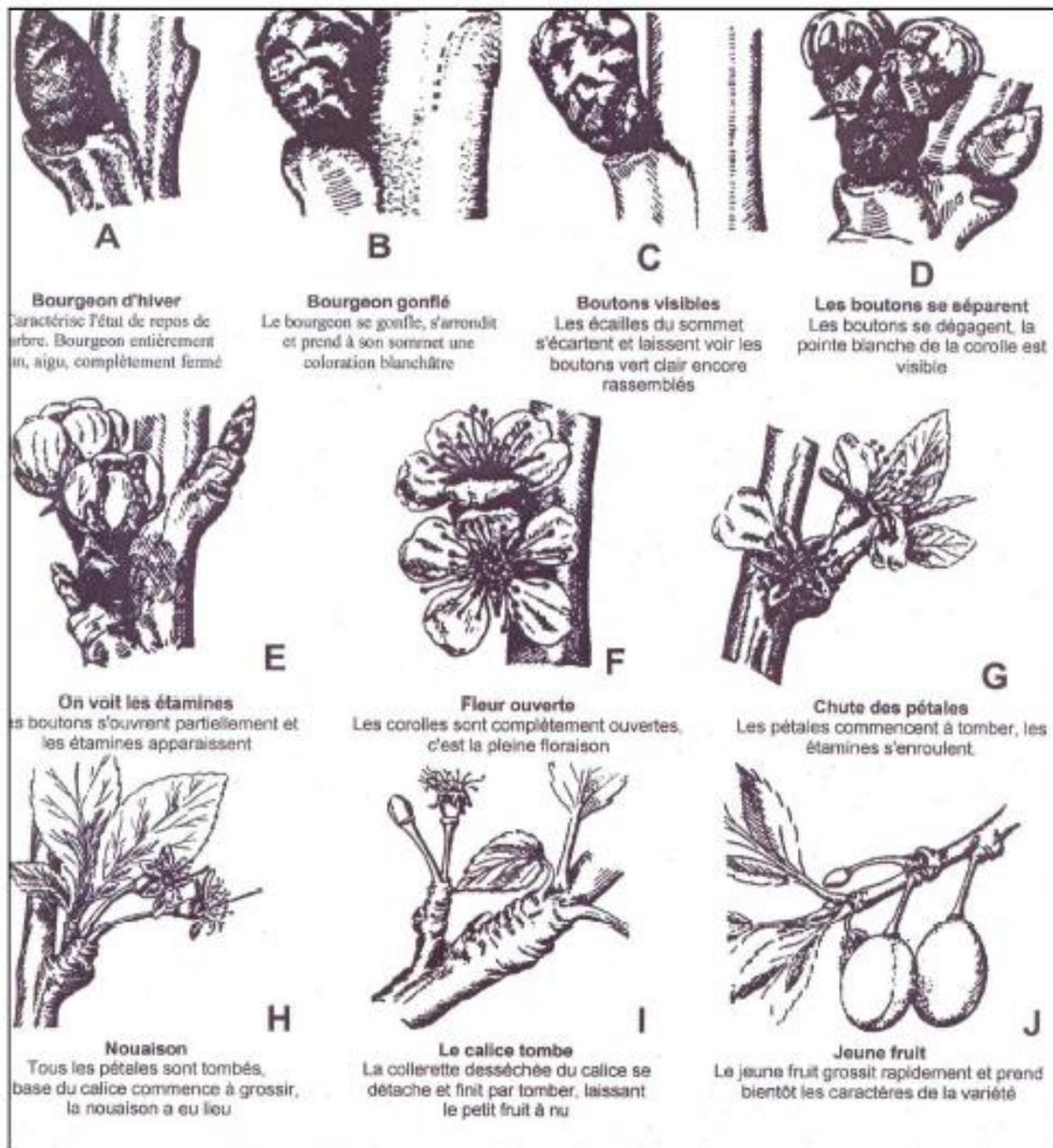


Figure 17: Stades phénologiques du prunier (Mahadjane,2013)

6.2.3. Maturation

D'après DeJong et Goudriaan, (1989) la croissance des fruits suit le modèle type de double sigmoïde, avec une croissance exponentielle rapide pendant la phase de division cellulaire : (stade I, durée de 30 jours ou moins), suivie d'une période relativement courte de croissance lente pendant le durcissement du noyau et le développement de l'embryon : (phase de latence, stade II), et enfin une deuxième période d'élargissement rapide des cellules avant la récolte :

Synthèse Bibliographique

(stade III), lorsque le fruit peut augmenter de taille d'environ 40 % à 60 %, bien que cela soit lié aux degrés-jours après la floraison, par conséquent, la durée de chaque étape varie selon les variétés et les lieux. Pendant la période post-récolte, une partie de la croissance des pousses et du stockage des glucides pour les réserves sont les principaux puits de produits de la photosynthèse, qui se poursuivent jusqu'à la chute des feuilles (Mirheidari, 2020)

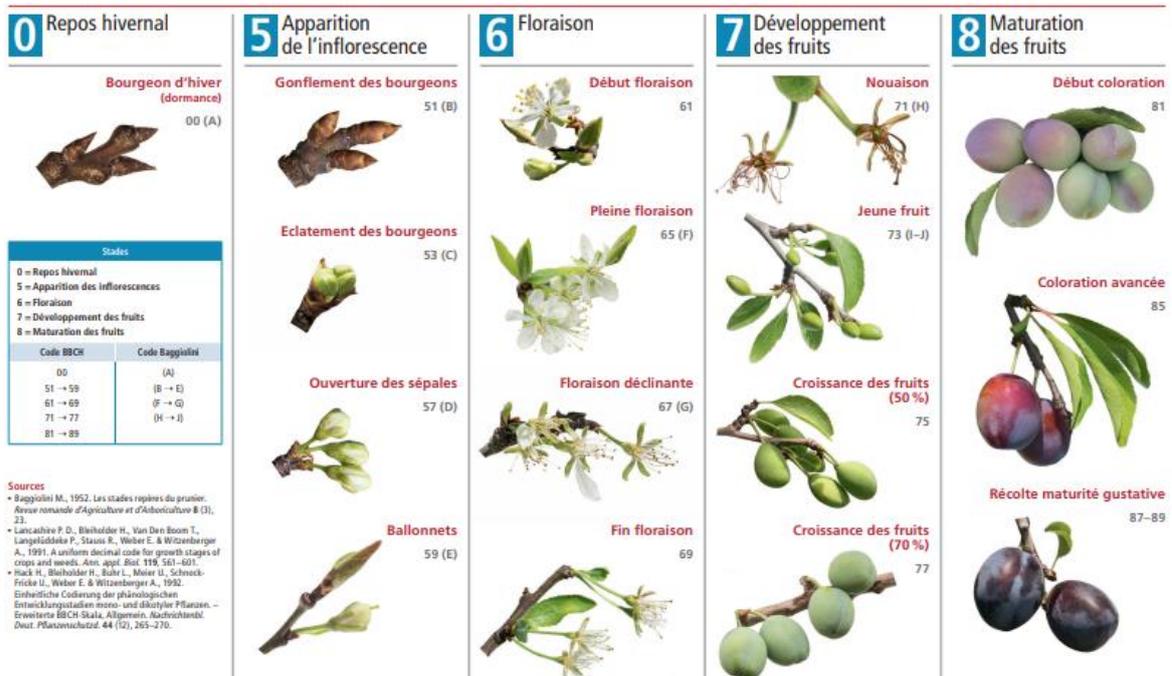


Figure 18: Stades phénologiques repères du prunier (Mahadjane, 2013)

6.3. Cycle physiologique du prunier

En termes de réponses physiologiques au stress hydrique ou salin, peu d'études ont été spécifiquement menées sur les pruniers, Ziska *et al.* (1984) ont déterminé que l'application d'un stress salin dans des conditions de terrain n'entraînait des déficits hydriques foliaires qu'au cours du dernier stade de croissance des fruits. Pendant le reste de la saison, il y a eu une nette réduction de la conductance stomatique et donc de la transpiration foliaire en réponse à l'irrigation avec des niveaux élevés de salinité de l'eau. De plus, Naor (2004) a également observé que la régulation de la conductance stomatique jouait un rôle crucial dans le contrôle des relations hydriques des plantes en réponse non seulement à la sécheresse, mais aussi au niveau des cultures arborées. En effet, Naor (2004) a constaté que la conductance stomatique était fortement corrélée au potentiel hydrique des feuilles lorsque les feuilles étaient recouvertes d'un sac en plastique avant ou immédiatement après leur détachement. Par

Synthèse Bibliographique

la suite, des tentatives ont été faites pour modifier la résistance de l'eau des plantes à la sécheresse par la surexpression transgénique d'un gène de l'ascorbate peroxydase cytosolique (**Díaz Vivancos et al. 2016**). Des résultats prometteurs en termes de tolérance à la sécheresse en conditions de pot doivent maintenant être confirmés au champ où le développement beaucoup plus lent du stress hydrique pourrait modifier la réponse de la plante entière au stress hydrique et l'efficacité agronomique de l'utilisation de l'eau (**Mirheidari, 2020**).

I.7. Ecologie de l'espèce

7.1. Exigences édaphoclimatique

7.1.1. Sol

Le Prunier est le moins exigeant de tous les arbres fruitiers. Il prospère dans une large gamme de sols, les sols les plus adéquats à la culture du prunier sont ceux dont la composition permet un bon développement des racines, une bonne circulation de l'eau et de l'air (**Gautier, 1988**).

Selon **Guiheneuf (1998)**, le prunier se rencontre sur un sol profond, frais, de silico-argileux à argileux, ainsi la présence du calcaire sans irrigation est en outre indispensable.

Le prunier préfère les sols profonds et bien drainés avec un pH de 5,5 à 6,5 donnent les meilleurs résultats. Cependant, les prunes sont les plus tolérantes par rapport à tous les fruits à noyau aux sols lourds et à l'engorgement (**Marco, 2015**)

L'ameublissement du sol avant plantation, est indispensable pour favoriser le développement des racines. Il est pratiqué de diverses manières selon la nature du sol et son profil ; le labour superficiel du sol vise à détruire les adventices et à fournir un sol meuble (**Breton, 1972**).

7.1.2. Fertilisation

L'incorporation de la fumure de fond à la plantation est indispensable. L'apport du fumier à raison de 10 à 15 kg/arbre est fortement recommandée. La fumure minérale à apporter dépend de la richesse du sol.

Durant les trois premières années, l'arbre doit recevoir des quantités d'azote qui évoluent avec l'âge, en allant de 20 unités la première année, 40 unités la 2ème année, jusqu'à 70-80 unités la 3ème et 4ème année. Pour un verger productif (5ans et plus), la quantité d'azote à apporter

Synthèse Bibliographique

serait de l'ordre de 80 à 100 unités/ha à fractionner en 3 apports : au débourrement (1/3), après la nouaison (1/3), et après la récolte pour constituer les réserves (1/3).

La potasse, joue un rôle important dans l'amélioration du calibre du fruit et sa teneur en sucre, les besoins du prunier sont de l'ordre de 100 à 150 unités.

Les éléments fertilisants peuvent être apportés sous forme soluble, de préférence dès le débourrement, la répartition annuelle serait de 20% durant la période « débourrement-nouaison » et de 60% durant la période « croissance végétative » et de 20% après la « récolte » (**Oukabli et al. 2005**).

7.1.3. Irrigation

Les besoins en eau du prunier varient selon la région et l'âge des arbres. Pour un verger adulte et en pleine production, une bonne alimentation en eau améliore le calibre des fruits, réduit l'alternance et le vieillissement des arbres.

Les besoins en eau du prunier sont élevés durant la période Mai -Juillet. Selon les pluies, l'irrigation débute donc à partir du mois de Mai et commence par des irrigations à faible dose (10 à 15 m³/ha). Les doses d'irrigation augmentent sensiblement avec les chaleurs pour atteindre un maximum en Juillet et Aout.

Le manque d'eau durant la période hivernale affecte le grossissement des fruits et l'élaboration des sucres ; par contre à l'approche de la maturité des fruits, les doses d'irrigation doivent être restreintes pour favoriser l'accumulation des sucres chez les fruits (**Oukabli et Mamouni, 2005**).

7.1.4. Température

Le prunier tolère une grande amplitude de températures, pour cela cette espèce a besoin en hiver de 800 à 1100 heures de températures froides en dessous de 7,2°C pour lever la dormance. En cas d'insuffisance en froid, la floraison et la feuillaison sont dévoilées. L'espèce craint les gelées printanières à cause de sa floraison précoce (mars-avril), et préfère les printemps chauds et secs, (**Barth et al. 2013**).

Tous les facteurs climatiques sont susceptibles d'influencer la floraison, avisant que la température est le facteur le plus important.

Synthèse Bibliographique

Le tableau 4 présente les seuils de températures nécessaires à la végétation du prunier.

Tableau 4 : Seuils de sensibilité aux gelées de printemps (Guiheneuf,1998).

Stades phénologiques	C (Calices visibles)	D (Corolles visibles)	E (Étamines visibles)	F (Fleurs ouvertes)	GH (Chute des pétales)	IG (Nouaison)
T°C	-5°	-4°	-3°	-2°	-1°	-0.5°

7.1.5. Pluviométrie

Selon **Benettayeb, 1993** une humidité élevée de l'air constitue une contrainte remarquable pour les arbres fruitiers, elle nuit à la pollinisation, en agglutinant les grains de pollen et en favorisant l'installation de la fumagine.

Le prunier doit avoir un apport conséquent en eau notamment de mai à octobre, de la floraison à la chute des feuilles, pendant cette période, un arbre a besoin de 25 à 40 L d'eau par jour. La quantité d'eau à apporter croît progressivement de mai (25 L) à juillet (40 L), puis elle diminue à l'approche de la maturité des fruits du fin août au début septembre (30 L), pour permettre l'augmentation de leur concentration en sucre. Les besoins en eau d'un arbre se différent en fonction de son évapotranspiration, de son coefficient cultural, et des précipitations (**Barth et al. 2013**).

7.1.6. Vent

Le prunier craint le vent sec et le vent humide provenant de la mer, pour cela des surfaces de cultures bien abritées lui sont réservées (**Gautier, 1988**). Les pruniers préfèrent des endroits dégagés et exposés à la lumière, l'installation des vergers dans des bas-fonds là où l'air ne circule pas et les gelées stagnent sont à éviter (**Benttayeb, 1993**).

7.2. Les principales maladies et ravageurs

Bien que les pruniers puissent être soumis à de multiples attaques d'insectes, champignons, bactéries et virus, la liste des ennemis fréquemment rencontrés est restreinte.

Synthèse Bibliographique

Sa protection phytosanitaire est donc moins coûteuse par rapport à celle d'autres espèces fruitières (**Oukabli et Mamouni, 2005**).

Les conditions à unir pour affronter une maladie chez une plante, à savoir, la présence d'un hôte sensible, d'un agent pathogène, et d'un environnement favorable pour le développement du pathogène.

La maladie d'une plante est déterminée comme une altération de l'état normal par l'interruption ou la modification des fonctions vitales, elle peut dériver d'une réponse à un stress environnemental, à un agent pathogène, ou la combinaison des deux facteurs (**Schubert et al.1988**).

7.2.1 Maladies virales

Les virus sont des parasites intracellulaires stricts, qui se multiplient forcément dans une cellule vivante. Pour s'inspirer, la particule virale mobilise les ressources métaboliques de la cellule hôte pour se répliquer et fabriquer de nouveaux virus (**Astier et al. 2001**).

Les virus se propagent soit par multiplication végétative ou par le pollen et les semences ils peuvent aussi se transmettre par les nématodes du sol, les insectes (pucerons, les cicadelles et les psylles) (**Gautier, 1993**).

Les infections virales sont généralement difficiles à détecter surtout pendant la période de latence, en période d'activité les viroses se reconnaissent par certains symptômes : mosaïques, chloroses, jaunissements, enroulements, panachures et nécroses, selon l'espèce virale ; malgré cela, ces signes ne sont pas souvent évidents et peuvent être confondus avec les symptômes de carences minérales (**Astier et al. 2001**). Le tableau 05 résume les principales viroses du prunier :

Tableau 5: les principales viroses des pruniers (Gautier, 2001).

Les maladies	Le virus	Mode de transmission
Fente de l'écorce (Bark-Split).	Chlorotic leaf Spot Virus (CLSV).	Greffage.

Rabougrissement du prunier (Prune-Dwarf).	Prune (PDV)	Dwarf	Virus	Greffage, semence, pollen
La Sharka (<i>Plum-Pox</i>)	<i>Plum Pox Virus</i> (PPV)			- La multiplication végétative - Quatre espèces de pucerons : Puceron vert du pécher Puceron du houblon Puceron noir de la Luzerne Puceron vert du prunier (<i>Brachycaudus helichrysi</i>).

La sharka (Plum pox virus)

La sharka dit *Plum pox virus* (PPV), affecte la production des espèces du genre *Prunus* en rendant les fruits impropres à la consommation ; il est considéré comme organisme de quarantaine par l'OEPP (Organisme Européen de Protection des Plantes) (**Dallot et al. 2003**).

La sharka est la plus dangereuse virose des pruniers, qui génère des taches sur les feuilles, souvent même sur les fruits et les noyaux et rend les fruits immangeables.

Les plantes qui ne présentent pas de symptômes peuvent porter le virus de manière latente et les vecteurs (pucerons) peuvent l'acquérir et le disséminer (**Dubuis et al. 2016**).

Les *Prunus* infectés engendrent la principale source d'inoculum, à partir de ces arbres le virus se transmet soit par greffage ou par des pucerons vecteurs : *Aphis spiraecola* et *Myzus persicae*.

D'autres pucerons le transmettaient, mais moins efficacement que les deux principaux vecteurs : *Aphis craccivora*, *A. fabae*, *Brachycaudus cardui*, *B. helichrysi*, *B. persicae*, *Hyalopterus pruni*, *Myzus varians*, *Phorodon humuli* (**Leclant, 1973**).

Les méthodes de lutte efficaces sont : la production de matériel de plantation sain, la lutte contre les pucerons vecteurs par des traitements aphicides réguliers et la dislocation des arbres malades dans les vergers (**Gautier, 2001**).

Synthèse Bibliographique

7.2.3 Les maladies bactériennes

La propagation des maladies bactériennes à grandes distance est principalement l'acte de l'homme par le transport de plantes et de fruits malades.

Les Bactéries présentes dans les vergers deviennent pathogènes quand trois conditions sont réunies : la présence d'un inoculum important, une humidité atmosphérique élevée et un traumatisme du végétal.

Parmi les maladies bactériennes observées chez le prunier nous disposons :

· **Bactériose à *Pseudomonas***: provoquée par le développement de *Pseudomonas syringae* et *Pseudomonas morsprunorum*. Elle se manifeste par deux types de symptômes :

- La criblure bactérienne sur feuilles ;
- La formation de chancre autour des bourgeons, ces chancres entraînent la mort des bouquets de mai ainsi que le dessèchement des jeunes pousses.

· **Gall de Collet (Crown Gall)**: se développe sous l'action de l'*Agrobacterium tumefaciens*, elle se manifeste par l'apparition des tumeurs et la croissance au niveau de collet ou sur les racines à une certaine distance de la tumeur primaire (**Gautier, 1993**).

7.2.4. Les maladies fongiques

Les maladies fongiques sont causées par l'évolution des champignons parasites dans les organes végétaux, ces maladies d'origine cryptogamiques qui s'attaquent aux pruniers sont assez nombreuses et observables sur les fruits notamment, qui peuvent causer des pertes de rendements et diminuer la qualité des récoltes (**Gautier, 2001**).

Les principales maladies cryptogamiques sont représentées dans le tableau 6 :

Tableau 6 : Principales maladies cryptogamiques des pruniers (Gautier, 2001).

Les maladies	L'agent pathogène	Organe attaqué
Monilioses	<i>Monilia laxa</i>	Feuille et fruit
	<i>Monilia fructigena</i>	Fruit

Rouille du prunier	<i>Tranzschelia prunispinosae</i>	Feuille
Maladie à Coryneum	<i>Coryneum beijerinchi</i> <i>Coryneum microstictum</i>	Rameaux
Tavelure	<i>Cladosporium carpophilum</i>	Fruit

- **La moniliose**

Cette maladie fongique est à craindre pendant la floraison, surtout après la pluie, donc il est recommandé de faire un traitement d'hiver à base de cuivre après la taille. (**Oukabli et Mamouni, 2005**).

Les bouquets floraux et les rameaux infectés sèchent.

Les fruits brunis et momifiés se couvrent de sporulations du champignon brunâtre (*M. fructigena*) ou grises (*M. laxa*).

Les fongicides efficaces contre la moniliose et la maladie criblée peuvent également être appliqués sur les pruniers (**Dubuis et al. 2016**).

- **La rouille (*Tranzschelia prunispinosa*)**

En juillet et Août, de petites taches jaunâtres apparaissent sur la face supérieure des feuilles, qui jaunissent et chutent prématurément.

La rouille du prunier est un champignon hétéroïque qui accomplit son cycle de développement en changeant de plante hôte, des traitements chimiques à l'aide de dithianon, ou de trifloxystrobine sont utilisés (**Dubuis et al. 2016**).

7.2.5. Maladie des pochettes (*Taphrina pruni*)

La maladie des pochettes appelé aussi cloque du prunier, survienne régulièrement dans les vergers de pruniers situés au-dessus de 600 m d'altitude, ce pathogène se manifeste également en plaine par printemps frais et humide.

Synthèse Bibliographique

Le champignon pénètre par les fleurs, déforme les jeunes fruits qui s'allongent tout en restant creux et sans noyau.

Deux applications de dithianon ou de cuivre au débourement combattent efficacement ce pathogène (**Dubuis et al. 2016**).

7.3. Ravageurs

Les dégâts restent localiser aux organes attaqués dans la majorité des situations, avisons : les racines (formation des galles) ; le tronc, les branches (creusement des galeries dans les bois) ; le feuillage (feuilles découpées, feuilles creusées de petites galeries, feuilles plombées ou bronzées) ; les organes floraux (destruction des bourgeons et des fleurs) (**Gautier, 1993**).

7.3.1. Acariens

Les acariens sont des Arthropodes de la classe des Arachnides, ordre des Acariens, sont de minuscules araignées de moins d'un mm de long. Il en existe plusieurs types, les deux principales sont :

- **Les Eriophyides**

Aculus ou *vasates fockeni*, phytotes des feuilles et *Eriophyes phloecoptes*, phytote à galle du prunier, ces deux espèces hivernent sous forme de femelles avec 10 générations par année.

- **Les Tétranychides** : Les tétranyques provoquent l'apparition de marbrures fines et claires sur le feuillage. Ils tissent une fine toile autour de la plante, les principales espèces des Tétranychides qui peuvent attaquer le prunier sont :

Tétranychus urticae, hiverne sous forme de femelles avec 5 à 12 générations / an.

Tétranychus vienneusis, hiverne sous forme de femelle avec 4 à 5 générations / an.

Eotetranychus pruni, inféodé au prunier hiverne sous forme de femelles.

Panonychus ulmi, hiverne sous forme d'œufs, de 5 à 8 générations / an.

Bryobia rubrioculus, principalement sur prunier et abricotier avec 3 à 7 générations / an. (**Gautier,1993**).

Synthèse Bibliographique

Le prunier est attaqué par plusieurs espèces d'acariens, qui causent le brunissement du feuillage, et la chute prématurée des feuilles (**Gautier, 1988**).

7.3.2. Les nématodes

D'après **Gautier (1993)**, les nématodes nuisibles au prunier sont des espèces appartenant à plusieurs genres « *Criconémoides, Pratylenchus, Meloidogyne, Xiphinema et Longidorus* ».

7.3.3. Les insectes

- **Les lépidoptères**

Parmi les lépidoptères spécifiques du prunier nous pouvons rencontrer le carpocapse de la prune (*Cydia funebrana*) qui est un minuscule papillon de 13 à 15 mm de long. Il évolue en deux ou trois générations par an ; la période de danger débute à la chute des collerettes (80 %) et se termine au début du mois d'Août (**Baggiolini et Bedly, 1976**). Les attaques de carpocapse de la prune se traduisent par les dégâts suivants :

Les premiers fruits atteints tombent en partie courant mais cette chute peut être confondue avec la chute physiologique, avec la deuxième génération, les dégâts amplifient la chute prématurée des fruits, il est parfois possible d'observer des galeries superficielles, les écoulements gommeux sur le fruit, qui sont des caractéristiques d'une attaque. Les fruits chutent au sol ; s'ils restent sur l'arbre, ils sont sujets aux attaques de *Monilia* (**Gautier, 1988**).

- **Les Aphididés**

Les pucerons sont des insectes prolifiques et causent des dommages aux plantes agricoles et forestières. La salive émise lors des piqûres d'alimentation entraîne généralement une réaction du végétal : changement de couleur et enroulement des feuilles ; parfois les pousses sont rabougries ou tordues, les entre-nœuds courts ; en plus de la crispation du feuillage, l'induction de galles ou de chancres, le dessèchement des fleurs, la déformation des fruits (**Leclant, 1982**).

L'excrétion du miellat constitue une source d'attraction pour la cécidomyie, les guêpes, les fourmis et favorise certaines espèces fongiques (**Ben Halima et Ben Hamouda 2005**). D'après **Gautier (1993)**, la majorité des espèces nuisibles sont de forme aptère.

Ils forment des colonies sur les feuilles, les pousses, les racines et les fruits.

Parmi les espèces nuisibles au prunier nous pouvons citer :

- Le puceron farineux du prunier (*Hyalopterus pruni*)

Synthèse Bibliographique

- Puceron vert du prunier (*Brachycaudus helichrysi*)
- Puceron noire du pêcher (*Brachycaudus persicae*).

I.8. Génétique de l'espèce

Bien que le nombre de chromosomes de base des espèces *Prunus* soit $x=8$, certaines espèces du sous-genre *Prunophora* sont triploïdes, tétraploïdes et hexaploïdes. Selon les systèmes de dérivation de ces polyploïdes, *Prunus domestica* L. (6x), l'une des prunes Européennes, est considérée comme dérivée d'un croisement naturel entre *Prunus spinosa* L. (4x) et *Prunus cerasifera* Ehrh (2x).

Le terme prune Japonaise a été appliqué à l'origine pour *Prunus salicina* Lindl. (2x) (**Okie et Weinberger, 1996**).

A l'heure actuelle, les principaux pruniers cultivés, présentent une variabilité génétique intraspécifique relativement limitée (**Zhebentyayeva, 2019**).

Des études génétiques récentes utilisant différentes approches moléculaires ont indiqué que les pruniers diploïdes cultivés ont à peu près le même niveau de diversité que les amandes, mais plus de diversité que les pêchers ou les abricotiers cultivés (**Sottile, 2022**).

Cette variabilité limitée est à mettre en relation avec plusieurs causes telles que le processus de domestication combiné à la propagation clonale, l'utilisation par les éleveurs modernes d'un nombre souvent réduit de parents d'origine similaire, ainsi qu'un processus de standardisation/homogénéisation pour des raisons agronomiques, de transformation, et des raisons commerciales qui révèlent un goulet d'étranglement génétique relativement large (**Guerrero, 2021**).

En conséquence, la perte progressive d'anciens cultivars traditionnels et le resserrement croissant de la base génétique se produisent, avec pour conséquence des phénomènes de dépression consanguine qui compromettent le potentiel de progrès futurs de la sélection (**DeBuse, 2013**), et augmentent la vulnérabilité aux ravageurs, aux maladies, et les changements environnementaux. Dans ce contexte, le matériel génétique des accessions de prunier (anciens cultivars traditionnels, variétés locales, espèces progénitrices apparentées ou sauvages) qui ont peut-être été moins soumises à des contraintes de sélection artificielles, peuvent jouer un rôle crucial dans la réserve de gènes qui pourrait être exploité à des fins de sélection, en particulier dans les domaines de la qualité des fruits, de la résistance aux maladies, de l'adaptabilité climatique et de la sélection de nouveaux porte-greffes (**Monte, 2010**).

Synthèse Bibliographique

La connaissance de la diversité génétique et des relations entre les espèces cultivées de *Prunus* est essentielle pour distinguer les pools génétiques, identifier les lacunes des collections de germoplasme et développer des stratégies de gestion et de conservation efficaces.

Les classifications traditionnelles fournissent des lignes directrices approximatives pour les relations entre espèces, mais les marqueurs moléculaires basés sur l'ADN offrent une opportunité de caractérisation génétique qui permet une comparaison directe de différents matériels génétiques indépendamment des influences environnementales et une différenciation au sein des taxons et entre eux, utile pour tous les généticiens, les sélectionneurs de plantes, ainsi que les gestionnaires de banques de gènes.

D'un autre côté, les marqueurs moléculaires basés sur l'ADN ont été utilisés pour l'identification des cultivars et la quantification de la diversité génétique afin de surmonter certaines limites morphologiques (**Aradhya et al. 2004**).

Ce matériel génétique mérite, globalement, une attention particulière et des efforts coordonnés de conservation, d'évaluation et d'utilisation à des fins de sélection, par des approches à la fois conventionnelles et innovantes « génomiques » (**García-Gómez et al.2021**).

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériels et méthodes

I. Objectifs de l'étude

L'objectif global de cette étude vise à identifier et caractériser sur le plan agromorphologique les populations du prunier (*Prunus domestica*.L) au niveau de l'ouest Algérien

Plus nettement les Objectifs à atteindre sont :

- ✓ L'identification du matériel (par la prospection et la collecte sur terrain) et l'évaluation des propriétés climatique ;
- ✓ La connaissance de ses potentialités agronomiques (comportements variétaux, rendement et productivité) ;
- ✓ Une approche significative de la variabilité génétique existante des variétés par l'étude biométrique (caractères quantitatives et qualitatifs) ;
- ✓ L'identification des différents peuplements du prunier au niveau de la zone d'étude ;
- ✓ Caractérisation de l'espèce par le biais des marqueurs morphologiques.

II. Caractérisation morphométrique

Des études morphologiques doivent être effectuées avant la recherche biochimique et moléculaire (**MacKey, 1988**). L'étude phénotypique a été impliquée dans les modèles d'évaluation de la diversification qui sont utilisés pour identifier les traits qui contribuent à la diversité ainsi que pour déterminer le degré de similitude et de dissemblance entre les génotypes (**Oliveira et al. 2012**).

L'évaluation des traits morphologiques est une méthode établie et importante pour la description et l'identification des variétés de prune (**Sarigu et al. 2017**)

Les caractères morphologiques concernent l'arbre dans son ensemble, la feuille, la fleur et surtout le fruit et le noyau (**Dosba et Saunier, 1998**).

1. Station d'études

La collecte a été faite au cours de la période allant de Février 2019 à septembre 2021, dans différentes régions agro-écologiques (Plaines Littorales, Plaines Telliennes, Atlas Tellien, Hauts plateaux, et littoral) des 7 wilayas suivantes : Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Ain Temouchent, Naama, Mascara, Mostaganem et Oran, (tableau 07) (figure 19).

L'enquête menée durant cette étude a pour but la collecte des informations basée sur un questionnaire détaillé sur l'appellation des variétés, leurs diversités ainsi que leurs répartitions géographiques, et l'intérêt de la culture du prunier pour l'agriculteur (annexe 01) ; cette

Matériels et méthodes

prospection était réalisée par un déplacement sur terrain et interview in situ direct avec les agriculteurs.

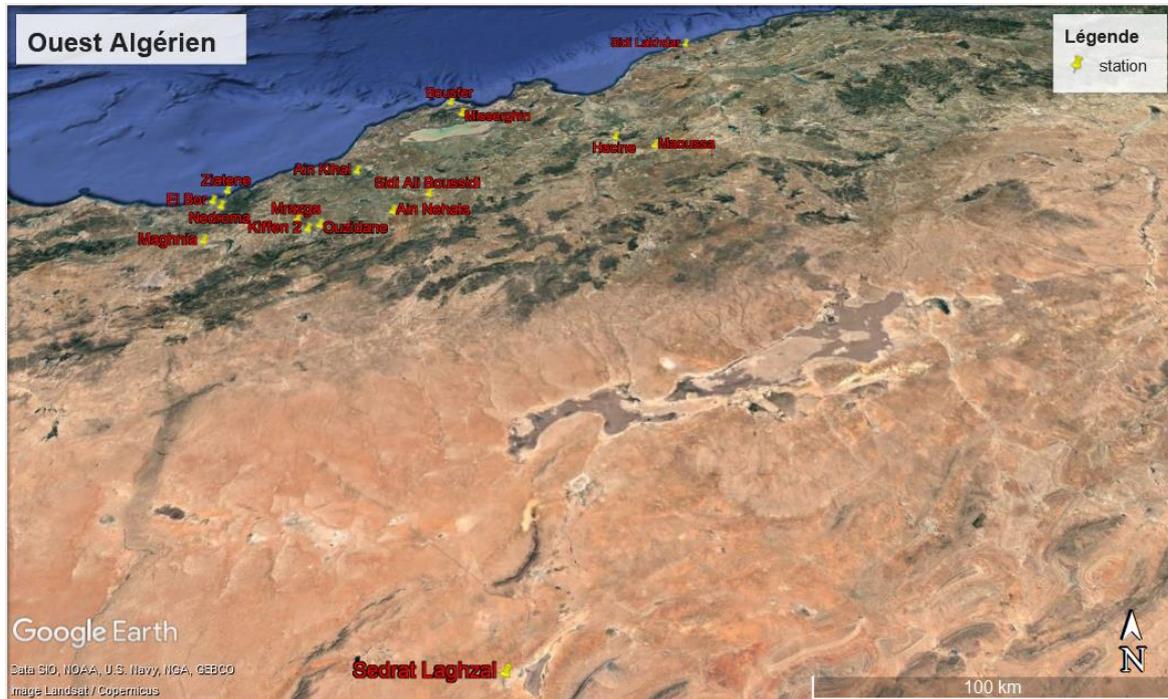


Figure 19 : Carte de répartition géographique des stations d'études (Google Earth,2022).

Tableau 7 : Origine des régions d'échantillonnage avec localisation géographique

Wilaya	Commune	Types des zones Agro-écologique	Localisation géographique
Tlemcen	Mrazga Hennaya		(34°57'23''N 1°23'38''W) 386m
	Ain Nehala		(34°59'56''N 0°58'50''W) 637m
	Kiffen 2		(34°54'08,60''N 1°20'04,02''W)
	Amandiers	Plaines	689m
	Ouzidane	Telliennes	(34°55'29''N 1°17'17''W) 556m
	Maghnia		(34°50'32''N 1°46'16''W) 403m
	Ziatene		(35°07'33,48''N 1°45'24,95''W)
			Plaines
	Nedroma	Littorales	35°02'05''N 1°45'26''W 240m
	El' Bor		(35°03'54"N 1°48'15"W) 115m
Djamaa Sekhra		(35°03'10.7''N 1°48'53.2''W) 75m	
Naama	Sedrat laghzal	Hauts plateaux	(33°14'30.0''N 0°21'49.0''W)1177m

Matériels et méthodes

Oran	Misserghin	Atlas Tellien	(35°37'08''N 0°44'36''W) 631m
	Bousfer	Littoral	35°42'03''N 0°48'29''W 146m
Ain Temouchent	Ain kihal	Plaines Littorales	(35°14'20''N 1°11'16''W) 390m
Sidi Bel Abbès	Sidi Ali Boussidi	Plaines Telliennes	(35°05'59''N 0°50'05''W) 606m
Mostaganem	Sidi Lakhdar	Littoral	(36°09'36''N 0°24'53''E) 631m
Mascara	Maoussa	Atlas Tellien	(35°23'48''N 0°12'04''E) 483m
	Hacine		(35°27'07''N 0°00'52''E) 676m

2. Critère du choix

Les critères du choix des stations expérimentales ont été basés sur :

- L'importance de la production et la disponibilité des pruniers dans la région.
- L'accord des propriétaires des vergers.
- La recherche de la disponibilité de diverses variétés.
- Accessibilité au terrain et possibilité des aides de la délégation agricole.

3. Matériel végétale

Dans notre étude environ 105 pieds de prunier ont été étudiés chacune d'entre elles était représentée dans la collection par 5 plantes greffées sur le même porte-greffe de *Prunus dulcis* (Amandier amer) (UPOV, 2002). Douze variétés ont été échantillonnées au niveau des sept wilayas pour la caractérisation morphologique et pomologique, (Tableau 08)

Tableau 8: Variété échantillonnée pour la caractérisation morphologique

Variété cultivée	Provenance
Moucheté	Mrazga Hennaya / Bousfer
Californie	Ain Nehala / Sidi Ali Boussidi
Agen	Kiffen 2
Japonais	Ouzidane / Ain kihal/ Kiffen2
Noir /rouge	Maghnia
Noir /jaune	Ziatene
Reine Claude Soltani	Nedroma
Rouge gros	El'Bor

Matériels et méthodes

Jaune	Nedroma / Sedrat laghzal / Hacine/ Mrazga/ Bousfer
Rouge petit	Misserghin / Bousfer
Mouchka	Maoussa
Rouge rouge	Sidi Lakhdar

4. Caractérisation morphologique

Pour des raisons de disponibilité des fruits, et feuilles de prunier, surtout avec la pandémie du coronavirus, la caractérisation morphologique et pomologique était divisée en 2 parties :

- Etude préliminaire d'une caractérisation morphologique (22 caractères qualitatif et 2 caractères quantitatif) au niveau de 5 régions : (Ain Nehala, Maghnia, Ghazaouet, Henaya) wilaya de Tlemcen et (Sedrat Laghzal) wilaya de Naama en 2019 (**Selka et al. 2021**).
- Caractérisation morphométrique (20 caractères qualitatifs et 16 caractères quantitatifs) pour les variétés de prunier au niveau de 16 régions de 7 wilayas différentes en 2021 (tableau 07).

Les tableaux 09 et 10 présentent les différents caractères qualitatif et quantitatif étudiés.

Tableau 09: Caractères qualitatif étudiés (UPOV, 2002)

Caractères qualitatif	Abréviations	Caractères qualitatif	Abréviations
Vigueur arbre	TV	Texture de la surface latérale du noyau	TS
Densité de la couronne	DC	Incisions du bord du limbe	LM
Période de début de floraison	TF	Forme du noyau en vue de face	bSV
Position des sépales	AS	Angle du sommet du limbe	AAL
Forme des sépales	SS	Degré d'adhérence du noyau à la chair	Asf
Arrangement des pétales	AP	Taille du fruit	FS
Forme des pétales	PS	Forme du fruit en vue latérale	FSL
Forme du limbe	LS	Couleur de fond de l'épiderme du fruit (sans la prune)	CSF
Forme de la base du limbe	SL	Couleur de la chair du fruit	CFF
Couleur de la face supérieure du limbe	CL	Début de maturation du fruit	TFr

Matériels et méthodes

Tableau 10: Caractères quantitatifs étudiés (UPOV, 2002)

Caractères quantitatifs	Abréviations	Unités
Longueur des pétales	PL	cm
Largeur des pétales	PW	cm
Longueur du limbe	LL	cm
Largeur du limbe	LW	cm
Angle de la base du limbe	ALB	°
Angle du bout du limbe	ALT	°
Poids du Fruit	FrWe	g
Calibre du fruit	FrDi	mm
Hauteur du Fruit	FrH	cm
Largeur du Fruit	FeW	cm
Poids du noyau	SWe	g
Hauteur du noyau	SH	cm
Largeur du noyau	SW	cm
Largeur/ hauteur Fruit	W/H Fr	
Hauteur/largeur noyau	H/W S	
Longueur/largeur limbe	L/W L	

Les paramètres morphologiques et pomologiques ont été choisis selon : la base de descripteurs publiés « **UPOV 2002** » (Union internationale pour la protection des obtentions végétales), « **Horvath, 2011** », et « **Mirheidari, 2020** ».

Des échantillons aléatoires de fruits et feuilles ont été sélectionnés pour chaque accession. Des feuilles adultes ont été prélevées en été. Les fruits étaient récoltés au hasard à pleine maturité.

Les mensurations des fleurs et feuilles étaient mesurées à l'aide de logiciel ImageJ (Image Processing and Analysis in Java), les mesures destinées aux fruits et noyaux ont été réalisées à l'aide d'une balance de précision 0.01g ainsi qu'une règle de gabarit géométrique.

Pour les caractères qualitatifs une évaluation visuelle pour la totalité des caractères en fonction de la notation et le codage décrit pour le descripteur prune établi par l'UPOV. (Tableau 09).

Matériels et méthodes

Les différents caractères qualitatifs ainsi choisis :

1. Caractères liée à l'arbre

- **Vigueur arbre** : faible, moyenne, forte.
- **Densité de la couronne** : faible, moyenne, dense.

2. Caractères liée à la fleur

- **Calice : position des sépales**



1 : appliqués aux pétales 2 : écartés à la fois des pétales et du réceptacle

3 : appliqués au réceptacle

- **Sépale : Forme**



1 : Elliptique allongé

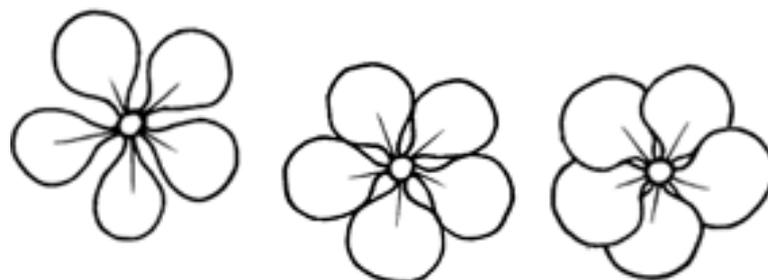
2 : Elliptique

3 : Ovale

4 : Ovale arrondi

5 : Triangulaire

- **Fleur : arrangement des pétales**



1 : Libres

2 : Soudés

3 : chevauchants

Matériels et méthodes

➤ Pétale : forme



1 : Elliptique



2 : Elliptique large

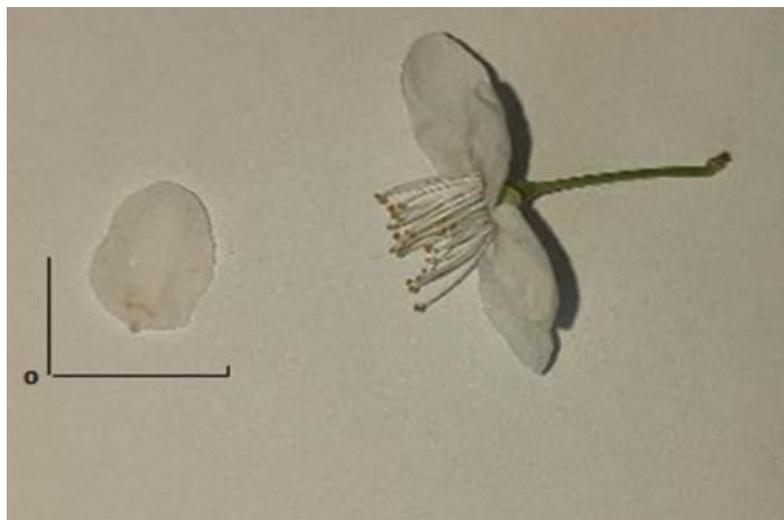


3 : Arrondi



4 : Obovale

➤ Fleurs : largeur et hauteur des pétales



3. Caractères liée à la feuille

➤ Feuilles : largeur et longueur



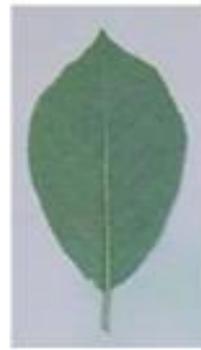
➤ **Limbe : forme**



1 : Ovale



2 : Elliptique



3 : Obovale

➤ **Limbe : angle du sommet (hors extrémité)**



1 : Aigu



2 : Droit



3 : Obtus

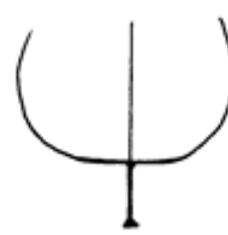
➤ **Limbe: forme de la base**



1 : pointue



2 : obtuse



3 : tronquée

Matériels et méthodes

➤ Limbe : incisions du bord



1 : crénelées



2 : en dents de scie

4. Caractères liés aux fruits

➤ Fruit : forme



1 : Oblong



2 : Elliptique



3 : Arrondi



4 : Aplati

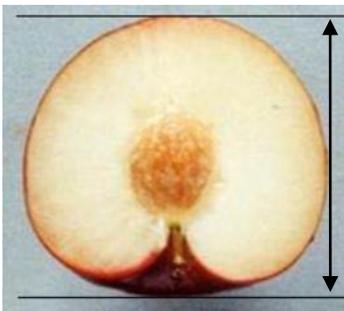


5 : Ovale

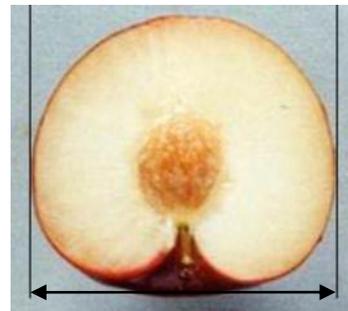


6 : Obovale

➤ Fruit: hauteur et largeur



Hauteur à observer en vue ventrale



largeur à observer en vue ventrale

Matériels et méthodes

➤ Fruits : poids



Fruits : calibre



5. Caractères liée aux noyaux

➤ Noyau : forme générale en vue latérale



1 : Elliptique Etroit



2 : Elliptique



3 : Arrondi

➤ Noyau : texture des surfaces latérales



1 : sableuse



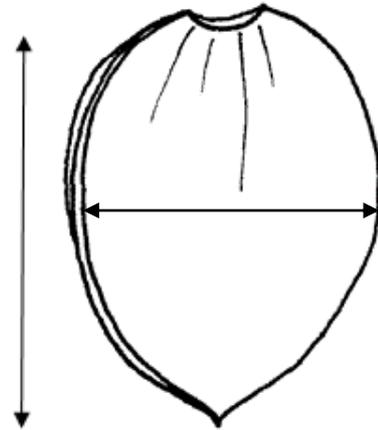
2 : martelée

Matériels et méthodes

➤ Noyau : poids



Noyaux : hauteur et largeur



5. Analyse statistique

5.1. Statistique descriptif et inférentiel

Les différents caractères quantitatifs ont été mesurés à l'aide du logiciel ImageJ (développé par National Institutes of Health, en 1987) pour l'analyse d'images .

Les caractères qualitatifs ont été évalués par la base de la classification et du codage décrits par l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (**UPOV 2002**).

Les tests statistiques (analyse descriptif et analyse inférentiel) ont été réalisés par le logiciel SPSS (version 21.0) :

- Analyse descriptive qui consiste en un traitement des données qui a pour but de décrire un ensemble de données numériques afin de regrouper les individus homogènes, les moyennes, les variances, l'écart type qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales (Min) et maximales (Max) qui transmettent une idée sur l'étendue des données ;
- Test de la normalité des distributions de chaque variable (test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) et le test de Shapiro-Wilk) avec un risque alpha à 0.05 ;
- Analyse de variance (ANOVA) a été réalisée pour détecter des différences significatives dans les traits morphologiques moyens entre les accessions étudiées ; permettant de savoir si une ou plusieurs variables dépendantes (variables à expliquer)

Matériels et méthodes

sont en relation avec un ou plusieurs variables dites indépendantes (variables explicatives). Sur l'ensemble des variables quantitatives nous devons déterminer s'il existe une différence significative entre les individus par leur emplacement (régions), par les types qui les constituent et par les variétés existantes dans la région c'est-à-dire l'influence du milieu, de la population et des variétés sur ces variables quantitatives **(Ramousse , 1996)**.

- Corrélation de Pearson : Les corrélations entre les traits ont été déterminées à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson pour en déduire la similarité/dissemblance génétique, qui nous permet d'avoir une idée du degré d'association ou de covariation qui existe entre ces deux variables.
- Les relations entre les accessions ont été étudiées avec une Analyse en Composantes Principales (ACP) pour les variables quantitatives et l'analyse en Correspondances Multiples (ACM) pour les variables qualitatives, afin de regrouper les individus homogènes qui portent les mêmes caractères étudiés en se basant sur les mensurations morpho métriques pour différencier les échantillons, et définir une classification des arbres et construire une typologie qui consiste à identifier des individus assez semblables entre eux.
- La Classification Ascendante Hiérarchique ou Dendrogramme phylogénétique (méthode UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic)) a été effectuée à l'aide du coefficient de distance euclidienne afin de regrouper les individus et les variétés.
- Nuage de points a été créé selon les deux premières composantes (PC1 et PC2) .
- Test Khi deux (χ^2) par Pearson (1911), est un test d'hypothèse qui compare la loi de distribution observée des données à une loi attendue, permet de déduire la relation entre les variables et leur degré d'association, discuter l'hypothèse de la dépendance des variables qualitatives et le coefficient de contingence (probabilité de dépendance).

5.2. Indice de diversité

L'indice de diversité de Shannon **(Shannon et Weaver, 1948)**, tant connu sous le nom d'indice de Shannon-Wiener, d'entropie de Shannon ou indice de Shannon-Weaver **(Spellerberg et Fedor, 2003)**, a été utilisé pour estimer la diversité génétique dans de

Matériels et méthodes

nombreuses études écologique, morphologique et génétique. On a calculé l'indice de Shannon l'aide du logiciel Excel, il est déterminé par la fonction suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

- i : le nombre d'individus de l'intervalle
- p_i : la proportion de l'échantillon (le rapport du nombre d'individus de l'intervalle i par le nombre total dans la variété)
- R est le nombre total de groupes de chaque variable, qui était limité à quatre pour chaque variable en utilisant la partition suivante :

[Min ; Q1 [

[Q1 ; Q2 [

[Q2 ; Q3 [

[Q3 ; Max]

Où Q1, Q2 et Q3 représentent respectivement :premier, deuxième et troisième quartile. Par la suite on a calculé la diversité maximal possible qui est représenté par le logarithme népérien du nombre de classe (quatre classe).

$$H_{\max} = \ln(S)$$

Afin de calculer la valeur de l'indice de Pielou ou Evenness index (PI)

$$PI = H'/H_{\max}$$

Cet indice nous renseigne sur la répartition (égale ou l'équité), qui varie de 0 à 1, lorsqu'il tend vers 0, signifie que presque tous les nombres ou valeurs du caractère ont tendance à être concentrés sur une seule classe. Ça tendance vers 1 lorsque toutes les classes ont la même abondance (**Barbault, 1981**).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. Prospection sur terrain

Notre enquête sur terrain a abouti à la mise en point sur la dispersion et l'état des variétés du prunier à l'Ouest Algérien, ainsi l'ensemble des caractères d'intérêt agronomique et pomologique majeur actuellement ciblés par les sélectionneurs par conséquent la culture du *prunus domestica* est liée avec l'intérêt social, culturel et économique, mené par les agriculteurs.

Au cours de notre prospection dans les 16 régions nous avons remarqué que la production du prunier était limitée à des petits vergers par les vieux agriculteurs juste pour leurs propre consommation , mais aujourd'hui, avec l'aide des chercheurs qui ont prouvé sa richesse thérapeutiques et sa diversité ainsi que son adaptation au différents climat , le prunier devient un point important dans le secteur rural et économique ; spécialement pour leurs transformation (séchés, patte, vinaigre, confiture, jus...).

A travers nos sorties nous avons remarqués que la plupart des agriculteurs préfèrent les variétés tardives européennes comme les prunes d'Agen et Californie, cela est lié au rendement et l'écoulement de ces variétés à la transformation en pruneaux « prunes séchés », surtout au niveau de la wilaya de Tlemcen principalement la région de Ain Nehala , et wilaya de Sidi Bel Abbas.

Par contre la plupart des variétés précoces « pruniers Japonais » se concentre au sein des villes côtière et les zones chaudes.

D'après, la majorité des agriculteurs interrogés la diffusion des variétés devient de plus en plus propagée au niveau national, mais cela doit être contrôlé par des experts et des ingénieurs agronomes et des généticiens, en outre on a observé un effectif réduit de quelques variétés tel que Black Amber et Fortune, ceci est dû aux préférences des agriculteurs, des commerçants, des consommateurs et le manque de connaissance et le partage des variétés ,le choix est généralement basé sur le rendement, le temps de conservation des fruits et la demande.

De nombreux variétés présentant des caractères pomologiques semblables (couleurs, forme, période de maturité...), dans ce cas de synonymie et d'homonymie rendent la classification variétale difficile à identifier, pour cela différentes méthodes basées sur des caractères morphologiques, biochimiques et moléculaires ont été résolues dans différents pays, ainsi par la création de catalogue national avec différents noms selon les régions et dialecte local, dont ils demandent une ample expertise sur terrain au niveau national.

II. Caractérisation morphométrique

1. Analyses descriptives

Une caractérisation morphométrique était basée sur 16 caractères quantitatifs (**UPOV, 2002**) sur 12 variétés cultivées.

Les résultats de l'analyse descriptive liée aux caractères quantitatifs : la moyenne arithmétique, l'écart type standard, les valeurs minimale et maximale sont représentées par variétés dans le tableau 11.

Cette description nous a permis de voir un degré de polymorphisme élevé entre les variétés étudié. La variété Mouchka a marqué la plus grande valeur de mensuration de la feuille (longueur : 9.56 cm, largeur : 3.29cm) suivie par les variétés Japonais (longueur : 7.85cm, largeur : 3.63 cm) et Jaune (longueur : 7.48cm, largeur : 3.41cm), par contre les variétés Rouge ont montré les dimensions les plus faibles pour les feuilles (longueur : 6.07cm, largeur : 3.05cm), ces résultats se distinct selon les zones agro-écologique ainsi examiné , ce qui explique l'influence du climat et du sol sur la feuille ,qui est considéré comme la partie végétative la plus affecté ; en effet la taille de la feuille (longueur et largeur) est considérée comme un caractère discriminant et hautement distinctive pour les variétés (**Mkedder et al. 2021**).

Pour les variables liées aux fruits, Le poids des fruits variait de 20.8g à 105 g, et le poids du noyau du fruit variait entre 0,73g et 1,91g, les dimensions des noyaux sont très utiles pour l'identification de *P. domestica*, *P. insititia* et *P. spinosa* (**Behre, 1978**).

Le poids du fruit est un important facteur quantitatif héréditaire qui détermine le rendement, la qualité des fruits et l'acceptabilité par le consommateur (**Crisosto et al. 2004**).

La forme globale du fruit de la prune (sphéricité) a été caractérisée en calculant le rapport Largeur/ Hauteur du fruit, la plupart des accessions présentaient des ratios qui varie en moyenne entre 0.72 et 1.26 (Agen et Noir Rouge respectivement), ce qui signifie que certains fruits étaient presque ronds à ovales. Chez les prunes, les formes rondes sans extrémités saillantes sont préférées par les consommateurs (**Crisosto et al. 2007**).

En ce qui concerne les pétales des fleurs, la variété Californie a noté une longueur de pétale égale à 1.72 cm par contre celle de la variété Noir rouge présente une longueur égale à

Résultats et discussions

0.83cm, cela joint la période de floraison, une période précoce reconnu par des petits pétales et une période tardive par des pétales longues.

Dans les ouvrages de pomologie et d'agro-botanique, les variétés sont généralement caractérisées par les caractéristiques de leurs fleurs (par exemple, le diamètre, la couleur...) et de leurs fruits (par exemple, la couleur, la taille, la forme, la forme du noyau, l'adhérence du noyau) (Horvath, 2011).

Tableau 11: Résultats des statistiques descriptives quantitatives

Variétés	Caractères	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart Type
Moucheté	lar.petal	5	,832	1,212	,97784	,155210
	lon.petal	5	,831	1,452	1,08360	,256724
	lar.feuille	5	2,818	3,560	3,29132	,335691
	lon.feuille	5	6,369	8,174	7,23492	,792071
	ang.base	5	61,079	81,635	69,34940	8,601768
	ang.bout	5	58,611	97,314	79,12584	15,735088
	poid.fruit	5	13,800	53,300	30,80000	16,709877
	calibre.fruit	5	28,800	43,000	35,88000	6,320759
	lar.fruit	5	2,660	4,040	3,38000	,583438
	lon.fruit	5	3,060	4,320	3,71600	,536172
	poid.noyau	5	,398	1,228	,83864	,315624
	lar.noyau	5	1,180	1,720	1,51200	,203765
	lon.noyau	5	1,680	2,560	2,13600	,377995
	Fruit :largeur/hauteur	5	,869	,968	,90683	,043160
	Limbe: long/largeur	5	2,086	2,296	2,19857	,092143
Noyau: hauteur/larg	5	1,200	1,488	1,40988	,119993	
Californie	lar.petal	10	,696	1,286	,93606	,251171
	lon.petal	10	1,125	1,718	1,43016	,190252
	lar.feuille	8	2,756	3,682	3,14805	,267289
	lon.feuille	8	5,302	7,054	5,96594	,529367
	ang.base	8	70,294	94,056	77,61633	7,887328
	ang.bout	8	90,569	102,902	97,58336	5,041770
	poid.fruit	6	28,300	50,000	36,81667	7,636600

Résultats et discussions

	calibre.fruit	6	35,600	40,000	38,13333	1,652473
	lar.fruit	6	3,280	3,820	3,59333	,202649
	lon.fruit	6	4,400	5,500	4,84333	,372541
	poid.noyau	6	1,535	1,796	1,64946	,092718
	lar.noyau	6	1,740	1,920	1,82667	,082624
	lon.noyau	6	3,000	3,500	3,27333	,159833
	Fruit:largeur/hauteur	6	,691	,786	,74327	,031813
	Limbe: long/largeur	8	1,828	1,933	1,89497	,036928
	Noyau: hauteur/larg	6	1,719	1,897	1,79305	,076596
	lar.petal	3	,862	1,083	1,00520	,124170
	lon.petal	3	,927	1,231	1,06507	,154299
	lar.feuille	3	3,285	4,576	4,13493	,736249
	lon.feuille	3	5,326	8,060	6,83273	1,387866
	ang.base	3	85,664	102,962	97,13780	9,937162
	ang.bout	3	67,207	99,913	86,54560	17,150900
	poid.fruit	3	24,300	47,200	38,23333	12,231244
Agen	calibre.fruit	3	33,200	42,400	38,73333	4,875791
	lar.fruit	3	3,020	3,840	3,55333	,462313
	lon.fruit	3	4,240	5,280	4,90000	,573760
	poid.noyau	3	1,206	1,388	1,29223	,091588
	lar.noyau	3	1,283	2,000	1,68092	,365101
	lon.noyau	3	2,760	3,080	2,97333	,184752
	Fruit:largeur/hauteur	3	,712	,741	,72442	,015090
	Limbe: long/largeur	3	1,565	1,761	1,64931	,100801
	Noyau: hauteur/larg	3	1,540	2,152	1,81387	,310767
		lar.petal	13	,808	1,208	,99755
	lon.petal	13	,926	1,240	1,06174	,119039
	lar.feuille	13	2,094	4,280	3,63142	,557437
	lon.feuille	13	5,178	9,291	7,85229	,974044
Japonais	ang.base	13	51,685	85,645	66,67014	10,020778
	ang.bout	13	53,999	85,564	64,58202	8,951168
	poid.fruit	13	18,750	75,400	50,28782	15,478730
	calibre.fruit	13	33,500	43,000	41,61538	3,049275

Résultats et discussions

	lar.fruit	13	3,150	4,920	4,27833	,469965
	lon.fruit	13	2,875	5,260	4,50154	,613005
	poid.noyau	13	,460	1,565	1,15367	,263035
	lar.noyau	13	1,350	2,100	1,80910	,171692
	lon.noyau	13	1,850	2,620	2,42128	,215250
	Fruit:largeur/hauteur	13	,848	1,096	,95685	,076424
	Limbe: long/largeur	13	1,749	2,473	2,18084	,178809
	Noyau: hauteur/larg	13	1,238	1,398	1,34005	,051496
	lar.petal	5	,574	,732	,68764	,064433
	lon.petal	5	,711	,829	,77876	,046173
	lar.feuille	5	2,488	2,981	2,78992	,224078
	lon.feuille	5	6,586	7,496	7,17732	,364260
	ang.base	5	40,389	56,557	50,37000	6,399981
	ang.bout	5	65,746	86,778	75,05864	8,966479
	poid.fruit	5	50,000	68,000	59,40000	7,127412
Noir	calibre.fruit	5	43,000	43,000	43,00000	,000000
rouge	lar.fruit	5	4,300	5,000	4,66000	,250998
	lon.fruit	5	3,500	4,000	3,68000	,216795
	poid.noyau	5	,645	,903	,72138	,105610
	lar.noyau	5	1,600	2,000	1,70000	,173205
	lon.noyau	5	1,600	2,000	1,78000	,148324
	Fruit:largeur/hauteur	5	1,211	1,343	1,26750	,055215
	Limbe: long/largeur	5	2,259	2,868	2,58752	,264455
	Noyau: hauteur/larg	5	1,000	1,125	1,04926	,052097
	lar.petal	0				
	lon.petal	0				
	lar.feuille	2	2,879	3,925	3,40200	,740199
	lon.feuille	2	7,041	7,416	7,22860	,264741
Noir	ang.base	2	54,416	82,756	68,58610	20,039265
jaune	ang.bout	2	55,463	88,418	71,94050	23,302987
	poid.fruit	4	83,000	105,000	91,75000	10,045729
	calibre.fruit	4	43,000	43,000	43,00000	,000000
	lar.fruit	4	5,200	5,900	5,47500	,309570

Résultats et discussions

	lon.fruit	4	5,000	5,500	5,12500	,250000	
	poid.noyau	4	,728	,979	,81800	,115641	
	lar.noyau	4	1,700	2,100	1,87500	,170783	
	lon.noyau	4	2,000	2,100	2,07500	,050000	
	Fruit:largeur/hauteur	4	1,000	1,180	1,07000	,077460	
	Limbe: long/largeur	2	2,576	2,576	2,57618	,000000	
	Noyau: hauteur/larg	4	1,000	1,235	1,11292	,096243	
	lar.petal	0					
	lon.petal	0					
	lar.feuille	5	2,691	4,394	3,48220	,666544	
	lon.feuille	5	5,492	9,558	7,29560	1,782071	
	ang.base	5	55,774	90,517	71,45840	12,662865	
	ang.bout	5	68,558	88,311	81,11840	7,678247	
Reine Claude vert	poid.fruit	3	31,000	35,500	33,16667	2,254625	
	calibre.fruit	3	40,000	43,000	41,00000	1,732051	
	lar.fruit	3	3,800	3,900	3,86667	,057735	
	lon.fruit	3	3,800	4,000	3,90000	,100000	
	poid.noyau	3	1,602	1,917	1,74640	,159250	
	lar.noyau	3	2,100	2,900	2,40000	,435890	
	lon.noyau	3	2,400	2,800	2,60000	,200000	
	Fruit:largeur/hauteur	3	,950	1,026	,99211	,038766	
	Limbe: long/largeur	5	1,846	2,451	2,08549	,225269	
	Noyau: hauteur/larg	3	,828	1,333	1,11425	,259556	
		lar.petal	18	,216	1,078	,74610	,276995
		lon.petal	18	,238	1,129	,79376	,274669
		lar.feuille	18	2,340	4,692	3,41242	,630717
	lon.feuille	18	5,288	11,338	7,48188	1,765299	
Jaune	ang.base	18	61,240	91,021	71,98487	8,212128	
	ang.bout	18	33,144	78,866	58,30637	13,939269	
	poid.fruit	14	25,400	46,200	34,06429	6,915936	
	calibre.fruit	14	35,000	42,400	39,20000	2,319151	
	lar.fruit	13	3,320	4,500	3,79333	,366273	
	lon.fruit	13	3,600	4,500	4,00154	,307513	

Résultats et discussions

	poid.noyau	14	,489	1,661	,94726	,306975
	lar.noyau	14	1,300	1,840	1,66190	,153086
	lon.noyau	14	1,720	2,500	2,17619	,227806
	Fruit:largeur/hauteur	13	,778	1,125	,95095	,094579
	Limbe: long/largeur	18	,475	2,698	2,01882	,601907
	Noyau: hauteur/larg	14	1,024	1,397	1,31137	,092993
	lar.petal	5	1,018	1,245	1,15584	,087173
	lon.petal	5	,911	1,230	1,09988	,126770
	lar.feuille	5	2,838	3,917	3,40120	,384647
	lon.feuille	5	5,324	6,881	6,13800	,562275
	ang.base	5	83,758	101,773	88,84912	7,461224
	ang.bout	5	62,845	71,433	65,11480	3,572576
	poid.fruit	5	23,500	33,800	27,32000	3,979573
	calibre.fruit	5	35,600	40,200	37,04000	1,894202
	lar.fruit	5	3,380	3,800	3,51600	,165771
	lon.fruit	5	3,100	3,640	3,44800	,204255
	poid.noyau	5	,951	1,090	1,02390	,052929
Rouge	lar.noyau	5	1,640	1,880	1,74800	,099599
rouge	lon.noyau	5	1,880	2,200	2,00000	,120000
	Fruit:largeur/hauteur	5	,971	1,103	1,02142	,053031
	Limbe: long/largeur	5	1,757	1,876	1,80842	,045473
	Noyau: hauteur/larg	5	1,000	1,209	1,14678	,086152
	lar.petal	7	,888	1,212	1,00063	,110574
	lon.petal	7	,990	1,452	1,14694	,160832
	lar.feuille	7	2,532	3,666	3,05331	,473629
	lon.feuille	7	5,367	6,825	6,07431	,682552
	ang.base	7	66,784	89,148	77,70880	7,623995
	ang.bout	7	58,723	77,049	68,88006	7,062496
	poid.fruit	7	7,700	20,800	11,41429	4,449130
	calibre.fruit	7	23,200	32,600	26,54286	3,125624
	lar.fruit	7	2,200	3,180	2,49714	,321958
	lon.fruit	7	2,600	3,540	3,00857	,282573
	poid.noyau	7	,478	,733	,59971	,103145

Résultats et discussions

	lar.noyau	7	1,260	1,540	1,38571	,095019
	lon.noyau	7	1,660	2,120	1,83714	,177174
	Fruit:largeur/hauteur	7	,800	,898	,82837	,035608
	Limbe: long/largeur	7	1,829	2,120	2,00111	,098303
	Noyau: hauteur/larg	7	1,273	1,397	1,32400	,046339
	lar.petal	5	,847	1,118	1,00856	,107532
	lon.petal	5	,966	1,133	1,07684	,066922
	lar.feuille	5	3,150	3,535	3,35748	,172104
	lon.feuille	5	9,047	10,208	9,56628	,423313
	ang.base	5	42,598	53,264	48,09040	3,974000
	ang.bout	5	50,743	60,820	57,33032	3,883862
	poid.fruit	5	24,000	57,000	39,30000	12,833550
	calibre.fruit	5	35,000	43,000	39,30000	2,991655
	lar.fruit	5	3,300	4,600	3,90000	,484768
	lon.fruit	5	3,800	4,650	4,23000	,349285
	poid.noyau	5	,852	1,661	1,22722	,301918
Mouchka	lar.noyau	5	1,500	2,700	2,23000	,565243
	lon.noyau	5	1,900	3,150	2,61000	,472229
	Fruit:largeur/hauteur	5	,868	1,022	,92043	,060892
	Limbe: long/largeur	5	2,656	2,984	2,85232	,125693
	Noyau: hauteur/larg	5	,760	1,933	1,27644	,546228
	lar.petal	0				
	lon.petal	0				
	lar.feuille	4	3,381	4,303	3,90685	,401516
	lon.feuille	4	6,664	7,842	7,13360	,562851
	ang.base	4	77,348	97,096	85,99930	8,206836
Rouge gros	ang.bout	4	48,195	64,177	55,72940	6,800528
	poid.fruit	4	23,750	37,750	31,59375	5,848232
	calibre.fruit	4	35,500	41,000	38,75000	2,327373
	lar.fruit	4	3,425	4,250	3,70000	,373609
	lon.fruit	4	3,950	4,800	4,35625	,419511
	poid.noyau	4	,900	1,271	1,09150	,155506
	lar.noyau	4	1,500	1,800	1,68125	,137500

Résultats et discussions

lon.noyau	4	1,975	2,300	2,15625	,147726
Fruit:largeur/hauteur	4	,750	,919	,85175	,074284
Limbe: long/largeur	4	1,704	1,981	1,83274	,131866
Noyau: hauteur/larg	4	1,250	1,317	1,28379	,028802

2. Analyse de la variance (ANOVA)

L'analyse de la variance est basée sur l'apparence des deux hypothèses :

- La normalité de la population
- L'homogénéité ou égalité des variances qui est vérifié par le test de Levene (tableau 12).

L'analyse de la variance nous permet de comparer une variable quantitative de distribution symétrique avec plus de deux groupes indépendants. Elle divise la variabilité en deux parties : entre les groupes et à l'intérieur des groupes. Elle est mesurée par le test statistique F qui est le rapport entre la variabilité intergroupes/ la variabilité intragroupes.

La distribution de la valeur F dépend des degrés de liberté intergroupe et intragroupe et suit une loi de Fisher. Plus la variabilité entre les groupes est élevée plus le rapport le sera. Elle permet donc de déterminer s'il y a une différence significative entre les groupes (Mkedder et al. 2021).

Tableau 12: Test D'homogénéité Des Variances

	Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification
Largeur .pétale	5,898	8	62	,000
longueur.petale	3,973	8	62	,001
lar.feuille	1,500	11	68	,152
lon.feuille	2,778	11	68	,005
ang.base	,900	11	68	,545
ang.bout	3,386	11	68	,001
poid.fruit	2,683	11	62	,007
calibre.fruit	4,087	11	62	,000
lar.fruit	1,460	11	61	,171
lon.fruit	1,344	11	61	,223
poid.noyau	1,642	11	62	,109
lar.noyau	6,814	11	62	,000
lon.noyau	2,238	11	62	,023
Fruit: largeur/hauteur	1,997	11	61	,044

Résultats et discussions

Limbe: longueur/largeur	1,994	11	68	,042
Noyau: hauteur/largeur	18,652	11	62	,000

Ddl : degré de liberté

Quand la valeur du risque alpha est inférieure à 5% (signification < 0.005), ce ci veut dire que le test d'homogénéité des variances est significatif, ainsi les caractères suivants : largeur pétale, longueur pétale, longueur feuille, angle du bout des feuilles, calibre fruit, largeur noyau, et épaisseur noyau (hauteur/largeur).

2.1 Analyse de la variance selon la variété

L'analyse de la variance des caractères quantitatifs selon la variété sont présentés dans le tableau 13, les résultats étaient hautement significatifs pour l'ensemble des caractères (Sig < 0.05), les résultats ainsi obtenus pour la taille de la fleur, longueur de la feuille, et calibre du fruit montrent que ces caractères sont discriminants par rapport aux variétés, de ce fait il existe probablement des gènes qui contrôlent (la taille de la fleur, feuille et fruit) lesquels distinct les variétés.

Tableau 13: Analyse de la variance selon la variété (ANOVA à 1 facteur)

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
lar.petal	Inter-groupes	1,294	8	,162	4,211	,000
	Intra-groupes	2,382	62	,038		
	Total	3,676	70			
lon.petal	Inter-groupes	3,077	8	,385	10,211	,000
	Intra-groupes	2,336	62	,038		
	Total	5,413	70			
lon.feuille	Inter-groupes	62,099	11	5,645	4,186	,000
	Intra-groupes	91,716	68	1,349		
	Total	153,815	79			
ang.bout	Inter-groupes	12652,699	11	1150,245	10,196	,000
	Intra-groupes	7671,098	68	112,810		
	Total	20323,797	79			
calibre.fruit	Inter-groupes	1384,174	11	125,834	14,623	,000
	Intra-groupes	533,524	62	8,605		
	Total	1917,699	73			

Résultats et discussions

lar.noyau	Inter-groupes	3,927	11	,357	7,047	,000
	Intra-groupes	3,141	62	,051		
	Total	7,069	73			
epaisseur=hauteur/largeur	Inter-groupes	2,940	11	,267	9,024	,000
	Intra-groupes	1,836	62	,030		
	Total	4,776	73			

2.2 Analyse de la variance selon la région

L'analyse de la variance des caractères quantitatifs suivant la région sont présenté dans le tableau 14. Les résultats étaient hautement significatifs (Sig <0.05) pour les caractères : largeur pétale, longueur pétale, longueur feuille, angle du bout des feuilles, calibre fruit, largeur noyau, et épaisseur du noyau (hauteur/largeur), cela explique la diversification climatique (l'étage bioclimatique : aride et semi-aride) et géographique (types des zones agro-écologique) qui ont influencé sur les différents paramètres de l'arbre (fleurs, feuilles, et fruits), ces mêmes résultats ont été établi par l'analyse descriptives.

Le comportement de la croissance végétative du prunier dépend des caractéristiques variétales et des conditions environnementales de la région (Sosna 2002 ; Vitanova et al. 2004).

Tableau 14: Analyse de la variance selon la région (ANOVA à 1 facteur)

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
lar.petal	Inter-groupes	2,586	13	,199	10,393	,000
	Intra-groupes	1,091	57	,019		
	Total	3,676	70			
lon.petal	Inter-groupes	4,214	13	,324	15,418	,000
	Intra-groupes	1,198	57	,021		
	Total	5,413	70			
lon.feuille	Inter-groupes	90,520	15	6,035	6,102	,000
	Intra-groupes	63,295	64	,989		
	Total	153,815	79			
ang.bout	Inter-groupes	13321,280	15	888,085	8,117	,000
	Intra-groupes	7002,517	64	109,414		
	Total	20323,797	79			
calibre.fruit	Inter-groupes	1502,693	15	100,180	14,001	,000
	Intra-groupes	415,005	58	7,155		
	Total	1917,699	73			

Résultats et discussions

lar.noyau	Inter-groupes	3,523	15	,235	3,842	,000
	Intra-groupes	3,546	58	,061		
	Total	7,069	73			
epaisseur=haut /largeur	Inter-groupes	2,633	15	,176	4,753	,000
	Intra-groupes	2,143	58	,037		
	Total	4,776	73			

3. Corrélation de Pearson

Le coefficient de corrélation de Pearson nous permet de transmettre une mesure simulée de l'intensité de la relation entre deux caractères et étudier la relation entre les caractères, ainsi l'attribution des modalités des caractères (la dépendance des variables). Les deux conditions du fonctionnement de ce test sont (caractère quantitatif et les données suivent la loi normal).

Le coefficient de Pearson est compris entre « +1 et -1 », afin de voir le sens de la relation entre les variables si c'est une corrélation (positive ou négative), (faible ou forte), les résultats sont représentés dans le tableau 15.

Une corrélation significative et positive ($r=0.318$) a été signalé entre la longueur du pétale et angle du bout de feuille ($\text{sig}=0.008$). Une autre négative, ($r= -0.419$) entre longueur pétale et le rapport largeur/hauteur fruit ($\text{sig}=0.001$).

La longueur des feuilles présente une corrélation positive hautement significative avec : poids fruit ($r= 0,381$) ($\text{sig}=0.001$), et calibre du fruit ($r =0,440$) ($\text{sig}=0.000$), la largeur des feuilles est corrélée positivement ($r=0,312$) ($\text{sig}=0.008$) avec calibre du fruit. Ces mêmes résultats ont été établis par (Mirheidari et al. 2020).

Une forte corrélation hautement significative et positive entre poids du fruit et calibre du fruit ($r=0,788$) ($\text{sig}=0.000$), poids du fruit et largeur du fruit ($r=0,953$) ($\text{sig}=0.000$), poids du fruit et longueur du fruit ($r=0,681$) ($\text{sig}=0.000$), ces résultats sont en accord avec les conclusions précédentes par (Hend et al. 2009 ; Milosevic et al. 2012 ; Khadivi-Khub et Barazandeh 2015 ; Khadivi et al. 2020).

Résultats et discussions

Tableau 15: Corrélation de Pearson

		Largeur pétale	Longue ur pétale	Largeur feuille	Longue ur feuille	Angle base feuille	Angle bout feuille	Poids fruit	Calibre fruit	Largeur fruit	Longue ur fruit	Poid noyau	Largeur noyau	Longue ur noyau	fruit largeur/haut eur	Limbe: longueur/larg eur
Longue ur pétale	Corrélation de Pearson	,787**														
	Sig. (bilatérale)	,000														
	N	71														
Largeur feuille	Corrélation de Pearson	,051	-,050													
	Sig. (bilatérale)	,675	,681													
	N	69	69													
Longue ur Feuille	Corrélation de Pearson	,010	-,136	,643**												
	Sig. (bilatérale)	,938	,266	,000												
	N	69	69	80												
Angle de base de feuille	Corrélation de Pearson	,211	,196	,291**	-,365**											
	Sig. (bilatérale)	,081	,107	,009	,001											
	N	69	69	80	80											
Angle bout de feuille	Corrélation de Pearson	-,046	,318**	-,127	-,433**	,150										
	Sig. (bilatérale)	,709	,008	,262	,000	,184										
	N	69	69	80	80	80										
Poids fruit	Corrélation de Pearson	-,171	-,163	,218	,381**	-,299*	,088									
	Sig. (bilatérale)	,181	,202	,066	,001	,011	,464									
	N	63	63	72	72	72	72									
Calibre fruit	Corrélation de Pearson	-,179	-,214	,312**	,440**	-,255*	,057	,788**								
	Sig. (bilatérale)	,161	,092	,008	,000	,031	,635	,000								
	N	63	63	72	72	72	72	74								
Largeur fruit	Corrélation de Pearson	-,163	-,214	,220	,422**	-,344**	,029	,953**	,885**							
	Sig. (bilatérale)	,206	,095	,065	,000	,003	,812	,000	,000							
	N	62	62	71	71	71	71	73	73							

Résultats et discussions

Longueur fruit	Corrélation de Pearson	-,009	,179	,446**	,343**	,012	,207	,681**	,693**	,658**						
	Sig. (bilatérale)	,944	,164	,000	,003	,918	,084	,000	,000	,000						
	N	62	62	71	71	71	71	73	73	73						
Poids noyau	Corrélation de Pearson	-,030	,230	,341**	,252*	,074	,335**	,168	,421**	,189	,596**					
	Sig. (bilatérale)	,813	,069	,003	,033	,535	,004	,152	,000	,110	,000					
	N	63	63	72	72	72	72	74	74	73	73					
Largeur noyau	Corrélation de Pearson	-,003	,008	,310**	,575**	-,195	,030	,368**	,498**	,423**	,431**	,624**				
	Sig. (bilatérale)	,982	,949	,008	,000	,100	,802	,001	,000	,000	,000	,000				
	N	63	63	72	72	72	72	74	74	73	73	74				
Longueur noyau	Corrélation de Pearson	-,016	,294*	,337**	,175	,117	,456**	,123	,288*	,087	,653**	,790**	,373**			
	Sig. (bilatérale)	,902	,020	,004	,141	,326	,000	,295	,013	,464	,000	,000	,001			
	N	63	63	72	72	72	72	74	74	73	73	74	74			
Fruit: largeur/ hauteur	Corrélation de Pearson	-,177	-,419**	-,238*	,120	-,432**	-,157	,482**	,438**	,579**	-,219	-,364**	,087	-,550**		
	Sig. (bilatérale)	,168	,001	,046	,321	,000	,191	,000	,000	,000	,062	,002	,462	,000		
	N	62	62	71	71	71	71	73	73	73	73	73	73	73		
Limbe: longueur/ largeur	Corrélation de Pearson	,263	,183	-,126	,501**	-,619**	-,247*	,307**	,200	,310**	,040	-,039	,277*	-,121	,334**	
	Sig. (bilatérale)	,029	,132	,267	,000	,000	,027	,009	,093	,009	,742	,742	,019	,311	,004	
	N	69	69	80	80	80	80	72	72	71	71	72	72	72	71	
Noyau: Hauteur / largeur	Corrélation de Pearson	,019	,307*	,073	-,246*	,250*	,429**	-,213	-,157	-,291*	,266*	,282*	-,395**	,685**	-,632**	-,303**
	Sig. (bilatérale)	,882	,014	,540	,038	,034	,000	,068	,183	,012	,023	,015	,000	,000	,000	,010
	N	63	63	72	72	72	72	74	74	73	73	74	74	74	73	72

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

4. Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) des variables quantitatives, a été réalisé pour fournir une visualisation facile de l'ensemble des données dans une parcelle de dimension réduite, il a été utilisé précédemment pour établir des relations génétiques entre les cultivars et étudier les corrélations entre les traits agronomiques et morphométriques des prunes (**Crisosto et al. 2007 ; Hend et al. 2009**).

L'interprétation graphique des résultats de l'ACP est réalisée principalement en fonction du plan à 2 axes, ces axes ont atteint 35,11 % PC1 et 27,70 % PC2 de variance, c'est-à-dire qu'ils représentent 62,81 % de la variance totale (figure 20).

PC1 représente les variables liées aux feuilles, fruits et noyaux, qui ont présenté les charges les plus importantes sur la première composante, cela montre une corrélation positive entre la largeur des feuilles et la longueur des fruits, ainsi une corrélation positive entre la longueur des feuilles avec calibre et poids du fruit, ces résultats ont été confirmé par le coefficient de corrélation de Pearson.

PC2 représente les variables associées à la fleur : une corrélation positive entre la longueur et la largeur des pétales, de même une corrélation négative entre la forme du fruit (largeur/ hauteur du fruit) avec la longueur des pétales.

Il a été rapporté que ces paramètres sont les traits les plus discriminants parmi cultivars de prunes par **Ben Tamarzizt et al. (2012) ; Horvath et al. (2011), Milošević et al. (2013), Nisar et al. (2015)**, respectivement dans les variétés de prunes Tunisiennes, Françaises, Serbes et Pakistanaises.

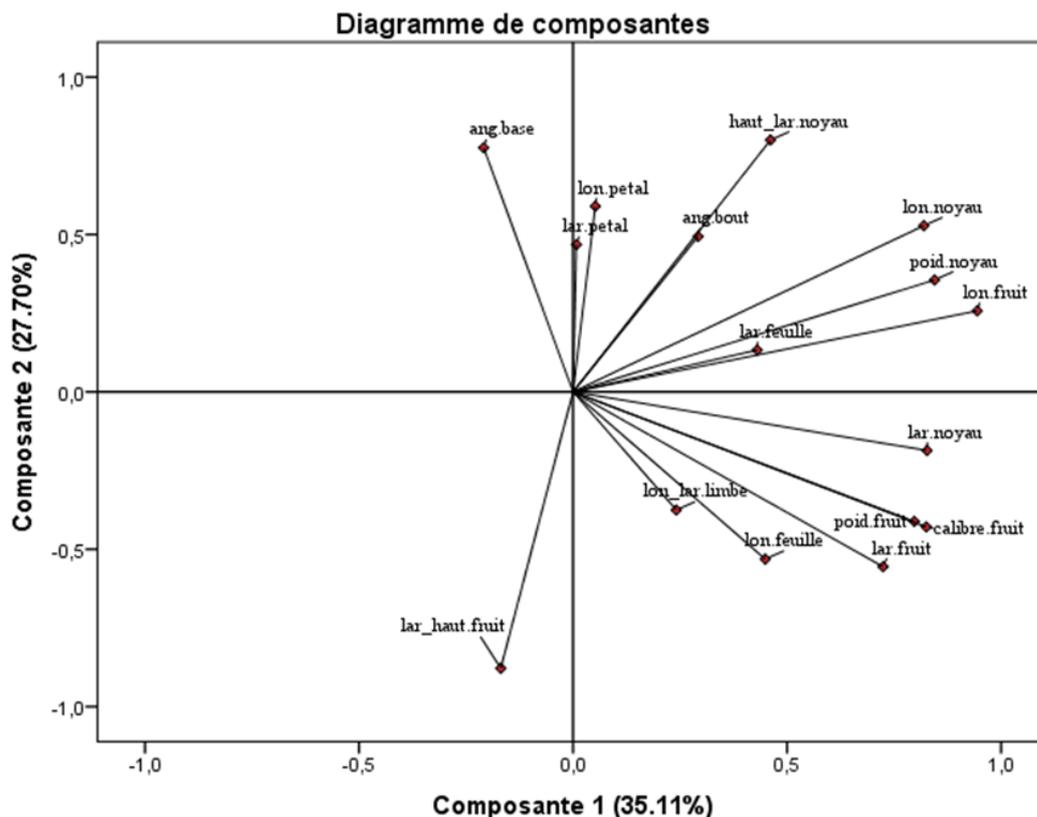


Figure 20: : Représentation graphique des variables par l'analyse en composante principale.

5. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique est basée sur la Méthode d'agrégation par distance euclidienne. Le dendrogramme de l'arbre hiérarchique (figure 21) nous permet de visualiser 3 grandes classes, la 1ere classe est typiquement lié à la variété Noir jaune, cette dernière est représentée par le poids le plus élevé (gros fruit).

La 2eme classe comprend les variétés (Japonais, Noir rouge et Mouchka) qui représentent les variétés Japonaises ; la 3eme classe dévoile les variétés Européennes telles que (Agen, Californie, Moucheté, Rouge.....).

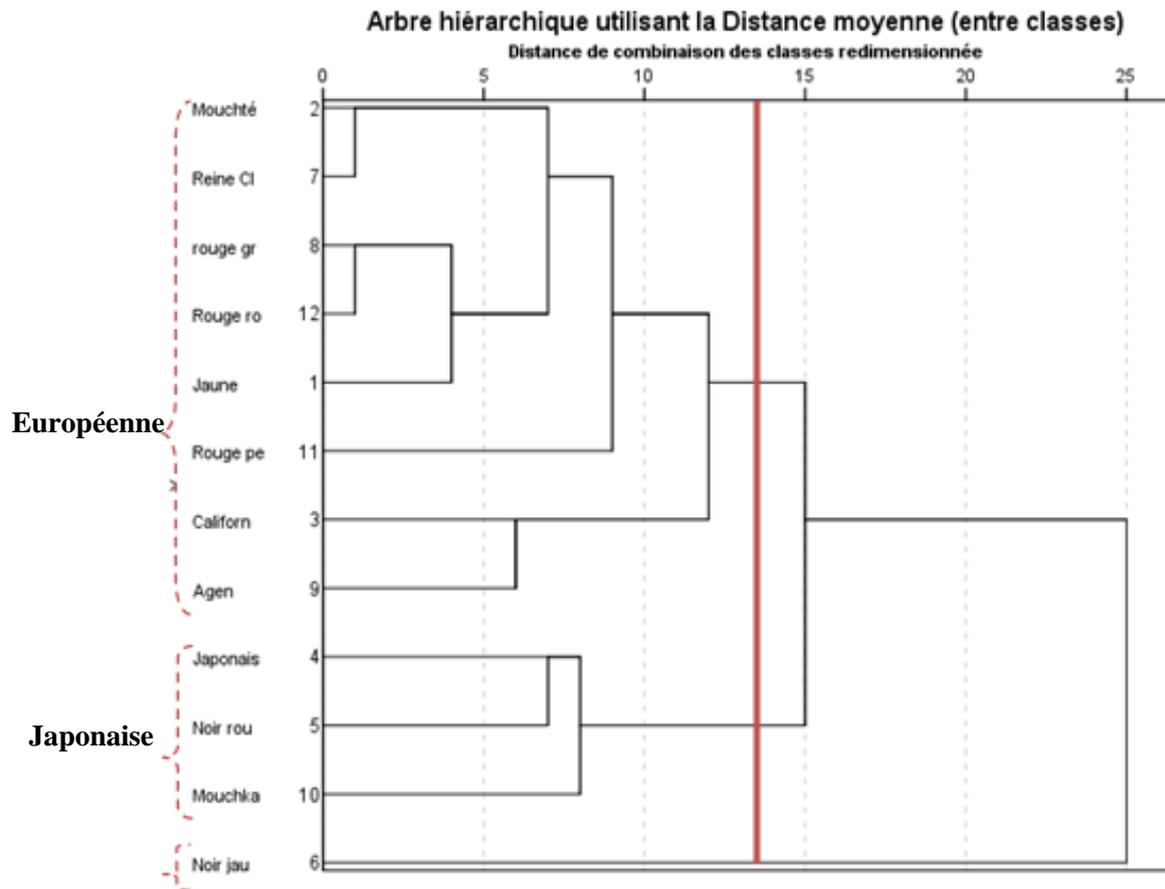


Figure 21: Arbre hiérarchique utilisant la distance moyenne (entre classes) selon variables quantitatif

La représentation des variétés par projection barycentre (figure 22) a été créée selon les deux premières composantes (PC1 et PC2), qui nous indique la position des variétés selon les caractères quantitatifs, lesquelles sont conforme à l'arbre hiérarchique en 3 classes séparé : (Variétés Noir Jaune : poids le plus élevé), (Variétés Japonaise) et (Variétés Européenne).

Résultats et discussions

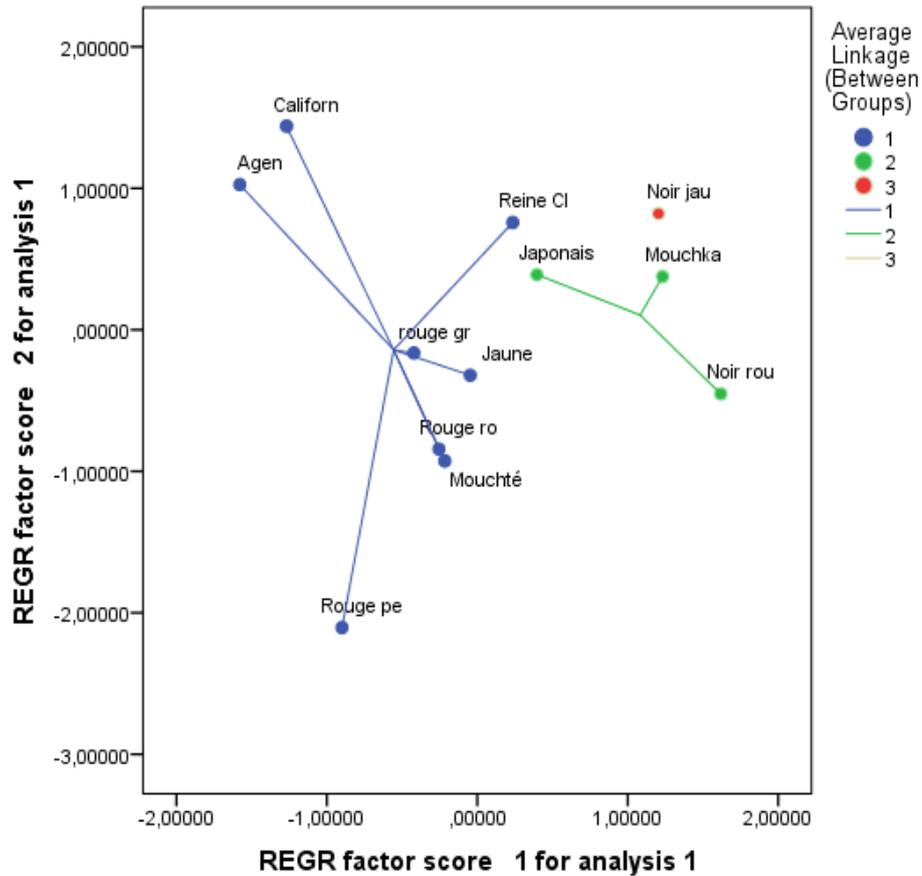


Figure 22 : Représentation des variétés selon les paramètres quantitatifs

6. Indice de diversité

L'indice de diversité de Shannon et l'indice de Pielou selon chaque variété, suivant les caractères quantitatifs étudiés sont représentés dans le tableau 16.

Les valeurs exprimées de l'indice de diversité de Shannon (SDI) sont diverses pour chaque variété ; on a des variétés qui ont exprimé une grande diversité et d'autres une faible diversité phénotypique.

La répartition égale ou équivalente de notre SDI est représentée par l'indice Pielou (PI), qui rejoint les valeurs de SDI.

En effet la répartition égale permet d'estimer les déséquilibres que la diversité de Shannon ne peut pas détecter. Plus sa valeur tend vers 1, plus elle reflète un équilibre règlement.

Résultats et discussions

Les résultats montrent la valeur maximum de diversité (0.99) pour l'ensemble des caractères (moyenne) chez les variétés Moucheté et Noir jaune, ainsi des distributions plus appropriées pour les caractères liés à la feuille, auparavant confirmé dans l'étude descriptive ; ce qui veut dire que le taux de diversité est assez élevé pour ces variétés, ceci est déjà visible sur le plan pomologique.

La variété Mouchka a marqué les valeurs les plus élevées de diversité (PI : 0.99) pour les différents caractères liés aux fleurs et aux feuilles ; et (PI : 0.95) pour l'ensemble des caractères liés aux fruits.

La valeur minimale (0.45 PI) et (0.62 SDI) a été marquée chez la variété (Japonais) pour le paramètre : calibre du fruit, ce qui veut dire que cette variété ne représente pas une différence au sein des variétés elles même par rapport à leurs calibres, cela explique que ces variétés Japonais ont subi une forte pression sélective (variétés hyper sélectionné originaire du Japon), soit les gènes qui contrôlent ces caractères sont importants sur le plan physiologique.

Les caractères liés aux fruits ont montré une diversité très importante, pour la majorité des variétés ce qui est probablement le reflet d'une diversité génétique importante.

Cette diversité peut être due à plusieurs facteurs tels que la situation géographique des stations d'études et la diversité pédoclimatique.

Résultats et discussions

Tableau 16: Résultats de l'indice de diversité de Shannon et l'indice de Piélou

	Rouge petite		Rouge rouge		Jaune		Moucheté		Californie		Japonais	
	H= Sum(pi*ln(pi))	H/Hm ax										
Quantitative Trait	SDI	PI										
longueur pétales	1,38	0,99	1,38	0,99	1,38	1,00	1,35	0,97	1,38	0,99	1,38	1,00
largeur pétales	1,38	1,00	1,34	0,97	1,38	1,00	1,31	0,94	1,38	0,99	1,38	0,99
longueur feuilles	1,38	1,00	1,38	1,00	1,38	1,00	1,38	1,00	1,38	1,00	1,38	1,00
largeur feuilles	1,38	0,99	1,37	0,99	1,38	1,00	1,40	1,00	1,38	1,00	1,41	1,00
longueur fruit	1,26	0,91	1,25	0,90	1,24	0,90	1,38	1,00	1,37	0,99	1,31	0,94
largeur fruit	1,38	0,99	1,28	0,92	1,32	0,95	1,38	0,99	1,37	0,99	1,37	0,99
poids fruit	1,34	0,97	1,38	1,00	1,38	1,00	1,38	1,00	1,36	0,94	1,38	1,00
calibre fruit	1,32	0,95			1,37	0,99	1,38	0,99	1,31	0,98	0,62	0,45
longueur noyau	1,28	0,92	1,24	0,90	1,36	0,98	1,38	0,99	1,19	0,86	1,35	0,97
largeur noyau	1,37	0,99	1,34	0,97	1,26	0,91	1,32	0,95	1,25	0,90	1,31	0,94
poids noyau	1,38	1,00	1,38	1,00	1,38	1,00	1,38	1,00	1,37	0,99	1,38	1,00
Mean	1.35	0.97	1.33	0.96	1.35	0.97	1.37	0.99	1.34	0.97	1.30	0.94

DI : indice Shannon index diversité /PI : Indice Piélou

Résultats et discussions

	Noir rouge		Noir jaune		Vert		Rouge gros		Agen		Mouchka	
	H= Sum(pi*ln(pi))	H/Hm ax										
Quantitative Trait	SDI	PI										
longueur pétales	1,38	1,00							1,34	0,97	1,37	0,99
largeur pétales	1,37	0,99							1,38	0,99	1,37	0,99
longueur feuilles	1,38	0,99	1,28	0,92			1,38	1,00	1,38	0,99	1,38	0,99
largeur feuilles	1,38	1,00	1,33	0,96			1,38	1,00	1,38	0,99	1,38	0,99
longueur fruit	1,33	0,96	1,38	1,00	1,33	0,96	1,30	0,94	1,28	0,92	1,32	0,95
largeur fruit	1,33	0,96	1,38	1,00	1,33	0,96	1,35	0,98	1,28	0,92	1,32	0,95
poids fruit	1,33	0,96	1,38	1,00			1,37	0,99	1,37	0,99	1,32	0,95
calibre fruit							1,34	0,97	1,28	0,92	1,33	0,95
longueur noyau	1,27	0,92	1,38	1,00			1,21	0,87	1,19	0,86	1,33	0,95
largeur noyau	1,27	0,92	1,38	1,00			1,33	0,96	1,33	0,96	1,33	0,95
poids noyau	1,31	0,95	1,38	1,00			1,38	1,00	1,33	0,96	1,33	0,95
Mean	1.34	0.96	1.37	0.99	1.33	0.96	1.34	0.97	1.32	0.95	1.35	0.97

DI : indice Shannon index diversité /PI : Indice Piélou

III. Caractérisations morphologiques

1. Test X² de Pearson et coefficient de contingences

Le coefficient de contingence nous permis d'estimer le degré de relation existant entre les différents caractères qualitatifs étudiés (association des variables deux à deux) afin de bien déterminer le pouvoir discriminant. Cependant, on a distingué les variables qui ont montré des résultats significatifs ($X^2 < 0,005$).

1.1 Association des caractères avec les variables de l'arbre

Les caractères qualitatifs liés à l'arbre (port de l'arbre et densité de la couronne) ont montré des résultats hautement significatifs par rapport aux différents paramètres liés aux fruits et fleurs, avec un taux de signification Khi-deux de Pearson qui varie entre 0.000 et 0.001.

Tableau 17 : Les valeurs statistiques du test Khi-deux et coefficient de contingence entre les variables liées à l'arbre.

Caractères	Coefficient de contingence	Khi-deux de Pearson		
		ddl	signification	
Port de l'arbre	Forme fruit	0.716	6	,001
	Couleur de la peau	0.796	12	,000
	Adhérence noyau à la chaire	0.698	4	,001
	Texture noyau	0.624	2	,001
Densité de la couronne	Incision du bord du limbe	0.624	2	,001
	Position sépale	0.768	4	,000
	Forme pétale	0.623	2	,002

Un port d'arbre faible a montré une relation hautement significative avec la couleur bleu violacé, une texture du noyau martelé, et une forme elliptique des pétales, ces derniers correspondent aux variétés tardives (Californie, Agen).

1.2 Association des caractères avec les variables de la fleur

Les différents caractères liés à la fleur ont montré plusieurs résultats significatifs parmi eux les plus discriminants sont : période de floraison, forme pétale avec maturité du fruit, et forme du fruit, ce qui veut dire que la période de floraison est synchronisée avec la période de maturité du fruit, une floraison précoce mène à une maturité précoce et une forme arrondie à aplati du fruit, ainsi qu'une floraison tardive conduit à une maturité tardive et une forme elliptique du fruit.

Tableau 18: Les valeurs statistiques du test Khi-deux et coefficient de contingence entre les variables liées à la fleur.

Caractères	Coefficient de contingence	Khi-deux de Pearson		
		ddl	Signification	
Maturité fruit	0.710	6	,004	
Forme fruit	0.715	6	,003	
Couleur de la peau du fruit	0.776	10	,001	
Adhérence noyau à la chair	0.694	4	,001	
Forme limbe	0.707	4	,001	
Forme sépale	Texture noyau	0.626	2	,002
	Angle sommet du limbe	0.707	4	,001
	Incision du bord du limbe	0.626	2	,002
	Variété	0.816	18	,004
Forme fruit	0.707	6	,004	
Forme noyau	0.707	4	,001	
Arrangement des pétales	Couleur de la peau du fruit	0.771	10	,002
	Adhérence noyau à la chair	0.710	4	,001
	Taille fruit	0.764	8	,001
	Variété	0.816	18	,004
Forme pétale	Port arbre	0.623	2	,002
	Maturité fruit	0.707	3	,000
	Forme fruit	0.707	3	,000
	Couleur de la peau du fruit	0.707	5	,002
	Forme noyau	0.707	2	,000
	Adhérence noyau à la chair	0.707	2	,000

Résultats et discussions

	Forme limbe	0.707	2	,000
	Texture noyau	0.707	1	,000
	Angle sommet du limbe	0.707	2	,000
	Incision du bord du limbe	0.707	1	,000
	Maturité fruit	0.744	6	,000
	Forme fruit	0.724	6	,001
Période	Forme noyau	0.759	4	,000
floraison	Adhérence noyau à la chair	0.708	4	,000
	Forme limbe	0.767	4	,000
	Texture noyau	0.707	2	,000
	Angle du sommet du limbe	0.767	4	,000
	Incision du bord du limbe	0.707	2	,000

1.3 Association des caractères avec les variables liées à la feuille

La forme du limbe a présenté des résultats hautement significatifs (tableau 19) pour la période de maturité du fruit, période de floraison, forme noyau, forme pétale, et la couleur de la peau du fruit, ce qui explique qu'une forme ovale du limbe correspond à la couleur rouge du fruit, et une maturité très précoce du fruit ; la forme elliptique est en relation avec les variétés tardives de couleur violet et bleu violacée.

La couleur de la peau des fruits est l'un des caractéristiques les plus importants qui déterminent la qualité, car elle améliore la valeur esthétique des fruits pour les consommateurs. Cependant, la couleur de la peau des fruits dépend de l'emplacement de l'arbre, de la température, du mode de croissance de l'arbre, de la distribution de la lumière et de la génétique (**Ionica et al. 2013**).

Tableau 19 : Les valeurs statistiques du test Khi-deux et coefficient de contingence entre les variables liées à la forme du limbe.

	Coefficient de contingence	Khi-deux de Pearson	
		Ddl	Signification
Forme du limbe	Période floraison		
	Maturité fruit	0.767	4 ,000
	Forme fruit	0.816	6 ,000
	Couleur de la peau du fruit	0.711	6 ,004
	Couleur de la chair du fruit	0.767	10 ,002

Résultats et discussions

Forme noyau	0.610	2	,004
Adhérence noyau à la chair	0.715	4	,001
Texture noyau	0.707	4	,001
Position des sépales	0.707	2	,000
Forme pétale	0.707	4	,001
	0.707	2	,000

1.4 Association des caractères avec les variables du fruit

La maturité du fruit montre des résultats hautement significatifs pour la variété, donc on pourra distinguer 3 types de variétés :

- Variétés précoces avec une forme du limbe ovale et une forme arrondie des pétales.
- Variétés à maturité moyenne en rapport avec une forme obovale du limbe.
- Variétés tardives qui correspondent à une forme elliptique du limbe et des pétales.

Tableau 20: Les valeurs statistiques du test Khi-deux et coefficient de contingence entre les variables liées à la maturité du fruit.

Coefficient de contingence		Khi-deux de Pearson		
		ddl	Signification	
Maturité fruit	Période floraison	0.744	6	,000
	Couleur de la peau du fruit	0.813	18	,002
	Forme noyau	0.714	6	,001
	Adhérence noyau à la chair	0.708	6	,002
	Forme limbe	0.816	6	,000
	Texture noyau	0.707	3	,000
	Angle du sommet du limbe	0.816	6	,000
	Incision du bord du limbe	0.707	3	,000
	Position des sépales	0.710	6	,004
	Forme pétale	0.707	3	,000
	Variété	0.866	33	,001

2. Analyse en correspondance multiple (ACM)

L'analyse en correspondance multiple été réalisée pour les différents caractères qualitatifs, qui nous a permis d'estimer la variance expliquée sur les deux axes 1^{er} (70%) et 2^{eme} axe (30%).

L'analyse en correspondance multiple est représentée dans la figure 23 on remarque alors que la période de floraison, forme du limbe et la couleur de la peau du fruit sont exprimées positivement est corrélé avec maturité de fruit.

Une forte corrélation positive est représentée entre les variables : la forme des pétales avec l'incision du bord des feuilles ; La forme fruit, adhérence du noyau au fruit avec texture du noyau.

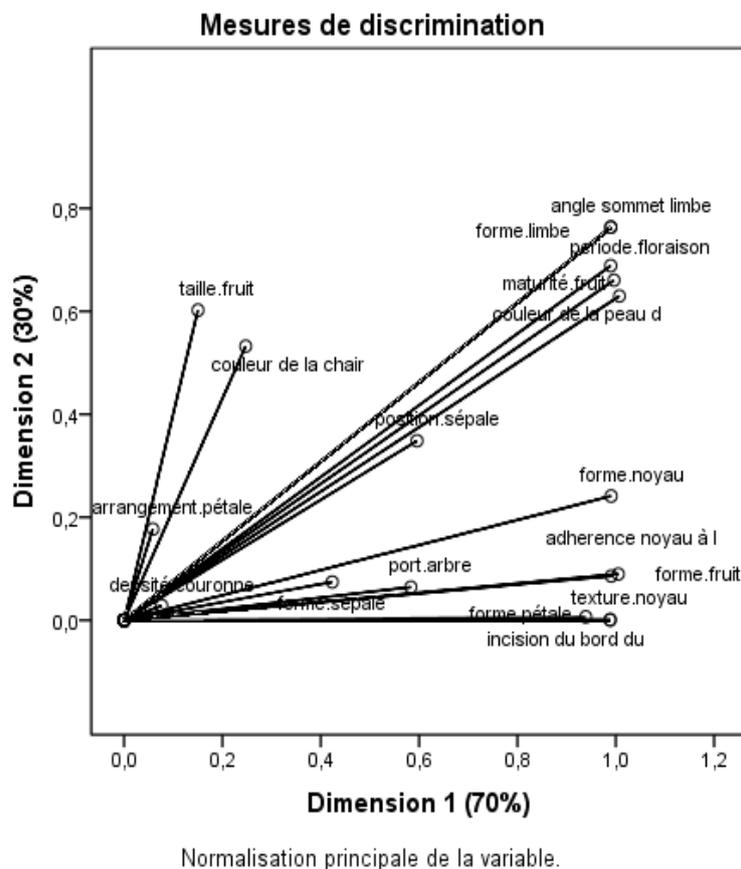


Figure 23 : Représentation graphique des variables par l'analyse en correspondance multiple.

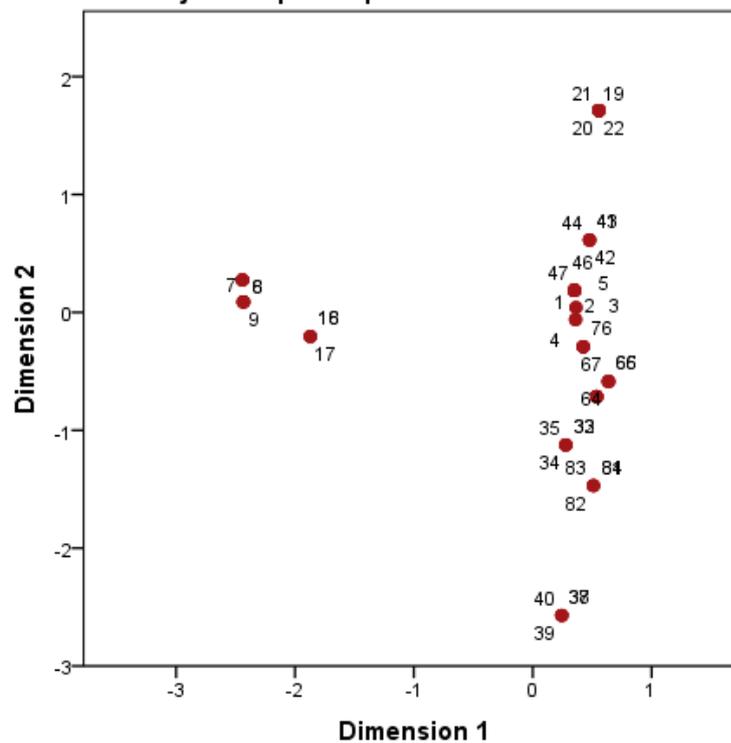
Résultats et discussions

Ces résultats nous dévoilent les variables les plus discriminants sur le plan statistique donc on se base plus sur ces caractères pour la caractérisation du prunier, ces résultats confirment le résultat de test de khi deux et coefficient de contingence qui ont établi que la période de floraison, forme du limbe et la couleur du fruit sont les variables les plus discriminantes des variétés.

Cependant, la couleur de la peau des fruits dépend de l'emplacement de l'arbre, de la température, du mode de croissance de l'arbre, de la distribution de la lumière et de la variabilité génétique (Ionica et al. 2013).

La couleur de la peau des fruits est l'un des caractéristiques de qualité les plus importantes qui déterminent la qualité car elle améliore la valeur esthétique des fruits pour les consommateurs.

Points des objets étiquetés par Nombres d'observations



Normalisation principale de la variable.

Figure 24: Représentation des individus par ACM selon les variétés.

Résultats et discussions

1-5 : Moucheté	32-40 : Noir jaune	69-75 : Rouge petite
6-15 : Californie	41-45 : Reine claud vert	76-80 : Mouchka
16-18 : Agen	46-63 : Jaune	81-84 : Rouge gros
19-31 : Japonais	64-68 : Rouge rouge	

La figure 24 présente les résultats de dispersion des individus selon l'analyse en correspondance multiple des variables étudiées selon les variétés, la distribution des variétés est chevauchée entre eux, En revanche on remarque une population de (Agen, Californie) est plus concentré séparément, ce qui illustre les variétés à maturité tardive.

Le même cas pour les autres variétés qui reste on remarque leurs rattachements, de ce fait elles présentent les variétés à maturité précoce à moyenne.

3. Classification des variétés selon les variables qualitative

La classification ascendante hiérarchique est basée sur la Méthode d'agrégation par distance euclidienne. Le dendrogramme de l'arbre hiérarchique (figure 25) nous permet de visualiser 2 grandes classes d'où la première regroupe les variétés tardives (Agen, Californie).

La deuxième classe se divise en 2 sous classes, la 1ere sous classe correspond aux variétés à maturation moyenne à précoce (Jaune, Mouchka, Mouchté, Reine Claude...) ; La 2eme sous classe regroupe les variétés très précoces qui conviennent des régions littorales (Rouge petite, Rouge...).

La date de récolte varie du début de Juin à la fin septembre, selon les cultivars. La période de maturation des fruits dépend des conditions environnementales (température, altitude, etc.) et peut changer chaque année (**Liverani et al. 2010**). En raison de l'interaction entre l'environnement et le génotype, il est très important d'évaluer au préalable la période de maturation des fruits de toutes les accessions dans les régions dans lesquelles elles seront cultivées (**Koskela et al. 2010**).

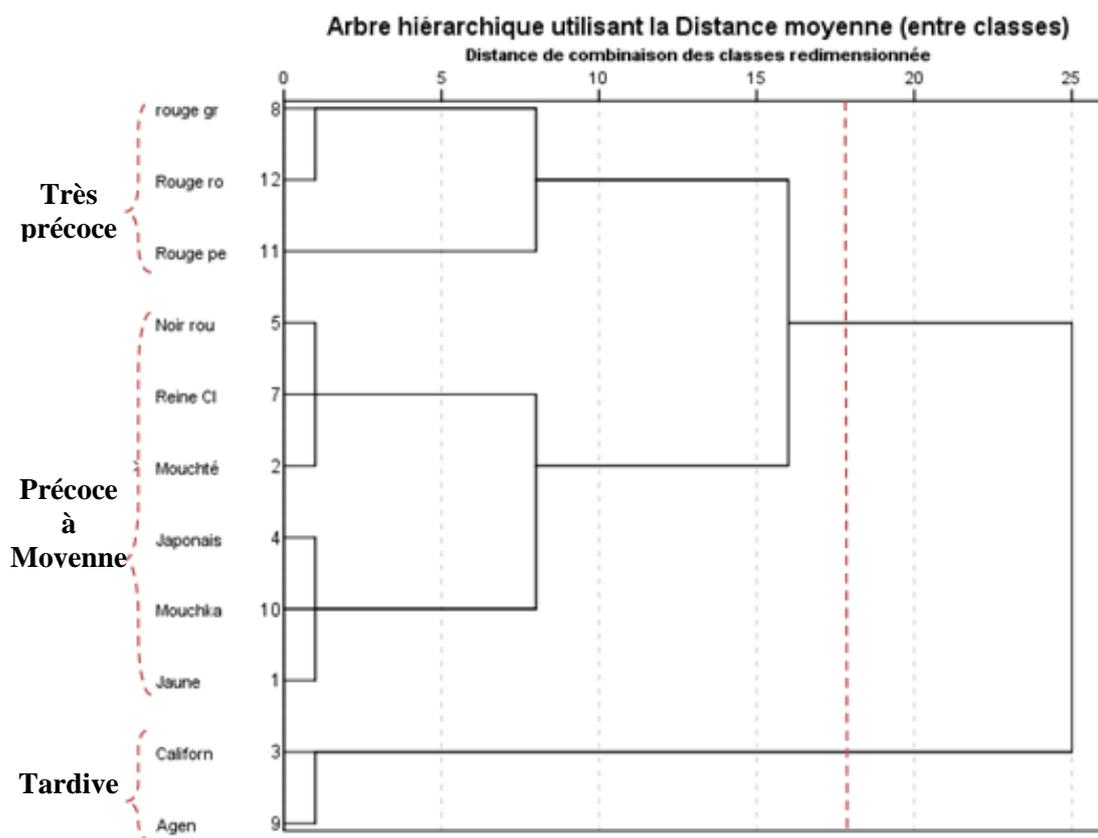


Figure 25 : Arbre hiérarchique utilisant la distance moyenne (entre classes) selon variables qualitatif.

La représentation des individus par projection (figure 26) nous indique la position des variétés, qui confirme la classification hiérarchique ainsi obtenue, séparé en 2 grandes classes, on remarque aussi que la variété Moucheté est présentée entre les variétés Rouge et Jaune ce qui est probable que cette variété est issue d'un croisement entre les variétés Jaune et Rouge, néanmoins ça reste à confirmer par l'étude moléculaire.

Cette classification basée sur les caractères qualitative est approximative et moins discutable, malgré cela elle reste une étape primaire de la hiérarchie des variétés qui nécessite une évolution, notamment que la majorité des agriculteurs s'appuient sur ce type de caractères.

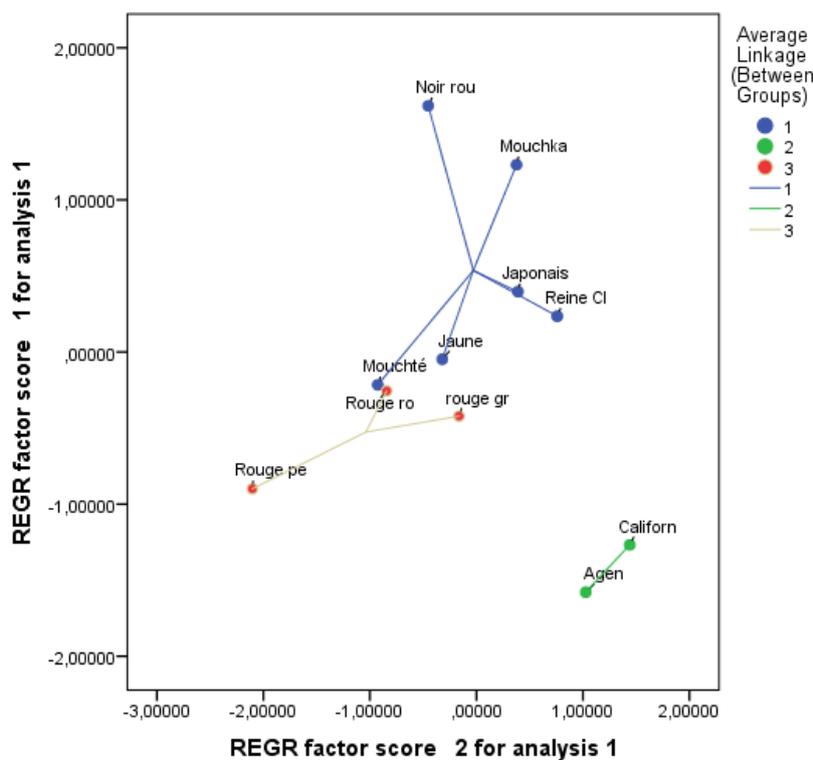


Figure 26 : Représentation des variétés selon les paramètres qualitatifs.

Les résultats ont montré des différences significatives entre les caractères enregistrés chez les accessions étudiées de prunier (*P. domestica*). D'après **Hend et al. (2009)** ont utilisé l'analyse phénotypique pour montrer que les traits liés aux fruits et aux arbres pouvaient être utilisés pour détecter les variations morphologiques parmi les génotypes de pruniers.

Bien que les caractères qualitatifs des fruits soient discriminants, dans l'ensemble, les caractères quantitatifs des fruits étaient hautement discriminants, pour cela des informations quantitatives sont nécessaires pour distinguer des variétés similaires.

La variabilité morphologique ou pomologique observée dans cette étude est similaire à celle de plusieurs études, présentant une grande diversité de la prune dans plusieurs pays : **Tunisie (Ben Tamarzizt et al.2012)**, **Iran (Sedaghatthoor et al. 2009)** et **France (Horvath et al.2011)**. Nos résultats maintiennent l'opinion que les caractéristiques pomologiques et foliaires sont fiables pour estimer les relations phénotypiques entre les génotypes de pruniers.

Nous pouvons donc conclure que les paramètres de la fleur, du fruit et des feuilles se sont avérés être un outil utile pour distinguer les cultivars de pruniers en Algérie.

IV. Caractérisations globales des variétés



Californie. Variété Européenne d'origine Californienne à maturité très tardive avec un port d'arbre faiblement vigoureux, Le fruit se présente avec une peau de couleur bleu violacé, la pulpe de couleur jaune , il est destiné à la transformation des prunes séchés (pruneaux).
Récolte : septembre.



Agen. Ou prune d'Ente variété Européenne ressemble un peu à une Quetsche mais de couleur rose violacé, sa chair est jaune, à maturité tardive aussi, utilisée pour la fabrication du pruneau d'Agen après séchage.
Récolte : fin aout



Noir jaune. Variété à maturité précoce de bonne qualité gustative avec une couleur noir et une chair jaune, son fruit a une forme aplati, et un gros calibre de 43mm, son poids atteint 105g ;son arbre à croissance assez forte avec une densité de couronne moyenne.
Récolte : mi-juin.

Résultats et discussions



Noir rouge. Prune noir avec chair rouge de forme aplati ,avec un gros calibre en moyenne 60g , un arbre à port fort, et une densité de couronne dense.

Récolte : début juillet



Japonais. Une variété avec un port d'arbre fort et une densité de couronne dense , présent généralement au niveau des villes cotières , son fruit jaune avec une chair jaune verdâtre , un gros calibre d'une forme arrondi , à maturité précoce , forme du limbe obovale originaire du Japon comme son nom l'indique.

Récolte : début juin



Jaune. Variété très ancienne et très populaire qui adapte aux différents climat , à maturité précoce d'une couleur jaune avec une chair jaune orangé , arrondi d'une taille moyenne de 30g, forme du limbe obovale.

Récolte : début juin



Moucheté

Prune de couleur jaune aller jusqu'au rouge et violet avec une chair jaune, arrondi d'un calibre moyen allant jusqu'à 30g, forme du limbe obovale, elle est sucrée et juteuse ; maturité du fruit tardive.

Récolte : juillet



Rouge gros

Variété d'une couleur de la peau et de la chair rouge, semi adhérente au noyau, arrondi à maturité très précoce, concentré aux régions littorales, avec un calibre moyen de 30g, forme du limbe ovale.

Récolte : juin



Rouge rouge

Variété très précoce de couleur rouge avec une chair rouge, arrondi, d'une petite taille de 27g, présente dans les régions côtières, forme du limbe ovale.

Récolte : juin

Résultats et discussions



Reine Claude verte

Variété ancienne appelée aussi Soltani, arrondi d'une couleur verte, sa chair ferme, de couleur jaune tirant sur le vert, est très juteuse, un peu acidulée, d'un gros calibre de 40mm.

Récolte : fin juin



Rouge petite

Prune de taille très petite, taille d'une cerise, son poids est en moyenne de 9g, arrondi d'une couleur rouge violacé, à maturité très précoce, concentré sur le littoral, forme du limbe ovale.

Récolte : début juin



Mouchka

Variété rouge sa chair rouge aussi, arrondi à maturité précoce, possède un calibre moyen de 40g, forme du limbe obovale.

Récolte : juin

CONCLUSION ET PERSPECTIVES



Conclusion

Afin d'approfondir la connaissance et la valorisation du prunier national, notre travail consistait à réaliser une prospection et une étude des caractéristiques morphologiques de l'ouest Algérien.

Seize (16) régions au niveau de sept (7) wilayas ont été visitées : Tlemcen, Naama, Sid Bel Abbés, Ain Temouchent, Oran, Mostaganem et Mascara.

Les prospections réalisées ont permis de prouver la richesse variétale du prunier dans l'Algérie qui n'est malheureusement pas identifiée dans le catalogue des arbres fruitiers Algérien.

En effet, les cultivars du prunier sont dénommés par les agriculteurs sur la base des caractéristiques de leurs fruits (couleur de la peau, taille, origine, saveur...).

De ce fait, 35 caractères morpho-pomologiques ont été choisis selon le descripteur (**UPOV, 2002**), pour déterminer le matériel génétique de la prune Algérienne, et la caractérisation de son germoplasme afin d'étudier l'efficacité des caractères morphologiques dans l'identification des génotypes.

Les résultats démontrent une grande diversité des prunes au sein de la même variété elle-même et entre les douze (12) variétés rencontrées sur le terrain, pour la plupart des traits morpho-pomologiques étudiés.

Cela est un indice d'une probable importante diversité génétique des variétés, ainsi qu'une grande adaptation des cultivars à l'environnement (climat et sols).

Une analyse descriptive et inférentielle, des caractères qualitatifs et quantitatifs ont présenté respectivement, des résultats hautement significatifs, qui nous permettent d'affirmer que les caractères liés aux fruits, feuilles et fleurs sont les variables les plus discriminantes des variétés.

Pour les caractères quantitatifs, ANOVA (analyse de la variance selon la variété et selon la région), le cluster hiérarchique, et l'ACP ont regroupé les cultivars indépendamment de leur

Conclusion et perspectives

origine géographique : les prunes Européennes et les prunes Japonaises. Néanmoins leur dénomination suggérant qu'une base génétique commune pourrait les caractériser.

Quant à la dépendance des variables, le test de Pearson montre une corrélation significative positive entre les variables liées au fruit (entre eux) et en même temps avec les fleurs, et les feuilles.

Concernant le taux de diversité, les indices de Shannon et de Piélu ont présenté une biodiversité importante pour les variétés étudiées.

Ainsi, il s'avère que les caractères : forme sépale, disposition des pétales de fleur, période de maturation du fruit, taille du fruit et la couleur de la chair du fruit sont très importants comme clé d'identification variétale.

Par ailleurs, les accessions Noir jaune, Japonais sont intéressantes par rapport à leurs poids de fruit et les variétés Rouge sont importantes à travers leurs couleurs de peau attractive. Ces accessions ont une valeur économique qui pourrait être utilisée pour développer la culture et augmenter la production nationale.

Les fruits, tardifs de certaines accessions étudiées comme Agen et Californie, leur confèrent un avantage sur le marché, qui pourraient être utilisées dans la conservation (pruneaux).

La gestion de cette précieuse ressource génétique peut également être appliquées dans les programmes de sélection de pruniers.

Nos résultats maintiennent l'opinion que les caractéristiques pomologiques et foliaires sont fiables pour estimer les relations phénotypiques entre les génotypes de pruniers.

Une variabilité phénotypique élevée conforme à celle rapportée dans le germoplasme international des prunes de Tunisie (**BenTamarzizt et al. 2012**), de Serbie (**Milošević et al. 2013**), de France (**Horvath et al. 2011**), Pakistan (**Nisar et al. 2015**), du Maroc (**Ait Bella et al. 2018**), et de l'Iran (**Mirheidari et al.2020**) a été prouvée.

En perspective, une caractérisation génétique par les marqueurs moléculaire (génotypage SSR, séquençage ...), est nécessaire pour évaluer certainement la diversité génétique et les relations phylogénétiques des Pruniers en Algérie.

Conclusion et perspectives

En fin, il faut résoudre le problème de synonymie et/ou d'homonymie chez les cultivars par la création d'un catalogue variétal des pruniers.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographique

- ❖ Agabbio M., 1994. Patrimoine génétique de espèces arborees da frutto le vecchie varietà della Sardegna. Carlo Delfino Editore. Sassari.
- ❖ Ait Bella Y., Bouda S., Abdelmajid Haddioui A., and 2021. Phytomorphology: An International Journal of Plant Morphology 68 (3 and 4):93.
- ❖ Aradhya M. K., Weeks C., Charles J. S., 2004. Molecular characterization of variability and relationships among seven cultivated and selected wild species of *Prunus* L. using amplified fragment length polymorphism. *Scientia Horticulturae* 103.p: 131–144.
- ❖ Astier S., Albouy J., Maury Y., Lecoq H., 2001. Principes de virologie végétale : génome, pouvoir pathogène, écologie des virus. Paris, FRA: INRA Ed.
- ❖ Baden M.L., Byrne D.H., 2012. Fruit breeding. Hand book of breeding. Springer Science. p: 571-621.
- ❖ Barbault R., 1981. Ecologie des populations et des peuplements. Ed Masson, Paris, p : 200.
- ❖ Barth T., Lherbette E., Revel-Mouroz A., Servans C., 2013. Projet d'élèves ingénieurs n° 17. Etude sur le développement de la culture dans le pays Brignolais des « Perdrigons » prunier descendants du *Prunus domestica*. Montpellier, p : 152.
- ❖ Behre K.E., 1978. Formenkreise von *Prunus domestica* L. von der Wikingerzeit bis in die frühe Neuzeit nach Fruchtsteinen aus Haithabu und Alt-Schleswig. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 91: 161–179.
- ❖ Ben Halima-Kamel M., Ben Hamouda M.H., 2005. A propos des pucerons des arbres fruitiers de Tunisie. *Notes fauniques de Gembloux*. 58. p : 11-16.
- ❖ Ben Tamarzizt H., Baraket G., Ben Mustapha S., Trifi M., Salhi Hannachi A., 2012. Morphological and pomological variability analysis of Tunisian plum cultivars. *Biologia Tunisie Juillet*; 7. p:6-13.
- ❖ Benttayeb Z.E., 1993. Biologie et écologie des arbres fruitiers. Ed. Office des Publications Universitaires. Ben Aknoun, Alger, p : 66.
- ❖ Boulay H., 1966. Arboriculture et production fruitière. 2eme Ed. Presse universitaire de France. Paris, 1 vol. p : 125.

Références Bibliographique

- ❖ Bretaudeau J., Faure Y., 1991. Atlas d'arboriculture fruitière. Tome 3 : pêcher, prunier, cerisier, abricotier, amandier. Paris, ISBN-10 : 2852067374. ISBN-13 : 978-2852067370.
- ❖ Breton S., 1972. Le cerisier. Institut National de vulgarisation pour les fruits, légumes et champignons (INVUFLEC). P : 253.
- ❖ Caillavet H., 1990. Variétés anciennes de pruniers domestiques. Tome : 2. Paris, 1768.
- ❖ Couranjou J., 1983. Facteurs variétaux de l'alternance des arbres fruitiers. Résultats de quinze années de recherches chez le prunier domestique. Fruits. Vol: 38, no: 10, p: 705-728.
- ❖ Crane M.B., Lawrence W.J.C., 1952. The Genetics of Garden Plants. Macmillan, London.
- ❖ Crisosto C.H., Garner D., Crisosto G.M., Bowerman E., 2004. Increasing 'Black amber' plum (*Prunus salicina* Lindley) consumer acceptance. Postharvest Biol Technol 34:237.
- ❖ Crisosto C.H., Crisosto G.M., Echeverria G., Puy J., 2007. Segregation of plum and pluot cultivars according to their organoleptic characteristics. Postharvest Biology and Technology, 44: 271–276.
- ❖ Cronquist A., 1981. An intergrated system of classification of flowering plants. Ed. Columbia University Press, New York. 2 p:162.
- ❖ Cullinan F.P., 1937. Improvement of stone fruits. USDA year book, Washington DC, p: 703-723.
- ❖ Dallot S., Gottwald T., Labonne G., Quiot J.B., 2003. Spatial pattern analysis of Sharka disease (Plum pox virus strain M) in peach orchards of southern France. Phytopathology 93.p:1543–1552.
- ❖ De Rosamel C. ; Lorgnier C., 2001. Cultiver et soigner les arbres fruitiers. Ed. De Vecchi, Paris, p: 78.
- ❖ DeBuse C.J., Shaw D.V., DeJong T.M., 2013. Response to inbreeding of early seedling growth and fruit traits in a *Prunus domestica* L. breeding population. Acta Horticulturae, 985.p:87–96.

Références Bibliographique

- ❖ DeJong T.M.; Goudriaan J., 1989. Modeling peach fruit growth and carbohydrate requirements: reevaluation of the double-sigmoid growth pattern. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 114 (5). p:800-804.
- ❖ Depypere L., et al. 2007. Stony endocarp dimension and shape variation in *Prunus* section *Prunus*. *Annals Botany* 100, p: 1585–1597 <https://doi.org/10.1093/aob/mcm260>.
- ❖ Diaz-Vivancos, P., Faize L., Nicolas E., Clemente-Moreno M.J., Bru-Martinez R., Burgos, L., Hernandez, J.A., 2016. Transformation of plum plants with a cytosolic ascorbate peroxidase transgene leads to enhanced water stress tolerance. *Annals Botany* 7.p: 1121-1131.
- ❖ Dosba F., Saunier R., 1998. La caractérisation variétale fruitière en France. *C.R. Acad. Agric. Fr. n°2*. p: 171-180.
- ❖ Dubuis P. H., Naef A., Bünter, M., Reynard J.S., Linder C., Kehrl, P., Kuske S., 2016. Maladies de prunier. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 48 (1). p :42–45.
- ❖ Dulf F.V., Vodnar D. C., Socaciu C., 2016. Effects of solid-state fermentation with two filamentous fungi on the total phenolic contents, flavonoids, antioxidant activities and lipid fractions of plum fruit (*Prunus domestica*.L.) by-products. *Food Chemistry*. 209. p:27–36. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.016>.
- ❖ FAOSTAT., 2020. <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL/visualize>.
- ❖ Faure Y. ; Bretaudeau J., 2008. L'atlas de l'arboriculture fruitière. Vol : 4. Ed tec et doc/ Lavoisier.p :133-173.
- ❖ García-Gómez B.E., Salazar, J.A., Nicolás-Almansa M., Razi M., Rubio M., Ruiz D., Martínez-Gómez P., 2021. Molecular bases of fruit quality in *Prunus* species: An integrated genomic, transcriptomic, and metabolic review with a breeding perspective. *International Journal of Molecular Sciences*. 22. p:1–38.
- ❖ Gautier M., 1988. La culture fruitière. Vol :2. 1re Ed. Tec et Doc. Paris, p :452.
- ❖ Gautier M., 1993. La culture fruitière : L'arbre fruitier. Ed. Tec et Doc. Paris, p :148.
- ❖ Gautier M., 2001. La culture fruitière : Production fruitière. Ed. Tec et Doc. Paris, p :665.

Références Bibliographique

- ❖ Gil M.I., et al., 2002. Antioxidant Capacities, Phenolic Compounds, Carotenoids, and Vitamin C Contents of Nectarine, Peach, and Plum Cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50.p: 4976–4982.
- ❖ Guerrero B.I., Guerra M.E., Herrera S., Irisarri P., Pina A., Rodrigo J., 2021.Genetic diversity and population structure of Japanese plum-type (Hybrids of *P. salicina*) accessions assessed by SSR markers. *Agronomy*, 11, 1748.
- ❖ Guiheneuf Y., 1998. Production fruitière. Ed. Synthèse agricole. France, p :171.
- ❖ Guyot L. ; Gibassier P., 1966. Les noms des arbres. Ed. Presses Universitaires de France, Paris. p :127.
- ❖ Hancock J.F., 2008.Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics; Springer Science & Business Media: Berlin/Heidelberg, Germany.
- ❖ Hend BT, Ghada B, Mustapha Sana B, Mohamed M, Mokhtar T, Salhi-Hannachi A., 2009.Genetic relatedness among Tunisian plum cultivars by random amplified polymorphic DNA analysis and evaluation of phenotypic characters. *Scientia Horticulturae* 124.p:440–446.
- ❖ Hooshmand S., Chai S.C., Saadat R.L., Payton M.E., Brummel-Smith K., Arjmandi B.H.,2011. Comparative effects of dried plum and dried apple on bone in postmenopausal women. *British Journal of Nutrition*.106. p: 923-930.
- ❖ Horvath A., Balsemin E., Barbot J.C., Christmann H., Manzano G., Reynet, P., Laigret, F., Mariette S., 2011. Phenotypic variability and genetic structure in plum (*Prunus domestica* L.), cherry plum (*P. cerasifera* Ehrh.) and sloe (*P. spinosa* L.). *Scientia Horticulturae*. 129.p: 283–293.
- ❖ Igwe E.O., Charlton K.E.A., 2016.Systematic Review on the Health Effects of Plums (*Prunus domestica* and *Prunus salicina*). *Phyther. Res.* 30. p: 701–731. <https://doi.org/10.1002/ptr.5581>.
- ❖ Ionica M.E., Nour V., Trandafir I., Cosmulescu S., Botu M., 2013.Physical and chemical properties of some European plum cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41(2). p:499–503.

Références Bibliographique

- ❖ Issarter H., 1874. Le Prunier, sa culture, la préparation de son fruit. Ed. Librairie classique de Paul Doupont, Al, Rue Jeax J. Vcques-Itousseau, 41, Paris. p:99.
- ❖ Khadivi A, Mirheidari F, Moradi Y, Paryan S., 2020. Phenotypic and fruit characterizations of *Prunus divaricata* Ledeb. germplasm from the north of Iran. *Science Horticultural* 261:109033.
- ❖ Khadivi-Khub A., Barazandeh M., 2015. A morphometric study of autochthonous plum genotypes based on multivariate analysis. *Erwerbs-Obstbau* 57 :185–194.
- ❖ Koskela E., Kemp H., Van Dieren M.C.A., 2010. Flowering and pollination studies with European plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. *Acta Horticulturae*, 874: 193–202.
- ❖ Leclant F., 1982. Les effets nuisibles des pucerons sur les cultures. Journées d'étude et d'information (les pucerons des cultures). Ed. Acta, Paris, p: 36-48.
- ❖ Leclant F., 1973. Aspect sérologique de la transmission de la Sharka (plum Pox) dans le Sud - Est de la France. Mise en évidence de nouvelles espèces d'aphides. *Annales de phytopathologie*, Paris. Vol : 4. p: 431-439.
- ❖ Lespinasse J.M ; Leterme E., 2005. De la taille à la conduite des arbres fruitiers. Ed. Rouergue-Parc Saint Joseph, France. p :104.
- ❖ Liverani A., Giovannini D., Versari N., Sirri S., Brandi F., 2010. Japanese and European plum cultivar evaluation in the Po valley of Italy: Yield and climate influence. *Acta Horticulturae*, 874: 327–336.
- ❖ Mabberley D. J., 2008. Mabberley's plant-book. A portable dictionary of plants, their classification and uses, 3rd Ed. Cambridge University Press:Cambridge.
- ❖ MacKey, J. 1988. A plant breeder's perspective on taxonomy of cultivated plants. *Biol. Zentralbl.* 107.p:369-379.
- ❖ Mahdjane H., 2013. Inventaire qualitatif et quantitatif des insectes inféodés au prunier (*Prunus domestica* L.1753) dans la région de Tadmait (Tizi-ouzou). Thèse.
- ❖ Mikolajski A., Rooney D., 2007. Les arbres fruitiers. Ed. Marabout. France, p:191.

Références Bibliographique

- ❖ Milosevic T., Milosevic N., 2012. Phenotypic diversity of autochthonous European (*Prunus domestica* L.) and Damson (*Prunus insititia* L.) plum accessions based on multivariate analysis. Horticultural Science (Prague) 39(1):8–20.
- ❖ Milošević T., Milošević N., Glišić I., 2013. Agronomic properties and nutritional status of plum trees (*Prunus domestica* L.) influenced by different cultivars. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 13.p: 706-714.
- ❖ Mirheidari F., Khadivi A., Moradi Y. et al., 2020. The selection of superior plum (*Prunus domestica* L.) accessions based on morphological and pomological characterizations. Euphytica 216, 87. <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02617-7>.
- ❖ Mkedder I., Chahbar M., Ilias F., Gaouar S.B.S., 2021. Characterization and Morphological Typology of Fig Variety (*Ficus carica*) In the Tlemcen Region. Genetics and Biodiversity Journal. 5, 2. p: 159–185. <https://doi.org/10.46325/gabj.v5i2.60>.
- ❖ Monte M., Impallari F.M., Sala G., De Michele A., Sottile F., 2010. The Italian Plum Rootstock Trial: Results for Sicilian Environmental Conditions. Acta Horticulturae. 874.p:269–274.
- ❖ Mugnozza, G.T.S. ; Pagnotta, M.A., 1998. Italian Contribution to Plant. Genetics and Breeding; Università degli studi della Tuscia: Viterbo, Italy.p.922.
- ❖ Naor A., 2004. The interactions of soil- and stem-water potentials with crop level, fruit size and stomatal conductance of field-grown ‘Black Amber’ Japanese plum. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 79, 273-280.
- ❖ Nisar H., Ahmed M., Hussain S., Akbar A.M., 2015. Biodiversity in morpho-physiological characteristics of indigenous plum germplasm from Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. Zemdirbyste-Agriculture, 102.p: 423-430.
- ❖ Okie W. R., Weinberger J. H., 1996. Plums, In: Fruit breeding. Vol: I: Tree and tropical fruits. (J. Janick, J.N. Moore, Ed.), Wiley, New York, p:559-607.
- ❖ Okie W.R., Hancock J.F., 2008. Plums. In Temperate Fruit Crop Breeding. Ed. Springer: Dordrecht, The Netherlands. p:337–358.
- ❖ Oliveira E.J., Dias N.L.P., Dantas J.L.L., 2012. Selection of morpho agronomic descriptors for characterization of papaya cultivars. Euphytica 185.p:253–265.

Références Bibliographique

- ❖ Oukabli A. ; Mamouni A., 2005. Le prunier : variétés à pruneaux et de table. Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture au Maroc.p:1-4.
- ❖ Ramming D. W., Cociu V., 1991.Plums. In: Moore JN, Ballington JR Jr Ed Genetic resources of temperate fruit and nut crops. Acta Horticulturae 290, Wageningen. p:235–287.
- ❖ Ramming D.W., Cociu V., 1990. Acta Horticulturae., 290, 1-63.
- ❖ Ramousse R., Le Berre M., Le Guelte L., 1996. Introduction aux Statistique.
- ❖ Reales A., Sargent D.J., Tobutt K.R., Rivera D., 2010. Phylogenetics of Eurasian plums. *Prunus* L. section *Prunus* Rosaceae, according to coding and non-coding chloroplast DNA sequences. Tree Genetics and Genomes 6.p:37–45.
- ❖ RENAUD M., 1959.La taille des arbres fruitiers à noyau. p :39.
- ❖ Sarigu M., Grillo O., Bianco M. L., Uccesu M., d'Hallewin G., Loi M.C., Venora G., Bacchetta G., 2017. Phenotypic identification of plum varieties (*Prunus domestica* L.) by endocarps morpho-colorimetric and textural descriptors. Computers and Electronics in Agriculture.136. p:25–30.
- ❖ Sarigu, M., 2016. Man, plant remains, diet: spread and ecology of *Prunus* L. in Sardinia.
- ❖ Sayer P., 2007. Membre des croqueurs de pommes, tous droits réservés, verger familial. p :17
- ❖ Schubert T. S., Breman L.L., et Walker S.E., 1988. Basic concepts of plant disease and how to collect a sample for disease diagnosis. Plant Pathology Circular 307. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Division of Plant Industry.p:8.
- ❖ Sedaghatoor S., Ansari R., Allahyari M. S., Nasiri E., 2009. Comparison of morphological characteristics of some plum and prune cultivars of Iran. Scientific Research and Essay, 4.p: 992-996.
- ❖ Selka S., Ilias F., Mahdad M. Y., Sekkal M. C., Gaouar S. B. S.2021. Morphometric characterization of plum (*Prunus domestica*.L) in the far west of Algeria. Genetics and Biodiversity Journal. 5(2). p: 207–213. <https://doi.org/10.46325/gabj.v5i2.88>.

Références Bibliographique

- ❖ Shannon CE., 1948. Une théorie mathématique de la communication. Journal technique du système Bell. 1948 ; 27 :379-423. Doi : 10.1002/j.1538-7305. 1948.tb01338. x.
- ❖ Snoussi S.A., Djazouli Z.E., Aroun M.E.F., SAHLI Z., 2003. Les plantes maraichères, industrielles, condimentaires, aromatiques, médicinales et ornementales. Recueil des communications, Atelier n°3, Alger « biodiversité importante pour l’agriculture » MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31.p :29-34.
- ❖ Sosna I., 2002. Growth and cropping of four plum cultivars on different rootstocks in South Western Poland. Biology. Journal of fruit and ornamental plant research. 10:95–103.
- ❖ Sottile F., Caltagirone C., Giacalone G., Peano C., Barone E, 2022. Unlocking Plum Genetic Potential: Where Are We At? Horticulturae, 8, 128. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020128>.
- ❖ Sottile F., et al., 2010. Catalano, L. Plum Production in Italy: State of Art and Perspectives. Acta Horticulturae. 874.p:25–36.
- ❖ Spellerberg I.F., Fedor P.J., 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ index. Global Ecology and Biogeography. 12 :177–179. doi: 10.1046/j.1466-822X.2003.00015.x.
- ❖ Taiti C., et al., 2019. Fruit aroma and sensorial characteristics of traditional and innovative Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) cultivars grown in Italy. European Food Research and Technology. 245.p:2655– 2668.
- ❖ Topp BL., Russell DM., NeumuÈ ller M., DalboÂ MA., Liu W., 2012. Plums. In: Byrne B, Badenes M, editors. Fruit breeding, handbook of plant breeding. Springer, New York; p: 571-620.
- ❖ UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants), 2002. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability, European plum (*Prunus domestica* L.). TG/41/5(PROJ). https://www.upov.int/meetings/en/doc_details.jsp?meeting_id=4529&doc_id=177458.
- ❖ Vitanova I, Dimkova S, Ivanova D., 2004. Vegetative and reproductive parameters of introduced plum cultivars. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 12:257–262.

Références Bibliographique

- ❖ Watkins R., 1995. Cherry, plum, peach, apricot and almond: *Prunus* spp. (Rosaceae). In: Smart J, Simmonds NW Ed Evolution of crop plants, 2nd Ed. Longman Scientific & Technical, Harlow, p: 423–429
- ❖ Westwood M.N., 1993. Temperate zone pomology, physiology and culture. 3rd Ed. Timber Press, Inc. Portland, Oregon. p:694-700.
- ❖ Woldring H., 2000. On the origin of plums: a study of sloe, damson, cherry plum, domestic plums and their intermediates. *Palaeohistoria* 3. p:535–562.
- ❖ Wolfe K.L., Kang X., He X., Dong M., Zhang Q., Liu R.H., 2008. Cellular antioxidant activity of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56.p: 8418–8426. <https://doi.org/10.1021/jf801381y>.
- ❖ Zaidi A., 2016. Inventaire qualitatif et quantitatif des insectes inféodés au prunier (*Prunus domestica* L.1753) dans la région d'Oued Aissi (Tizi-ouzou). Thèse.
- ❖ Zhebentyayeva T., Shankar V., Scorza R., Callahan A., Ravelonandro C., Castro S., DeJong T., Saski C.A., Dardick C., 2019. Genetic characterization of worldwide *Prunus domestica* (plum) germplasm using sequence-based genotyping. *Horticulture Research* 6:12. <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0090-6>.
- ❖ Ziska L.H., Hutmacher R.B., Hoffman G.J., DeJong T.M., 1984. Changes in leaf water status associated with salinity in mature, field-grown *Prunus-salicina*. *Physiologia Plantarum* 77.p: 141-149.
- ❖ Zohary D., Hopf M., 2000. Domestication of Plants in the Old World. The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe and Nile Valley. Oxford University Press, Oxford, 316.

ANNEXES

Identification de l'agriculteur et de son exploitation :

A₁- Adresse (ville):

A₂- Age de l'exploitant :

30-50 ans

51-65

> 65

A₃- Ancienneté dans le métier :

Moins de 10 ans

10-20 ans

plus de 20 ans

A₄- Taille de l'exploitation :

05-10 ha

11-30 ha

> 30 ha

A₅-Superficie occupée par le prunier(ha) :

.....

B- Historique de la variété (description et origine de la variété au début) :

B₁- Rendement :

Faible

Moyen

Important

B₂- Apparence :

Prunes tous pareils

Prunes hétérogènes

C- Identification de la culture :

Culture	Précédent cultural	Type de sol	Culture pluvial (ha) (en sec)	Culture irriguée (ha)	Zone agro-climatique
Le prunier					

Procédez-vous à l'analyse du sol :

Oui

Non

D - Préparation du sol :

D₁- Travail du sol :

Période	Equipement

E - Mise en place de la culture :

E₁- Le semis :

Période de culture	Mode de semis	Equipement utilisés	Variétés utilisées

E₂-D'où provient votre semence

Auto production

Autres (.....)

E₃-Utilisez-vous des semences certifiées/sélectionnées :

Oui

Non

E₄-De quoi dépend votre choix variétal :

Rendement

Considérations économiques (coût)

Résistance aux maladies et aux ravageurs

Adaptation aux conditions agro- Climatiques de la zone

E₅-Êtes-vous satisfaits de la variété que vous semez ?

Oui

Non

E₆-Depuis quand utilisez-vous cette variété ?

.....

E₇-La fertilisation :

• **Fertilisation de fond :**

Nom ou type de l'engrais :

• **Fertilisation de couverture (azotée):**

Nom ou type de l'engrais :

E₈-L'irrigation :

Mode d'irrigation :.....

F- Entretien de la culture :

F₁-Le désherbage :

Désherbage mécanique

Désherbage chimique

F₂-Lutte contre les ravageurs :

Manuelle

Mécanique

G- les rendements :

G₁- Quels sont les rendements obtenus pour le prunier :

Année 2018

Année 2020

Année 2019

Année 2021

H- Conduite :

H₁- Reproduction (essais d'amélioration) :

Sur l'aspect

Qualités recherchées

Défauts éliminé

I- Phénotype de la population :

I₁- Couleur du fruit à maturité :

I₂- Couleur des feuilles :

I₃- Hauteur de l'arbre :

Longue

Moyenne

Courte

I₄- Nombre de prunes/arbre :

I₅- Forme du fruit :

Aplati

Arrondie

Ovoïde

I₆- Couleur du fruit :

Jaune

Rouge

Noir

Autre (spécifier)