

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



MEMOIRE

En vue de l'obtention du

Diplôme de Magister

en Sciences Agronomiques

Option : Sciences de la vigne et préservation des ressources phylogénétiques

Thème

**Contribution à la caractérisation physico-chimique
de cépages de *Vitis vinifera ssp vinifera* autochtones
d'Algérie.**

Présenté par : M^{me} AGOUAZI Ounissa épouse MEHRI

Devant le jury :

Président : M^r DERRIDJ Arezki, Professeur, UMMTO

Promoteur: M^r AMIR Youcef, Maître de conférences rang A, UMMTO

Examineurs : M^r EL-HEIT Kaddour, Maître de conférences rang A, UMMTO

M^{me} MATI née MOULTI Farida, Professeur, UMMTO

Soutenu publiquement le /10/2013

Année universitaire : 2012/2013

Remerciements

Ce travail de recherche a été réalisé au sein de l'équipe des sciences de la vigne et préservation des ressources phytogénétiques et de technologie alimentaire sous la direction de Monsieur AMIR Youcef du département des sciences agronomiques.

Je tiens par ces quelques mots à remercier profondément Monsieur EL HEIT Keddourde m'avoir accueillie dans son équipe de post graduation et de m'avoir offert l'opportunité d'effectuer ce mémoire de Magister. Sa confiance et ses encouragements ont été déterminants dans l'accomplissement de ce travail ainsi que dans l'enthousiasme qui a guidé ces recherches. Au-delà de l'expérience professionnelle, son « coaching » m'a permis de relever beaucoup de défis qu'il trouve ici l'expression de ma sincère et profonde reconnaissance.

Ce travail n'aurait pas pu aboutir sans la précieuse collaboration de toutes les personnes qui y ont participé et je tiens ici à les remercier tous sans exception :

Monsieur AMIR Youcef Maître de conférences Rang A au département des sciences agronomiques à L'UMMTO, pour avoir accepté de m'encadrer dans ce travail et pour sa générosité à partager ses innombrables connaissances en vue de la finalisation de ce mémoire.

Je remercie infiniment le Professeur DERRIDJ Arezki, doyen de la Faculté des Sciences Biologiques et des sciences Agronomiques de l'UMM Tizi-Ouzou d'avoir accepté de présider le jury de mon travail. J'ai été très honorée de sa présence.

Un immense merci pour Monsieur MOUSSAOUI Ramdane Maître de conférences Rang A et chef de département de chimie, qui m'a accordé sa confiance et m'a permis de bien enrichir ce travail par des analyses réalisées au sein du laboratoire de chimie appliquée et sous produits oléicoles.

Je ne puis m'empêcher d'exprimer mes meilleurs remerciements à Madame MATI née MOULTI Farida Professeur responsable du LABAB à la faculté des sciences biologiques et agronomiques d'être parmi les membres du jury d'examen de ce mémoire.

Mes mots ne seront pas assez forts pour témoigner de ma profonde reconnaissance et remerciements pour tous nos enseignants : Mr BELLARBI, Mr TOUMI, Mme HOUCHI, Mr HAMOUM, Mr AMROUCHE, Mr YESLI, Mr KHORSI, Mlle BOUTEBTOUB et Mr OULHADJ.

Mes remerciements les plus chaleureux s'adressent également à Monsieur METNA Bousaad pour m'avoir initiée à l'utilisation du logiciel Stat Box et R qui fut d'un grand secours dans la réalisation des analyses statistiques.

Cette période particulière n'aurait pas pu être aussi agréable sans l'amitié et le soutien des mes amies qui étaient toujours à mes côtés pour me prêter une main forte et un soutien sans failles : Abedarezak, Saida, Salima. Vous êtes mes frères et sœurs sans oublier Madjid et Amina.

J'adresse mon incommensurable gratitude à ma famille pour son soutien à tous égards. A la fin de ces longs remerciements (mais je ne pouvais faire plus court, sans oublier quelqu'un), les mots deviennent trop futiles pour exprimer l'exactitude de mes sentiments envers ceux qui me sont les plus chers.

Permettez-moi, par conséquent, d'emprunter ceux d'une artiste dont vous devinerez le nom sans peine, vous qui me connaissez le mieux.

« Mon Papa, tu m'as donné toutes les chances (...)

« Oh Maman, sans qui je n'aurais rien créé »(...)

« Mes chers frères et sœurs, et surtout « ALI », mes nièce « LINA » et « ASSIL »

« Mes beaux parents : je vous souhaite une longue vie»

Enfin, je ne saurai oublier d'exprimer mon amour et ma reconnaissance à mon époux qui était toujours à mes côtés « tu es et tu resteras toujours le pilier de ma vie »

Je vous dédie ce mémoire en témoignage de mon amour indicible.



Résumé

L'objectif de ce travail est la mise en valeur de la culture des cépages de *Vitis vinifera L.* autochtones mineurs qui reste limitée à quelques pieds chez des propriétaires privés en Algérie. L'étude a porté sur la caractérisation de 21 cépages autochtones du germoplasme de la station de l'Institut régionale d'Arboriculture et de Viticulture de Benchicao à Médéa ayant déjà fait l'objet d'une caractérisation moléculaire par 22 marqueurs SSR au laboratoire de l'UMR AGAP.1334.Montpellier SupAgro,INRA.

Les analyses physiques et biochimiques des raisins par l'utilisation des méthodes d'analyses de l'OIV étaient notre principale référence.

L'étude statistique des résultats obtenus a servi à mettre en évidence les paramètres les plus discriminants, à savoir le poids des grappes, l'acidité, la teneur en sucres et les teneurs en composés phénoliques. L'interprétation des résultats fait ressortir les meilleurs cépages ayant des propriétés remarquables qui peuvent servir à la recherche de la meilleure typicité des cépages mineurs qui peuvent éventuellement être valorisés au détriment des cépages étrangers d'introduction récente.

Mots clés : caractérisation, *Vitis vinifera L.*, composition physico chimique, cépages autochtones.

Summary

The objective of this work is the development of the culture of indigenous grapes of *Vitis vinifera L* which remain limited to a few feet at private owners in Algeria. The study is related to the characterization of 21 types of autochthonous vines of the germoplasme of the regional station of the Institute of Arboriculture and Vine of Benchicao in Médéa, which have already been the subject of a molecular characterization by 22 markers SR in the laboratory of the UMR AGAP.1334.Montpellier SupAgro, INRA.

The physico biochemical analyzes of the grapes by the use of the OIV methods of analysis were our main resource.

The statistical study of the results obtained was used to highlight the most discriminating parameters, namely the weight of the bunches, acidity, the sugar content and the phenolic contents. The interpretation of the results emphasizes the best types of vines having remarkable properties which can be used for research of the best typicity of the minor type of vines which can possibly be developed with instead of the foreign types of vines of recent introduction.

Key-words: characterization, *Vitis vinifera L.*, physicochemical analyses, indigenous, grapes.

Liste des abréviations

ABA : Acide abscissique

A T : L'acidité totale

DO : La densité optique

D7 : La densité optique après 7 heures d'attente.

ED : Eau distillée

E : Etamines

FAO : Food aliment organisation « L'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture »

IFV : institut français de la vigne

INRA : Institut national de recherches agronomiques.

ITAF : Institut technique d'Arboriculture fruitière

LDL : Low lypoprotiens density « Lipoprotéines de faible densité »

OIV : L'office international de la vigne

P : Précipitation

P : Pétales

S : Sépale

SAT: Surface agricole Totale

SSR: Simple Sequence Repeat

SR : Sucres réducteurs

ST : Sucres totaux

T Sacch : Teneur en saccharose.

T moy : Température moyenne

Tn : Température minimale

T sach : Teneur en saccharose

Tx : Température maximale

UV : Ultra violet

Liste des figures

Figure 01: Feuille de vigne fossile	4
Figure 02 : Différences morphologiques entre les vignes cultivées et sauvages.....	5
Figure 03: <i>Vitis vinifera sp silvestris</i>	8
Figure 04 : Stades phénologiques repères de la vigne.....	10
Figure 05: Famille des Vitacées (Reynier, 2007) complétés par nous-même	11
Figure 06: Composition de l'espèce <i>vinifera</i> . (INRA, 2000).....	13
Figure.07: Vrilles portant des inflorescences.....	16
Figure 08 : Inflorescences.....	19
Figure 09: Diagramme de la fleur hermaphrodite (Violla, 2005)	19
Figure 10 : Coupe transversale d'une baie de raisin (in Oswald, 2006).....	20
Figure 11 : Caractéristiques de <i>Vitis vinifera sativa</i>	21
Figure 12: Les différentes phases de dormance chez la vigne (Galet, 2000)	23
Figure 13 : Cycle végétatif et reproducteur de la vigne dans l'hémisphère Nord.....	25
Figure 14 : Cycle phénologique de la vigne et périodes de réalisation des principaux travaux... ..	26
Figure 15. Représentation schématique d'une baie (Kennedy, 2002).....	30
Figure 16: Schéma représentant l'accumulation relative de l'eau, des hexoses et des acides organiques dans la baie de raisin au cours de son développement (Kennedy, 2002)	34
Figure17: Evolution de la couleur des baies au cours de la véraison.....	36
Figure 18: Evolution de la masse des pépins et de la baie durant le développement de la baie...38	
Figure 19: Schéma représentant la régulation hormonale au cours du développement du raisin ..40	
Figure 20 : Structure des acides principalement responsables de l'acidité des raisins	41
Figure 21 : Structure chimique de quelque stilbènes (in Delluc, 2004)	42
Figure 22 : Structure de base des flavonoïdes	44
Figure 23 : structure des anthocyanes (in Delluc, 2004)	44
Figure 24 : la structure des tanins condensés (in Delluc, 2004)	48

Figure 25 : La structure des flavonoïdes (<i>in</i> Delluc, 2004)	49
Figure 26 : Répartition des différentes communes dans la wilaya de Médéa.....	55
Figure 27 : La présentation de la commune de Benchicao (ITAFV de Benchicao, 2008).....	56
Figure 28 : L'évolution de la pluviométrie de la région d'étude de 1980 à 2012.....	58
Figure 29 : les températures moyennes de la région d'étude de 1980 jusqu'au 2012.....	59
Figure 30 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour la période (2011-2012).....	62
Figure 31 : Le poids de la grappe des différents cépages	76
Figure 32 : Le poids de 100 baies des différents cépages.....	77
Figure 33 : Le poids moyen d'une baie des différents cépages	78
Figure 34 : Le poids de 100 pépins des différents cépages	79
Figure 35 : La teneur des différents cépages en sucres totaux.....	80
Figure 36 : Les résultats des teneurs en sucres réducteurs des cépages étudiés	82
Figure 37 : La teneur en saccharose des différents cépages étudiés	83
Figure 38 : Les taux d'acidité totale pour les cépages étudiés.....	84
Figure 39 : Les taux d'acidité titrable exprimés par les différents cépages étudiés.....	85
Figure 40 : Le pH des différents cépages étudiés	86
Figure 41 : Les teneurs en polyphénols des cépages étudiés.....	87
Figure 42 : Les teneurs en anthocyanes des cépages étudiés.....	88
Figure 43 : La teneur en tanins des cépages étudiés.....	89
Figure 44 : Le titre alcoométrique des différents cépages étudiés	90
Figure 45 : Représentation graphique des variables étudiées	100
Figure 46 : Projection des cépages étudiés sur le plan factoriel (1× 2)	101
Figure 47 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des cépages(CAH).	102

Liste des tableaux

Tableau 01: La production vitivinicole en Algérie en 2012.....	02
Tableau 02 : Evolution des baies de raisins pendant les quatre phases de croissance.....	37
Tableau03 : Effets de la nature des radicaux sur la couleur des anthocyanes.....	45
Tableau 04: Liste des principaux pigments anthocyanes de la baie de raisin.....	46
Tableau 05: Composition du raisin souhaitable pour les différents objectifs (Peynaud 1997)...	52
Tableau 06 : Les températures moyennes de la région d'étude de 1980 à 2012.....	59
Tableau 07 : Température et précipitation de la campagne (2011-2012).....	62
Tableau 08 : Les cépages autochtones étudiés.....	64
Tableau 09 : Résultats récapitulatifs des dosages réalisés et de l'analyse descriptive.....	73
Tableau 10 : Résultats des analyses du sol de la région d'étude.	74
Tableau 11 : Indice de maturation des cépages étudiés.....	91
Tableau 12 : L'analyse de la variance du poids de la grappe.....	92
Tableau 13 : L'analyse de la variance du poids de 100 baies.....	93
Tableau 14 : L'analyse de la variance du poids baie.....	93
Tableau 15: L'analyse de la variance pour le poids de 100 pépins.....	93
Tableau 16 : L'analyse de la variance pour les taux des sucres totaux.....	93
Tableau 17 : L'analyse de la variance pour les taux des sucres totaux.....	94
Tableau 18: L'analyse de la variance pour la teneur en saccharose.....	94
Tableau 19 : L'analyse de la variance pour l'acidité titrable.....	94
Tableau 20: L'analyse de la variance pour l'acidité totale.....	95
Tableau 21 : L'analyse de la variance pour la teneur en tanins.....	95
Tableau 22 : L'analyse de la variance pour le titre alcoométrique.....	95
Tableau 23 : l'analyse de la variance du pH.....	95
Tableau 24 : l'analyse de la variance pour la teneur en anthocyanes.....	96
Tableau 25 : L'analyse de la variance pour le taux de polyphénols.....	96

Tableau 26 : Valeurs propres des axes.	97
Tableau 27 : Contribution des variables selon les axes.....	97

Annexes :

Annexe 1. Photographies des grappes de raisins des 22 cépages étudiés

Annexe 2. Tableau 26 : Données météorologiques de la station de Benchicao

Tableau 27: Récapitulatif des résultats des paramètres physiques et chimiques étudiés pour les différents cépages.

Tableau 28: Les coefficients utilisés dans le calcul de l'acidité selon les acides organiques (AFNOR, 1986)

Tableau 29 : Expression des teneurs en sucres et correspondances avec le titre alcoométrique probable.

Annexe 3. Photographies de quelques variétés de raisins européennes

plan de travail

Introduction	1
--------------------	---

Première partie : Recherche bibliographique

Chapitre I : La vigne et la viticulture

1-La vigne	3
1-1-Origine, domestication et historique de la viticulture	3
1-2-Importance de la viticulture dans le monde	5
1-3- la viticulture et l'Algérie	6
1-4- Importance économique de la vigne et défis actuellement posés à la profession.....	7
1-5- Présentation, développement et physiologie de la vigne	7
1-5-1-Taxonomie et biodiversité	7
1-6-Composition de l'espèce <i>Vitis vinifera</i> L.	11
1-6-1-Compartiment cultivé	12
1-6-2-Compartiment sauvage	12
1-7-Morphologie des lambrusques	14
1-8-La morphologie et l'anatomie des <i>Vitis vinifera</i> L.	14
1-8-1-Système racinaire.....	14
1-8-2-Système aérien	15
1-8-3-Organes reproducteurs	18
1-9- Cycle de développement de la vigne	22
1-9-1-Le cycle végétatif	22
1-9-2-Le cycle reproducteur	23
1-10-Contraintes et exigences de la vigne	27
2- Changement climatique et micro-environnement et Conséquences sur la vigne	27
3-Méthodes de caractérisations des variétés de vignes	28

Chapitre II : La physiologie de la vigne

I- Le développement de la baie de raisin	30
I-1- Morphologie.....	30
I-2-De l'anthèse à la fécondation	31
2- Croissance et métabolisme de la baie.....	31
2-1-La phase de développement herbacé.....	32

2-2-La phase de maturation	35
3-Régulation hormonale	38
3-1-La phase de maturation	38
4-Changement dans le rapport acides/sucres de la pulpe	40
5-Les composés phénoliques au cours du développement de la baie.....	42
5-1-Les composés dit non-flavonoïdes, les stilbènes	42
5-2-Les composés flavonoïdes du raisin.....	43
5-2-1-Structure et propriétés générales.....	43
5-2-1-1-Les anthocyanes	44
5-2-1-2-Les tanins	47
5-2-1-3-Les flavonols	49
5-3-Evolution d'autres molécules	50
6-Les facteurs déterminants de la qualité des raisins	50

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

1.-Présentation de la région d'étude	54
1-1-Situation géographique de la wilaya de Médéa	54
1-2-Caractéristiques climatiques	54
1-2-1-Les précipitations	57
1-2-2-La température.....	59
1-3-Les accidents climatiques.....	60
1-3-1-Les gelés.....	60
1-3-2-La grêle.....	61
1-3-3-Les vents.....	61
1-3-4-Le Brouillard	61
1-3-5-Le sirocco	61
1-4-Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	61
2- Caractéristiques édaphiques.....	61
2-1-La granulométrie	63
2-2- Le pH	63
2-3-Le calcaire actif (FAO, 2003)	63
3-Matériel végétal	64
3.1-L'échantillonnage	64

3.2-Mode opératoire	63
4-Paramètres étudiés et méthodologie de travail	65
4-1-Le comptage	65
4-2-Les pesés	65
4-3-Le broyage	65
4-4-Filtrage	65
5-Les méthodes utilisées	66
5-1-Le pH	66
5.2-Les sucres réducteurs (AFNOR, 1986)	66
5-3-Les sucres totaux (AFNOR, 1986)	67
5.4-L'acidité totale (OIV, 2006)	68
5.5-L'acidité titrable (AFNOR, 1986)	68
5.6-Les tanins : Indice Hcl (IFV, 2009).....	69
5.7-Les anthocyanes (IFV, 2009).....	69
5.8-Les polyphénols totaux	69
6.-Les analyses statistiques	70
6-1- Analyse de la Variance (ANOVA)	70
6.2- Tests de Newman-Keuls Analyse de la Variance (ANOVA)	71
6.3-L'analyse en composantes principales (ACP)	71

Troisième partie : Résultats et discussions

1-L'analyse descriptive.....	72
2-Les analyses de sols.....	74
2-1-Description du profil	74
2-2-Le pH	74
2-3-Le calcaire	75
2-4-La granulométrie.....	75
3-Résultats des caractères physiques	75
3.1-Le poids de la grappe	75
3.2-Le poids de 100 baies	76
3.3-Le poids d'une baie	77
3.4-Le poids de 100 pépins	78

4 –Résultats des caractères biochimiques des cépages.....	79
4.1-La teneur en sucres totaux	79
4.2-La teneur en sucre réducteur	80
4.-3-La teneur en saccharose	82
4.4-L'acidité totale	83
4.5-L'acidité titrable	85
4.6-Le pH	86
4.-7-Les polyphénols totaux	86
4.8-Les anthocyanes	88
4.-9-Les teneurs en tanins	89
4.10-Le titre alcoométrique	90
4.11. L'indice de maturation.....	91
5. L'analyse de la variance	92
6- L'analyse en composantes principale (ACP)	97
6-1-Valeurs propres	97
IV-2-Plan factoriel.....	98
IV-3-Signification et légende des axes.....	99
Conclusion	101
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

La vigne est l'une des plus vieilles cultures qui a pris naissance il y a quatre mille ans environ; elle possède de grandes facultés d'adaptation aux conditions pédoclimatiques. Elle est cultivée dans les régions chaudes et également sous des climats relativement froids (Reynier, 1989 ; Galet, 1998).

Son importance économique considérable se situe au niveau de la production des fruits, le raisin, commercialisé comme raisin de table, jus de fruits, mais surtout utilisé pour la production du vin. Selon la publication de l'OIV(2010), la culture de la vigne (*Vitis vinifera*) couvre environ 7.660 millions ha sur l'ensemble des cinq continents avec une production de 206 356 000 Qx de raisins de table et 268.7 millions d'hl de vin.

Une estimation de la diversité de *Vitis vinifera* fait état à plus de dix milles cultivars (Lacombe, 2007). Cette situation serait due à l'ancienneté de la culture de la vigne dont la domestication remonterait au moins à 6000 ans (Levadoux, 1956), à l'utilisation de la multiplication végétative qui facilite la fixation de nouveaux caractères et à la diversité des utilisations qui a pu entraîner le maintien de variétés adaptées à chaque type de production.

Après l'indépendance, l'Algérie a hérité un vignoble colonial estimé à plus de 350.000 Ha dont la production de vin se situait en moyenne entre 14 et 18 millions d'hl. Après la crise vitivinicole Algéro-Française en 1966, la reconversion et reconstitution du vignoble algérien inéluctable a été entamée.

En effet, la fermeture subite des débouchés traditionnels, à savoir, le marché français, a obligé les décideurs à adopter une nouvelle politique viticole basée sur la réduction de la production de vin en éliminant la vigne de vin principalement au niveau des zones de plaines riches.

L'Algérie est aussi dotée d'un patrimoine viticole très diversifié constitué, hormis les cépages classiques, d'un grand nombre de variétés autochtones réparties essentiellement en zone de montagnes. On assiste malheureusement à une forte régression de ces vignes locales où elles n'existent actuellement que sous forme de vieilles collections (germoplasmes), situées dans des stations expérimentales telle que l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (ITAF) de Benchicao à Médéa.

Face à cette régression, le patrimoine viticole doit faire l'objet d'une réhabilitation des cépages autochtones à travers un programme d'actions de caractérisation, de sélection, et de valorisation.

Mise à part quelques travaux, (Akkak et al. 2005, Laiadi et al. 2009, Riahi et al.2009, El Ouelkadi.2012, El Heit et al en préparation), aucun inventaire de ces variétés autochtones n'a été réalisé.

Dans notre travail, nous avons essayé de répondre à une des principales questions de ce programme qui est la caractérisation physicochimique et technologique de ces cépages autochtones. Et pour cela nous nous sommes intéressés à 21 cépages de germoplasme de Benchicao.

Dans ce contexte, nous avons procédé à l'étude de plusieurs paramètres physiques, et biochimiques de 21 cépages, en vue de contribuer à définir leurs différentes caractéristiques comme il a été fait pour les variétés de raisins de table ou de cuve cataloguées à travers le monde.

Le souci principal d'une telle étude est la connaissance et la découverte de ces variétés locales menacé de disparition ; en d'autres termes la contribution à la mise en valeur, le maintien et la préservation de ce patrimoine national et de même la lutte contre l'érosion génétique au profit de nouveaux cépages largement connus, que la standardisation du marché exige.

1-La vigne

La vigne (*Vitis vinifera L.*) est une plante grimpante pérenne à croissance indéterminée, capable de se multiplier par voie sexuée, par bouturage ou par greffage (This et *al.*, 2006). La Vigne est cultivée pour ses fruits charnus : les baies de raisin. Ces dernières permettent la préparation du jus de raisin, l'élaboration du vins, la distillation de liqueurs (armagnac, cognac, porto) ou peuvent être consommées comme fruit frais ou secs. La constitution d'un vignoble nécessite du temps : il faut attendre 3 ans pour obtenir les premiers fruits, 10 à 12 ans pour avoir un rendement significatif, et 25 ans pour arriver à la pleine production. La qualité organoleptique augmente avec l'âge du cep.

1-1-Origine, domestication et historique de la viticulture

L'histoire de la vigne accompagne depuis longtemps celle de l'Homme (Camps, 2008). Les premières traces de ceps de vigne, découvertes dans l'actuelle Géorgie, datent de plus de 7000 ans avant J.C. (Villa, 2005), ainsi que la présence des restes de pépins de vigne cultivée a été mentionné dans la même région à la même période (Winkler, 1965).

Le genre *Vitis* semble avoir émergé à l'ère tertiaire, plus précisément à la période paléocène. Le même auteur indique que la plus ancienne fossile connue d'une feuille de vigne existe en Sorbonne, classée comme *vitis balbiana* qui a été attribuée à 65 millions d'années. D'autres fossiles de feuilles, de sarments et de graines de l'ère tertiaire et quaternaire ont été trouvés en Europe, en Amérique du nord et même au Japon. Ainsi, il est admis que le passage de la vigne sauvage à la vigne cultivée a eu lieu autour de 6000 ans avant J.C. (This et *al.*, 2006).

La vigne sauvage, comme d'autres végétaux, porte des fleurs mâles ou femelles que l'on trouve très rarement réunies sur la même plante. Pour peu qu'une plante mâle soit assez proche pour fournir le pollen, les plantes femelles donnent des fruits alors que les mâles restent improductifs. Les hermaphrodites, une toute petite minorité donnent deux fois moins de fruits que les plantes femelles (Huglin et Schneider, 1998; Johnson, 1990).

Les premiers hommes à cultiver la vigne ont naturellement choisi les plantes femelles et détruit les plantes mâles bien que sans celles-ci, les femelles seraient, elles aussi, improductives. L'expérience leur aura donc appris à sélectionner uniquement les hermaphrodites et donc à développer ce caractère génétique qui, en fin de compte, différencie la vigne cultivée (*sativa*) de la vigne sauvage (*silvestris*) (Johnson, 1990).

Winkler (1965) affirme que la culture de vigne a débuté au sud de l'Asie mineure que beaucoup de botanistes considèrent comme étant le berceau de l'espèce *vitis vinifera*, alors que les

premières données recueillies sur la culture de vigne se situent en Egypte (Columela, 1959). Son expansion a été d'Est en Ouest et c'était avant l'an 600 avant J.C. quand les phéniciens l'ont introduite en Grèce, Rome, puis dans le sud de la France (Winkler, 1965).

Les Grecs, au cours de leurs nombreux voyages, implantèrent la vigne dans tout le bassin méditerranéen et louèrent les bienfaits du vin sous le culte du dieu Dionysos. Quelques siècles plus tard, les Romains poursuivirent le développement de la viticulture, en honorant Bacchus, dieu de la Vigne et du vin, permettant ainsi de répandre la culture de la vigne en Sicile et dans le sud de l'Italie, puis dans les régions méditerranéennes, jusqu'à atteindre les rivages de l'atlantique (Camps, 2008).

Et c'est justement à la suite à des innovations introduites par les multiples influences étrangères subis au cours de l'alternance des dominations qu'ont eu lieu les plus grands changements cultureux des vignobles qui, tout en restant sur le territoire, se sont mélangés aux cultures régionales traditionnelles (Villa, 2005). On imagine donc aisément le nombre de remaniements et de croisements, bien que non attestés, subis par les espèces au cours des siècles, non seulement par les variétés cultivées, mais aussi entre ces dernières et des variétés sauvages et naturelles.



Figure 1: Feuille de vigne fossile. Cette feuille de vigne fossilisée, de 6,6 cm de long (pétiole compris) a été trouvée dans le Montana (Beaverhead County, Etats-Unis). Celle-ci date de 38 à 23 millions d'années (éocène) et ne présente aucune différence avec certaines espèces de *Vitis* actuelles (Delluc, 2010).

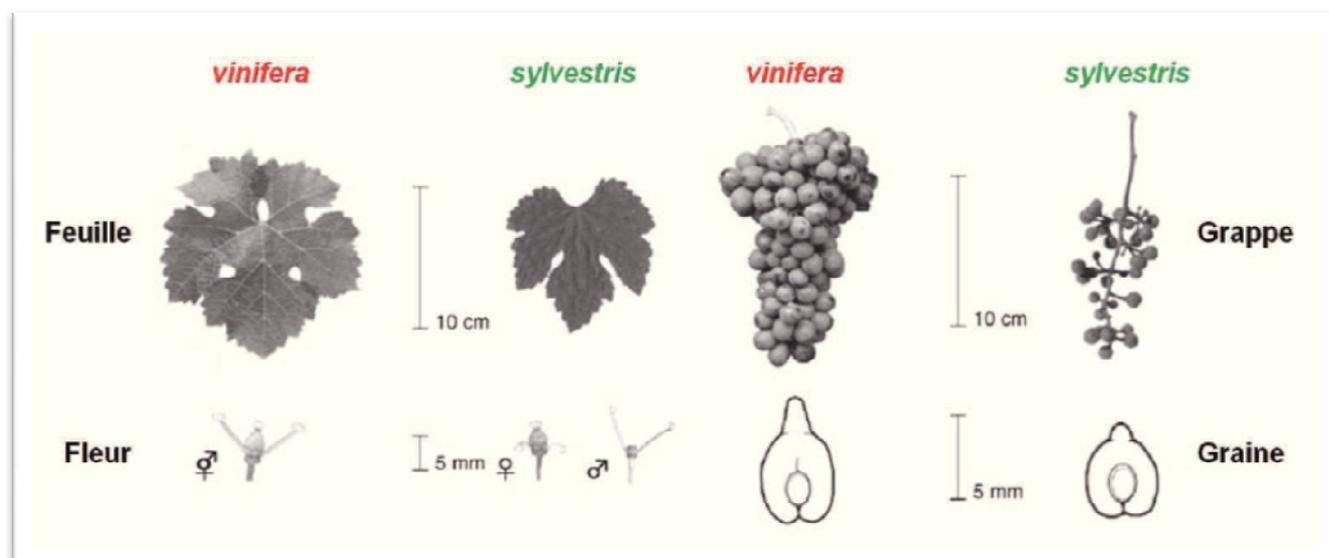


Figure 02: Différences morphologiques entre les vignes cultivées et sauvages. Plusieurs différences peuvent être observées entre les espèces cultivées et sauvages de vigne notamment au niveau des feuilles, des fleurs, des grappes à maturité et des graines (d'après This *et al.*, 2006).

1-2-Importance de la viticulture dans le monde

La vigne est l'une des espèces fruitières les plus cultivées dans le monde en terme de surface et de valeur économique.

En 2007, la FAO a estimé le vignoble mondial à 7.792 millions d'Ha et la production mondiale de raisin à 665 millions de qx (dont 12.3 mqx de raisin sec) avec 269.9 millions d'hl de vin (Anonyme, 2007).

En 2010, le vignoble présente une large répartition, sur les cinq continents avec une superficie d'environ 8 millions d'ha. La majorité des surfaces viticoles mondiales sont situées en Europe (57.9%), le reste étant réparti entre l'Asie (21.3%), l'Amérique (13,0%), l'Afrique (5.2%) et l'Océanie (2.7%) (OIV, 2010). La production mondiale des raisins en 2010 (consommation directe, séchage) est estimée approximativement à 12 millions de tonnes. Environ 18% (2.2 millions de tonnes) sont acheminés vers les marchés extérieurs. Les exportations sont caractérisées par une forte concentration géographique. Les plus grands pays producteurs sont l'Italie, la Chine et les USA. Ce dernier est en même temps un grand importateur après l'Allemagne et le Royaume Uni, qui importent surtout des raisins secs (Aigrin, 2003; OIV, 2010).

Les pays méditerranéens viennent en tête dans l'importance des surfaces viticoles avec près de 6 millions d'ha. En 2012, la surface du vignoble est passée à 7.528 millions d'ha (OIV, 2012).

1-3- La viticulture en Algérie

Avant l'indépendance, l'Algérie était le quatrième producteur mondial de vin, après la France, l'Italie et l'Espagne. En effet, le vignoble algérien couvrait une superficie de 350000 hectares, et produisait 14 à 18 millions d'hectolitres de vin par an. En 1983 le vignoble algérien atteignait la plus grande superficie de son histoire avec 400000 hectares et produisant plus de 21 millions hectolitres de vin (Statistiques agricoles, 1999).

Actuellement, la viticulture occupe une superficie de 99432 ha et représente 12% de la SAU occupée par les cultures. Elle constitue la 4^{ème} culture pérenne sur le plan de la surface et représente le 2^{ème} poste à l'exportation.

- Compte tenu du climat, du terroir disponible et de l'expérience agricole acquise par la profession, la viticulture a sa place en Algérie. Dans beaucoup de zones et notamment au centre et à l'ouest du pays, la viticulture représente une utilisation optimale du sol. Mais les rendements réalisés sont relativement faibles, si bien que le coût de production par unité de volume est relativement élevé. Ceci est probablement dû à la pluviométrie irrégulière au cours de l'année, aux cépages utilisés, à la vieillesse des plantations, aux itinéraires techniques appliqués inadéquats (Basler, 2000).
- La plus importante production est réalisée dans la région Centre (75%), environ 25% à l'Ouest et elle est très faible à l'Est du pays. Les vignobles en production sont relativement âgés. La conduite se fait généralement de manière extensive (Toumi, 2006).

Les productions en 2012 sont présentées dans le tableau 1:

Tableau 1: La production vitivinicole en Algérie en 2012.

Produits	Superficie en ha	Production qx	Rendement qx/ha
Raisin de table	47 224	4 732 566	111
Raisin de cuve	26 827	697 404	26.9
Raisin secs	63	1 720	29.7
Production de vin en hl	141410		

(M.A.D.R/D.S.A,2012)

La wilaya de Boumerdés est la plus productive en 2012 avec 2.25 millions de qx de raisin et un rendement d'environ 30.6 Kg/ha (près de 45% de la production nationale). Les principales variétés cultivées sont le dabouki (dabel), le gros noir, Alphonse-la-vallée, le red globe, le dattier, le victoria, le muscat, le black pearl et le cardinal (Anonyme, 2012).

1-4- Importance économique de la vigne et défis actuellement posés à la profession

Le raisin peut être consommé en fruit frais ou sec, et il est utilisé pour l'élaboration de vins et de liqueurs. La surface des vignobles mondiaux représente environ 800 millions d'ha, ce qui correspond à une production annuelle de 67 millions de tonnes de baies. La production mondiale annuelle de vins est de l'ordre de 300 millions hectolitres/an.

La viticulture doit actuellement faire face à deux enjeux agronomiques majeurs qui sont la nécessité de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires, et celle de faire face au changement climatique. La viticulture européenne utilise 20% de produits phytosanitaires utilisés en agriculture (indice moyen de fréquence de traitement = 12,5, comparé à 3,8 pour les céréales). En 2008, le gouvernement français a demandé à l'agriculture française de diminuer l'utilisation des pesticides d'un facteur 2 sur dix ans. Les producteurs, les consommateurs, les marchés nationaux et internationaux et les pouvoirs publics sont de plus en plus sensibles et vigilants aux aspects environnementaux de l'agriculture.

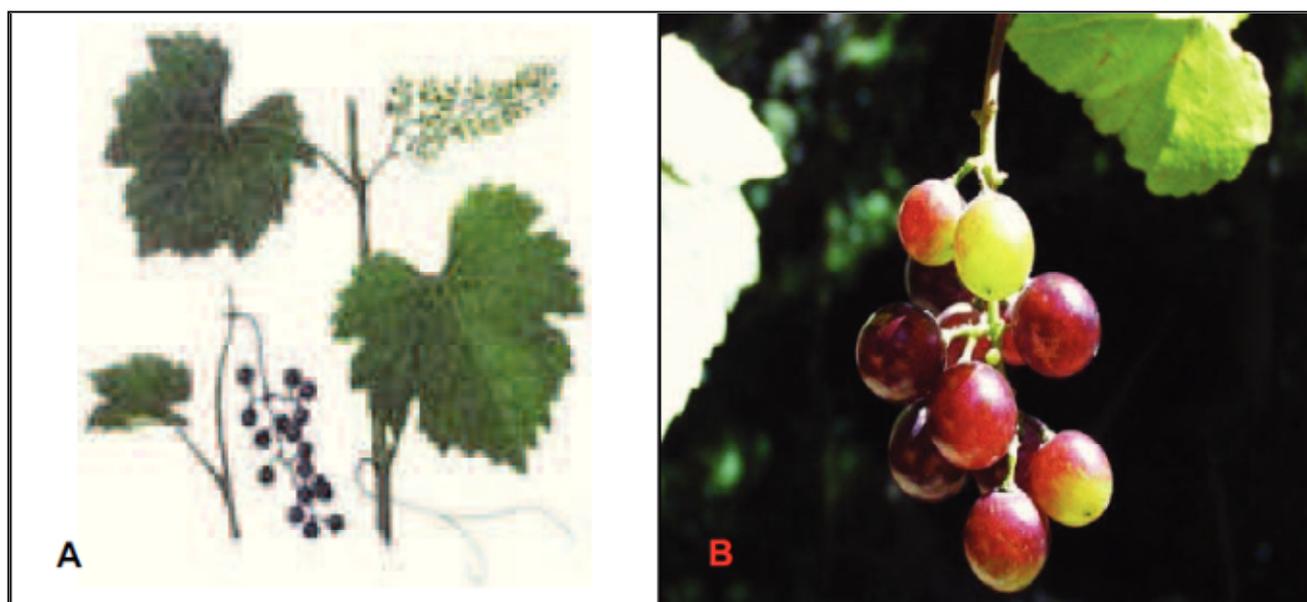
1-5- Présentation, développement et physiologie de la vigne

1-5-1-Taxonomie et biodiversité

Les vignes spontanées ou cultivées sont des Spermaphytes (ou Phanérogames, plantes à fleurs), Angiospermes (ovules cachés dans un ovaire), appartenant à la classe des Dicotylédones, à la sous-classe des Rosidées, au phylum des Térébinthales-Rubiales, à l'ordre des Rhamnales et à la famille des Vitacées (autrefois Ampélidées ou Ampélidacées) qui compte plus d'un millier d'espèces (Galet, 2000 ; Huglin et Schneider, 1998). Les Vitacées comptent actuellement dix-neuf genres d'importance inégale dont le genre *Vitis* et deux genres fossiles. *Vitis* constitue le genre d'importance agronomique majeure. Il consiste en environ 60 espèces inter-fertiles présentes presque exclusivement dans l'hémisphère Nord (This *et al.*, 2006). Il a été divisé par Planchon en deux sous-genres, *Eu vitis* (ou *Vitis*) et *Muscadinia*, en tenant compte des différences anatomiques, morphologiques et cytologiques des espèces (Galet, 2000 ; Huglin et Schneider, 1998 ; Mullins *et al.*, 1992).

Le sous-genre *Muscadinia* ne comprend que trois espèces vivant dans le Sud-Est des Etats-Unis ou au Mexique. Ce sont des espèces diploïdes, leur nombre chromosomique est $2n = 40$ ce qui a rendu difficile les croisements avec d'autres *Vitis* ($2n = 38$). Seule l'espèce *M. rotundifolia* est cultivée dans les états du Sud américain au travers de plusieurs variétés pour la consommation de raisins frais, la préparation de gelées ou marmelades, l'obtention de vin et même pour la préparation des raisins secs. Celle-ci s'avère résistante à un grand nombre de parasites tels que le phylloxéra, le mildiou, l'antracnose et la pourriture grise.

Le sous-genre *Euvitis* contient les « vraies vignes » ainsi que la quasi-totalité des vignes cultivées. Leur nombre chromosomique est $2n = 38$ avec la possibilité d'avoir des cépages triploïdes à $2n = 57$ ou tétraploïdes à $2n = 76$, toutes deux des mutations (Galet, 2000). A l'intérieur du sous-genre *Euvitis*, trois ou quatre groupes peuvent être distingués selon les auteurs : américain, asiatique, tropicale et euro-asiatique (ou européen) (Galet, 2000 ; Huglin et Schneider, 1998 ; Mullins *et al.*, 1992).



Source (Deluc, 2004)

Figure 03: *Vitis vinifera sp silvestris*. La vigne sauvage n'a pas un aspect très différent de la vigne cultivée (A). Cette espèce pousse en lisière des bois rampant sur le sol ou s'agrippant à d'autres plantes, parfois jusqu'aux cimes des arbres. Les plantes femelles peuvent présenter des raisins, les grappes étant généralement petites (B).

a-Les vignes américaines présentent une bonne résistance aux pathogènes et sont aujourd'hui utilisées comme porte-greffe dans 85% du vignoble mondial. Au XIX^{ème} siècle, leur introduction en

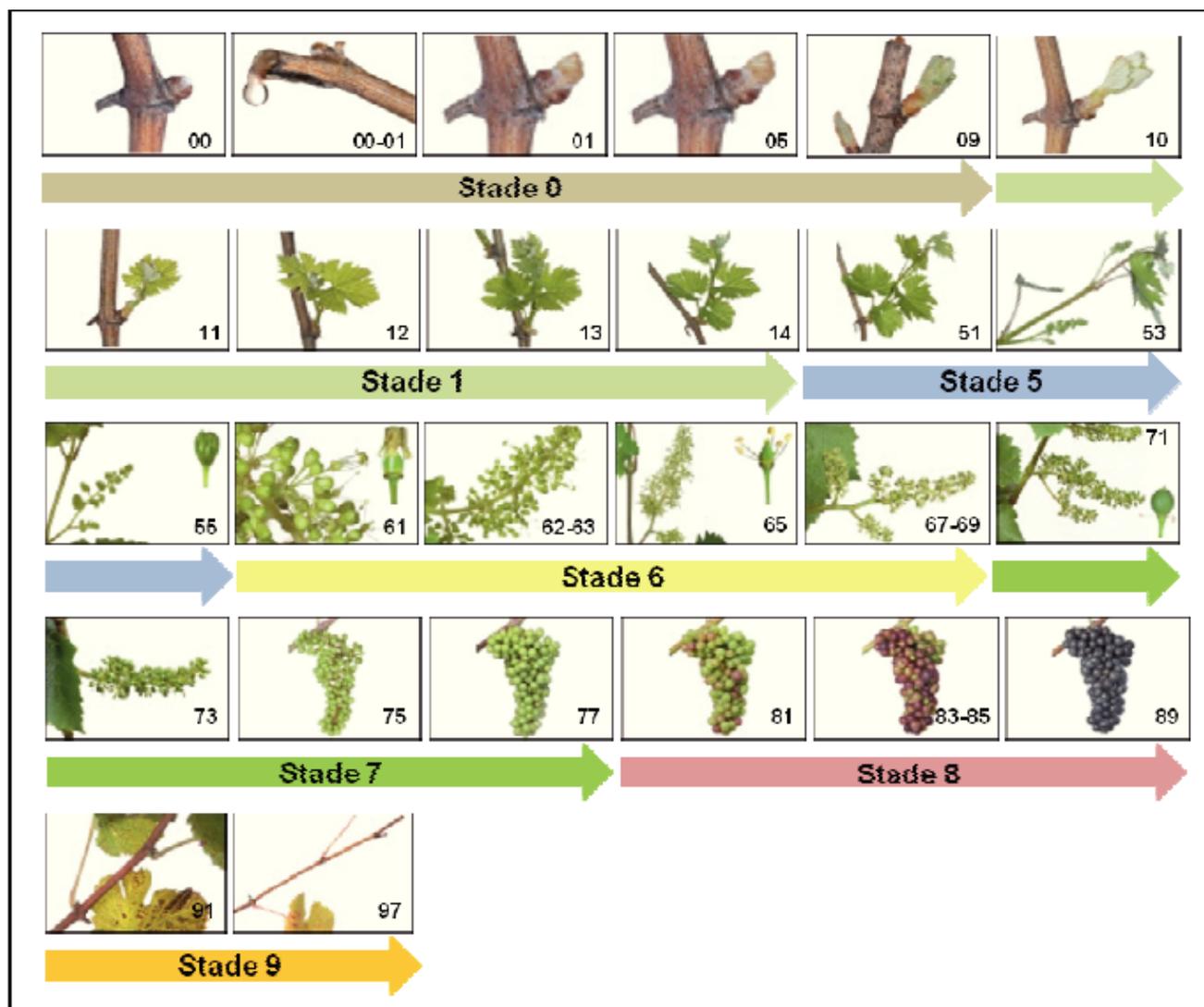
Europe véhicule successivement l'oïdium (1845), le phylloxéra (1868) (Pouget, 1990), le mildiou (1878) et le black rot (1885). Parmi les espèces les plus importantes du point de vue de leur utilisation viticole, on compte : *Vitis labrusca*, *Vitis riparia*, *Vitis rupestris*, *Vitis berlandieri* et *Vitis rotundifolia* (INRA, 2007).

b-Les Vignes asiatiques comprennent 29 espèces non résistantes aux maladies

Certaines, comme *Vitis amurensis* sont utilisées dans les programmes de croisements interspécifiques pour leur résistance au froid (Galet, 2000).

c-Les Vignes tropicales: regroupent plusieurs espèces dont les plus connues sont : *Vitis caribaea*, *Vitis balansaeana*, *Vitis blancii*, *Vitis flexuosa* et *Vitis lanata*.

d-La Vigne européenne : ne comporte qu'une seule espèce : *Vitis vinifera* Linné. Celle-ci comprend un archétype, *Vitis vinifera sylvestris* (sauvage) et *Vitis vinifera sativa* (cultivée). *Vitis vinifera sativa* est la seule espèce largement exploitée dans l'industrie vinicole globale (This *et al.*, 2006) et comprend plusieurs milliers de variétés classées par Negrel en trois branches suivant des critères écologiques, géographiques et morphologique : la *prole pontica*, la *prole occidentalis* et la *prole orientalis* (Huglin et Schneider, 1998). Cette vigne cultivée a progressivement été domestiquée par l'Homme par sélection de plantes hermaphrodites et présente aujourd'hui un polymorphisme remarquable en relation avec son caractère fortement hétérozygote. Au sens botanique, les variétés sont des cultivars et représentent des clones provenant d'un pépin, ensuite multipliés par voie végétative et dont tous les descendants sont identiques. Les vigneron emploient plutôt le terme plus général de cépages qui peut être un clone unique ou au contraire provenir de plusieurs clones apparemment très proches entre eux au point d'être confondus sous un même nom (Galet, 2000). Aujourd'hui les cépages cultivés sont multipliés par voie végétative car le semis ne permet pas de les reproduire fidèlement. Cinq mille cépages sont répertoriés, la plupart n'existant que dans des collections. En France, bien que 249 cépages soient autorisés par la réglementation (Deluc, 2004) seule une quarantaine est utilisée. Douze d'entre eux couvrent 70% des surfaces encépées : Chardonnay, Sauvignon, Ugni Blanc, Cabernet Sauvignon, Syrah, Merlot, Grenache, Carignan, Cabernet Franc, Gamay, Cinsault et Pinot Noir. La vigne est cultivée dans toutes les zones de la région européenne et méditerranéenne qui bénéficient d'un été suffisamment chaud pour la maturation du raisin (Bulletin OEPP : Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes, 2002).



Source (Deluc, 2010)

Figure 04 : Stades phénologiques repères de la vigne. L'échelle BBCH est divisée en 7 stades principaux, eux mêmes subdivisés en stades secondaires (codes BBCH). Stade 0 : Débourrement, Stade 1 : Développement des feuilles, Stade 5 : Apparition des inflorescences, Stade 6 : Floraison, Stade 7 : Développement des fruits, Stades 8 : Maturation des baies, Stade 9 : Sénescence et début de dormance. Codes BBCH : 00 : Bourgeon d'hiver, 00-01 : La vigne pleure, 01 : Gonflement du bourgeon, 05 : Bourgeon dans le coton, 09 : Pointe verte, 10 : Sortie des feuilles, 11 : Première feuille étalée et écartée de la pousse, 12 : Deux feuilles étalées, 13 : Trois feuilles étalées, 14 : Quatre feuilles étalées, 51 : Grappes visibles, 53 : Grappes séparées, 55 : Boutons floraux séparés, 61 : Début floraison, 62- 63 : Floraison, 65 : Pleine fleur, 67-69 : Fin de floraison, 71 : Nouaison, 73 : Développement des baies (grosseur de plombs), 75 : Baies stade petit pois, 77 : Fermeture de grappe, 81 : Véraison (les baies commencent à traluire), 83-85 : Poursuite de la véraison, 89 : Récolte (maturité des baies), 91 : Maturité des bois (Aoûtement), 97 : Chute des feuilles.

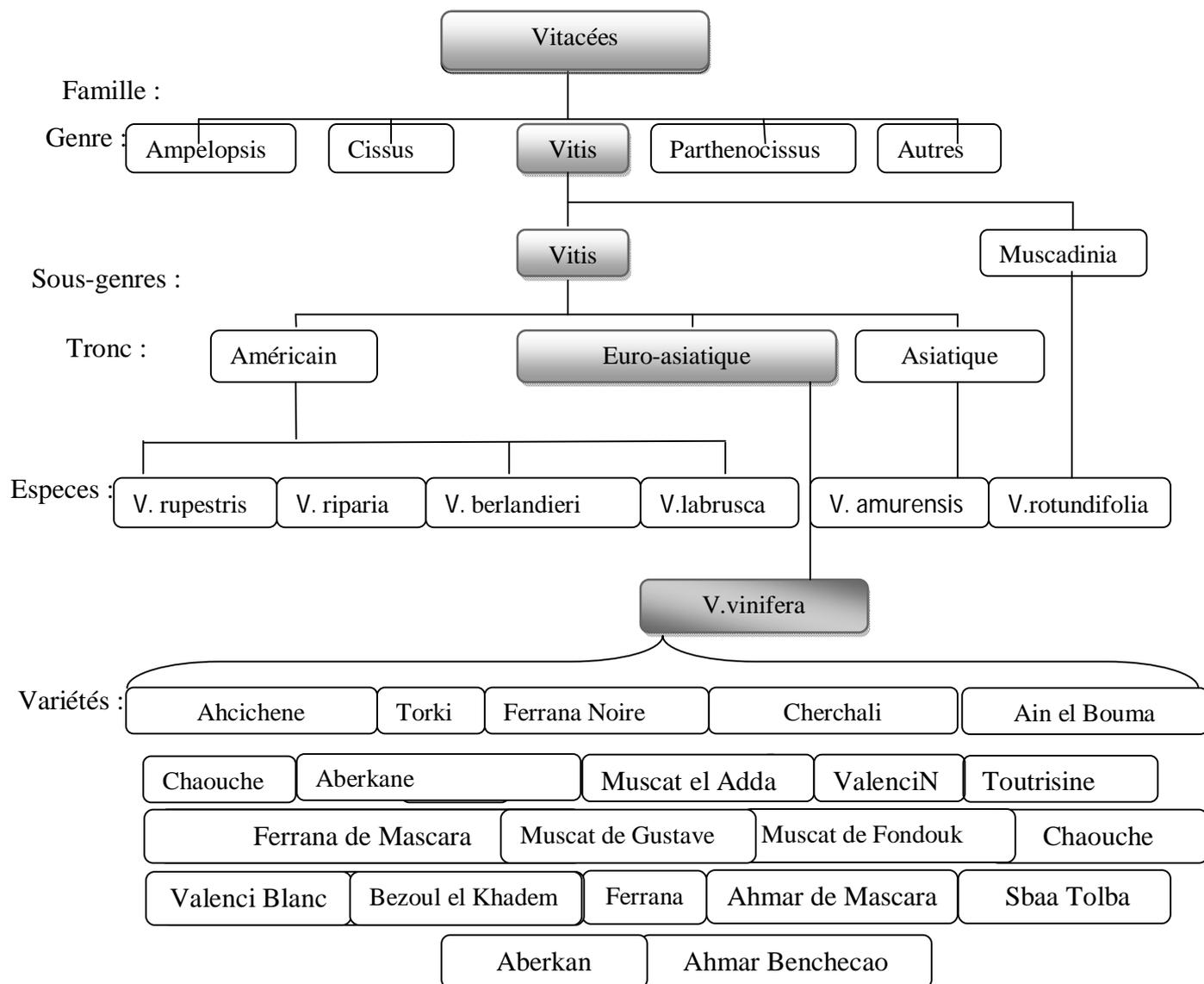


Figure05: Famille des Vitacées (Reynier, 2007) complétés par l’auteur

1-6-Composition de l’espèce *Vitis vinifera*

L’espèce *Vitis vinifera* comprend deux compartiments : un cultivé et un autre sauvage (Cuisset, 1998). Ces deux plantes peuvent, avec une probabilité non nulle, échanger des gènes par hybridation directe ou indirecte (Reynier, 2007).

Selon Girard (2001), toute plante cultivée est issue d’un parent sauvage suite à un processus de domestication. Donc, la domestication a créé un compartiment cultivé à partir de compartiments sauvages particuliers.

1-6-1-Compartment cultivé

Selon certaines estimations, le nombre de variétés cultivées dans le monde se situerait entre 7000 et 10000 (Huglin et Schneider, 1998), identifiées sur la base de leurs caractéristiques ampélographiques (Lacombe, 2003 ; Alleweldt et Possingham, 1988).

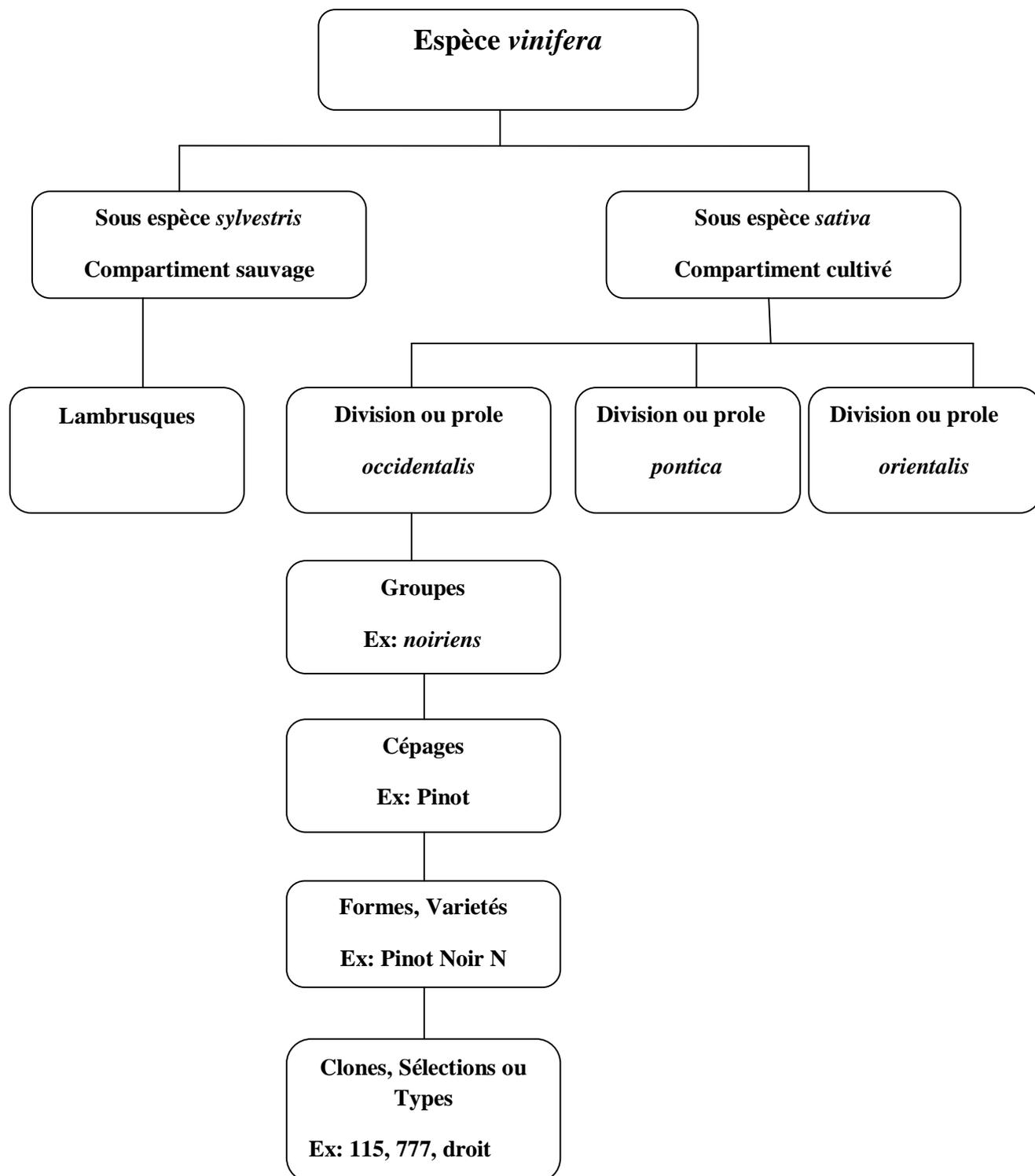
La viticulture dans le monde s'étend sur les cinq continents et sa surface est de 8 millions d'hectares (OIV, 2010) où seules quelques centaines de cépages (300-400) constituent l'essentiel de l'encépagement mondial actuel (Siret, 2001).

1-6-2-Compartment sauvage

La vigne sauvage dite lambrusque est considérée par de nombreux spécialistes comme étant l'ancêtre ou le plus proche parent sauvage des vignes cultivées contemporaines et anciennes. Elle présente des différences morphologiques végétatives (fleurs, pépins, fruits, feuillage), comme elle présente un dimorphisme sexuel ou dioïcie (Reynier, 2007).

Ces deux compartiments et leurs divisions sont présentés dans la figure 06.

Figure 06: Composition de l'espèce *vinifera*. (INRA, 2000).



1-7-Morphologie des lambrusques

La morphologie des feuilles adultes donnent l'impression de feuilles simplifiées par comparaison à celles des cépages cultivés. Elles sont assez petites, entières ou lobées, avec un sinus pétiolaire (échancrure au niveau du pétiole de la feuille) bien ouvert. Les dents bordant ces feuilles sont généralement courtes et peu nombreuses. Les grappes portées par les individus femelles sont petites et lâches avec des baies de petite taille, toujours noires, peu sucrées et assez astringentes. Les pépins contenus dans ces baies sont plus ronds que ceux des cépages. Les sarments sont relativement grêles. Les troncs et les nombreux bras des souches, courant sur le sol ou grimpant aux arbres, peuvent mesurer plusieurs mètres. À âge égal, le diamètre du tronc d'une vigne cultivée, taillée chaque année, est toujours plus grand que celui d'une vigne sauvage dont les ramifications s'allongent plus qu'elles ne s'épaississent.

Les vignes sauvages se rencontrent le plus souvent dans des milieux frais et humides, à proximité directe d'un cours d'eau : ruisseau, torrent ou rivière. Grâce à leurs vrilles, ces lianes projettent leur feuillage au sommet des arbres en lisière de forêts ou dans des clairières bien ensoleillées. À l'exception des conifères, tout arbre vivant ou mort, peut servir de support aux lambrusques. Elles poussent indifféremment sur des sols calcaires, neutres ou acides.

1-8-La morphologie et l'anatomie des *Vitis vinifera* L

La vigne est une plante ligneuse grimpante, à souche pérenne (Reynier, 2007). Elle est constituée d'un système racinaire en pivot et d'un système aérien avec un tronc et ramifications sarmenteuses.

1-8-1-Système racinaire

La racine se ramifie, au cours de son développement, pour former un réseau de racines appelé « Système racinaire » (Reynier, 1991).

Les racines d'une souche de vigne sont des racines adventives (Huglin et Schneider, 1998) constituant avec la partie enterrée de la tige, la partie souterraine.

Ces racines ont avant tout un rôle d'ancrage pour la plante. Elles ont pour fonction principale de puiser dans le sol l'eau et les matières minérales nécessaires, mais également de produire des hormones de croissance : Gibbérellines et Cytokinines (Galet, 2000). Elles constituent également un organe de réserve en accumulant les grains d'amidon synthétisés au niveau des feuilles (Huglin et Schneider, 1998 ; Galet, 2000).

Galet (1993) et Reynier (1991) ont distingué trois types de racines selon leurs origines :

- Pivot ou racine principale chez les vignes issues de semis.
- Naissance de plusieurs grosses racines chez les vignes issues par multiplication végétative.
- Naissance, parfois, de racines adventives sur les rameaux dans les conditions chaudes et humides.

1-8-2-Système aérien

a-Tronc : le tronc des vignes n'est pas un fût droit comme celui des arbres fruitiers ou forestiers. Ce tronc n'est pas lisse, car il est recouvert par l'accumulation des vieilles écorces (*Rhytidome*).

A l'état spontané, le tronc de la souche reste grêle le plus souvent, flexible, nécessitant un tuteur naturel (arbre), pouvant s'élever jusqu'à 20 ou 30 mètres de hauteur. Le tronc se ramifie en plusieurs branches ou bras qui portent les tiges de l'année appelées rameaux tant qu'elles demeurent herbacées et sarments après l'aoûtement. En dehors de son rôle de support, il sert au transport de la sève brute et élaborée ; il joue également un rôle de réservoir pour les substances de réserve (Galet, 2000).

b-Le rameau et le sarment : le rameau de la vigne est formé d'une tige renflée de distance en distance ; ce renflement constitue le nœud, tandis que l'intervalle compris entre deux nœuds consécutifs s'appelle entre-nœud ou mérithalle. La longueur du sarment peut varier de moins d'un mètre à plusieurs mètres suivant la nature de l'espèce (Huglin et Schneider, 1998).

D'après Galet (2000), le rameau herbacé a la même morphologie générale que le sarment observé après l'aoûtement ou à la chute des feuilles. Cependant, il présente quelques caractères particuliers :

- Le rameau est terminé par un bourgeon terminal alors qu'il n'existe plus sur le sarment, il porte des inflorescences, des feuilles et des prompts-bourgeons.
- La couleur du rameau est le plus souvent verte, mais le dos est plus souvent coloré (rougeâtre) que le ventre; parfois, le nœud est coloré différemment que le mérithalle.

c-Feuilles : Les feuilles de la vigne sont caduques. Sur les plantes adultes, ces feuilles sont en position alterne et opposée. Elles apparaissent sur le rameau dès le débourrement et leur nombre augmente jusqu'à l'arrêt de croissance (Reynier, 1991). Le limbe comprend cinq nervures principales qui partent du point pétiolaire, elles se ramifient en nervures secondaires. Le plus souvent, les feuilles sont entières mais, présentent des sinus plus ou moins profonds (Galet, 2000).

Les feuilles constituent le principal organe utilisé en ampélographie (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1971), elles fournissent d'excellents critères de détermination et de caractérisation des cépages (Galet, 1993 ; Simon, 1992).

La villosité du limbe, la forme et la profondeur des dents, ainsi que la couleur interviennent également dans la description qui permet de classer les cépages (Huglin et Schneider, 1998 ; Galet, 2000).

d-Vrilles : Elles permettent au rameau de s'agripper à différents supports (arbres, fils,...). Elles sont disposées du côté opposé au point d'insertion des feuilles sur le rameau.

Une vrille se compose de trois parties : le pédoncule basilaire, la branche majeure et la branche mineure.

Les vrilles, d'abord herbacées, deviennent ligneuses à l'automne (Galet, 2000) et leurs dimensions est un élément spécifiques de variétés (Huglin, 1998).



Figure07: Vrilles portant des inflorescences.

e-Bourgeons : Un bourgeon est un embryon de rameau qui est constitué par un cône végétatif terminé par un méristème et muni d'ébauches de feuilles (Reynier, 1991).

Selon Ribereau-Gayon et Peynaud (1971), les bourgeons sont axillaires, c'est-à-dire qu'ils naissent obligatoirement à l'aisselle des feuilles.

Galet (2000) précise que ces bourgeons sont destinés à assurer la pérennité de la vigne d'une année à l'autre par leur croissance en donnant des rameaux, des feuilles, des inflorescences et de nouveaux bourgeons.

❖ Types de bourgeons

On distingue plusieurs types de bourgeons en fonction de leur possibilité de développement :

➤ Bourgeon terminal

Pendant la croissance du rameau, il existe un bourgeon terminal dont le méristème assure la formation et la croissance des différents organes du rameau (Carolus, 1970 ; Huglin et Schneider, 1998 ; Morrison, 1991 ; Galet, 2000). Ce type de bourgeon se dessèche et tombe au moment de l'aoûtment (Reynier, 1986 ; Huglin, 1998).

➤ **Prompt bourgeon**

Situé à côté de l'œil latent à l'aisselle des feuilles. Ce bourgeon a la propriété de pouvoir se développer l'année de sa formation. Il donne une petite pousse appelée « entre-cœur » (Huglin, 1998 ; Reynier, 2003).

➤ **Bourgeon latent**

L'année de sa formation, ce bourgeon change uniquement de volume. Il se développera l'année suivante (Joly, 2005).

Selon Huglin (1998) et Reynier (2003), ce bourgeon complexe est constitué d'un bourgeon principal au centre avec son cône végétatif et l'ébauche de l'organisation future du rameau. Il est aussi encadré par un ou deux bourgeons secondaires qui ne se développent que si le bourgeon principal est détruit par le gel ou une cassure.

➤ **Bourgeons de la couronne**

Possèdent une structure primitive et s'observent sur le point d'attache (empattement) du sarment et du vieux bois, ce qui leur confère le nom « Bourgeons de l'empattement » ou « Bourgeons basilaires ». Ces bourgeons ne se développent que si le bourgeon principal est détruit. Ils donnent souvent des rameaux peu fertiles.

Huglin (1998) et Reynier (2003) précisent que le plus gros entre les bourgeons de la couronne appelé « bourillon » est plus complexe et renferme toujours une grappe.

➤ **Bourgeons du vieux bois**

Les bourgeons latents qui ne sont pas développés l'année suivant leur formation, donnent les bourgeons du vieux bois. Ils peuvent rester à l'état latent plusieurs années (Galet, 1993). Certains seront recouverts par les couches successives de bois et ne se développeront plus. Après une taille très sévère, ou après l'élimination des bourgeons latents,

Les bourgeons du vieux bois peuvent se développer et donner une pousse appelée « Gourmand » pouvant servir comme baguette de rajeunissement pour les vieilles souches (Joly, 2005).

Selon Champagnol (1984), la fertilité des gourmands pour certains cépages dépend surtout de l'expansion du système racinaire, l'état des trajets conducteurs et du niveau des réserves des organes vivaces.

❖ Fertilité des bourgeons

La fertilité, chez la vigne, correspond au nombre moyen d'inflorescences des rameaux issus des bourgeons laissés à la taille (Huglin et Schneider, 1998). Les rameaux fertiles portent en moyenne deux inflorescences, disposées à partir du troisième noeud, mais chez certains hybrides de *Vitis riparia*, on compte jusqu'à six inflorescences (Huglin et Schneider, 1998; Galet, 2000).

Ce caractère peut varier selon plusieurs facteurs :

1-Pour un cépage donné, la fertilité varie avec l'emplacement du bourgeon sur le sarment. Certains cépages comme l'Aramon dont les bourgeons de la base sont fertiles, permettent une taille courte. D'autres cépages, comme le Poulsard, ont des bourgeons qui sont infertiles à la base du sarment, ce qui nécessite une taille longue pour avoir une récolte suffisante. La Sultanine ne possède qu'un ou deux bourgeons fertiles, il faut parfois attendre le débourrement de ces bourgeons avant de tailler.

2-Sur une même souche, la fertilité des bourgeons est intimement liée à la vigueur individuelle des sarments (Huglin et Schneider, 1998; Galet, 2000)

a- Les bourgeons latents (bourgeons principaux) ont une fertilité qui croît de la base vers le milieu du sarment, puis qui diminue. La fertilité des bourgeons secondaires est très variable en fonction des cépages ; elle peut varier de 0 à 0,5 inflorescence par rameau.

b- Les prompt-bourgeons peuvent être fertiles et donner des grappillons mais cette fertilité est assez variable en fonction de la position du bourgeon sur le sarment.

c- Les bourgeons de la couronne et les bourgeons du vieux bois sont en général stérile mais peuvent parfois contenir une inflorescence, particularité qui sera utilisée lors de la retaille des vignes gelées ou grêlées.

3-La fertilité varie avec les cépages et constitue donc un caractère ampélographique. Le Pinot, par exemple, est un cépage fertile qui a en moyenne deux inflorescences par rameau (Huglin et Schneider, 1998; Galet, 1998 ; 2000; 2001).

1-8-3-Organes reproducteurs

➤ Inflorescences

L'inflorescence de la vigne est une grappe composée, qui porte des ramifications plus ou moins nombreuses et plus ou moins longues, dont la dimension et les ramifications dépendent de l'espèce, de la variété, de sa position sur le rameau et de la vigueur.

Chaque inflorescence se trouve au niveau d'un noeud, vers la base du rameau à l'opposé d'une feuille (Vidaud, 1993).



Figure 08 : Inflorescences

➤ Fleurs

La majorité des espèces cultivées possède des fleurs hermaphrodites ; les espèces américaines et certaines espèces asiatiques sont dioïques (Huglin, 1998).

La fleur hermaphrodite est composée de cinq pièces et sa formule florale est: $5 S+5 P+5 E+2 C$ (Galet, 1993).

Le nombre de fleurs par inflorescence varie de 100 à 1000 et constitue une caractéristique variétale (Galet, 2000).

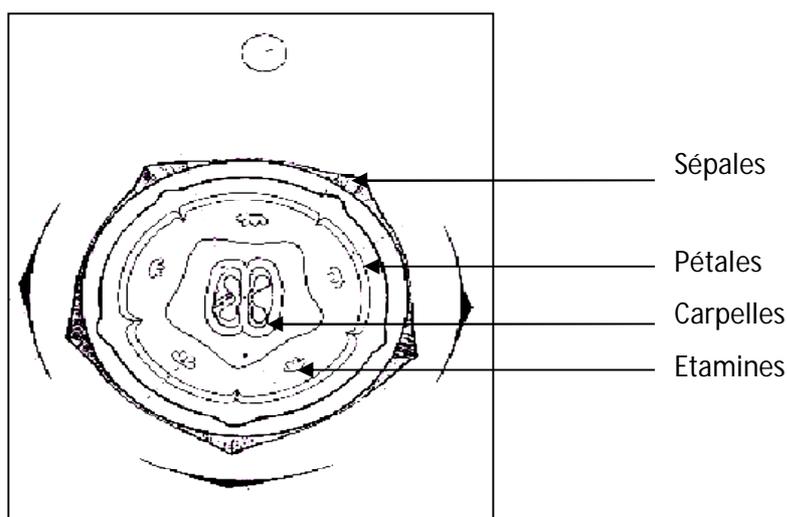


Figure 09: Diagramme de la fleur hermaphrodite (Galet, 2000).

➤ Grappes et baies

- Après la floraison, l'inflorescence porte le nom de grappe. La dimension de la grappe est déterminée dès la véraison, elle peut varier de 6 à 24 cm de longueur et de 100g à 500g pour la plus part des cépages (Huglin, 1998 ; Galet, 2000).

- Le raisin est le fruit de la vigne. C'est une baie classée dans le groupe des fruits charnus, non climactériques et à pépins. Les baies sont regroupées en grappes plus

ou moins importantes selon les variétés. Le raisin se consomme depuis l'antiquité, frais cru en grappe, en jus, dans des pâtisseries, légèrement cuit en garniture de plats ou cuit en confitures. Il se conserve très bien sec. Son utilisation la plus importante économiquement est la confection de vins et d'alcools.

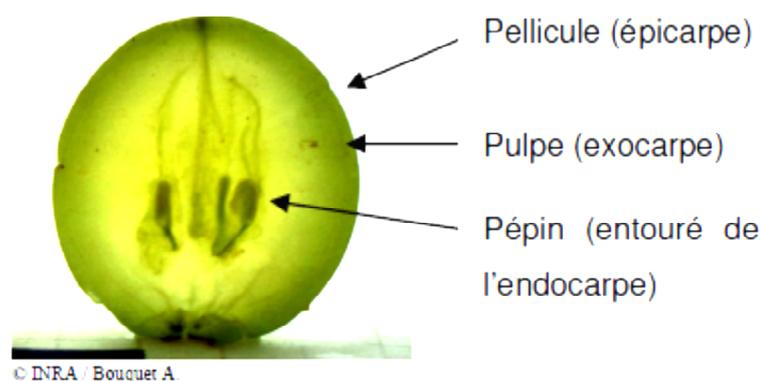


Figure 10 : Coupe transversale d'une baie de raisin (Kennedy, 2002).

➤ Pépins ou grains

Les grains ou pépins résultent du développement des ovaires fécondés. Ils sont plus ou moins arrondis et possèdent, à maturité, une couleur verte à jaune pour le raisin blanc, et rouge à noir pruneaux pour le raisin rouge. Il est possible d'extraire de l'huile de ces pépins.

Un pépin comprend trois parties : *l'embryon* qui se développera en plantule, *l'albumen* qui contient des réserves pour la survie de l'embryon et son développement, et le *tégument* qui protège l'embryon et son albumen. Dans certains cas, les raisins n'ont pas du tout de pépins et sont dits apyrènes (Sultanine, Corinthe) (Huglin et Schneider, 1998 ; Galet, 2000).



Figure 11 : Caractéristiques de *Vitis vinifera sativa*. Sarment (1) ; Feuille à cinq nervures principales (2) ; Vrille (3) ; Inflorescence (4) ; Bouton floral (= jeune fleur fermée) (5) ; Fleur déhiscente (ouverture de la corolle) (6) ; Fleur hermaphrodite ouverte avec cinq étamines (7) ; Coupe longitudinale de l'ovaire (8) ; Coupe transversale de l'ovaire (9) ; Etamines à filet grêle (10) ; Grains de pollen (11) ; Grappe de raisin (12) ; Coupe longitudinale d'une baie (13) ; Coupe transversale d'une baie (14) ; Graine (pépin en face ventrale) (15) ; Coupe longitudinale d'une graine (16 et 17) ; Coupe transversale d'une graine (18) (*in* Kappel, 2010).

1-9- Cycle de développement de la vigne

La vigne est une plante pérenne ; chaque année, au cours de son développement, elle effectue deux cycles : un cycle végétatif et un cycle reproducteur, tous deux en compétition pour les ressources issues de la mobilisation de réserves ou de la photosynthèse (Galet, 1991). Ces deux cycles comprennent un certain nombre de stades phénologiques correspondant à la croissance des différents organes de la vigne. Depuis les années 1990, un code décimal international (de 00 à 100) connu sous le nom d'échelle BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt et Chemische Industrie) s'est imposé pour décrire les principaux stades repères de la vigne. Les stades phénologiques décrits par Baggolini (1952), très répandus dans la pratique, ont été maintenus en correspondance avec l'échelle BBCH (Champagnol, 1984). *Vitis vinifera* étant cultivée dans les deux hémisphères de la Terre, elle possède donc des rythmes de végétation différents, décalés de six mois.

Le développement de la vigne se fait sur deux ans et en deux cycles : le cycle végétatif et le cycle reproducteur. Le cycle végétatif se caractérise par une phase de croissance au printemps et en été, une phase d'accumulation de réserves dans le bois jusqu'à la fin de l'automne, puis une phase hivernale de repos. Le cycle reproducteur mène au développement et à la maturation des baies de raisin.

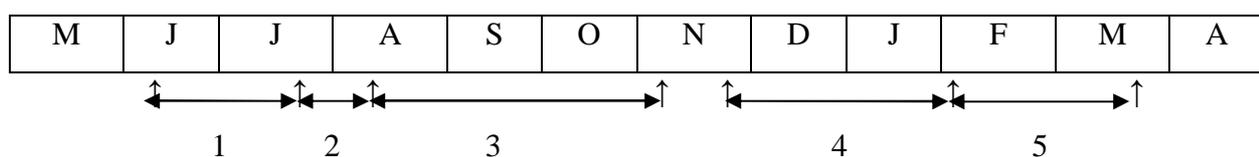
1-9-1-Le cycle végétatif

Le cycle végétatif, qui correspond à la croissance des organes : rameaux, feuilles, vrilles et racines, comporte plusieurs stades phénologiques (Baggiolini, 1952; Lorenz et al, 1995 in Kappel, 2010). Il débute au printemps après une phase de dormance hivernale quand les températures du sol commencent à dépasser les 10°C. S'il y a eu élagage, des pleurs de sève brute apparaissent au niveau des coupures, suite à une poussée d'eau venant des racines par force osmotique (Huglin et Schneider, 1998). Cette période de « pleurs » peut durer jusqu'à un mois. Elle est suivie par le débourrement qui marque la reprise d'activité du bourgeon latent et de la croissance. Le bourgeon gonfle, les écailles s'écartent et la bourre (ou coton) apparaît avant qu'émergent une pointe verte, puis les premières feuilles. Le début du débourrement varie en fonction du cépage et de la température. Un rameau émerge du bourgeon latent et continue à croître et à s'allonger. Les feuilles s'étalent et s'accroissent, et de nouvelles feuilles apparaissent.

Quarante à 80 jours après le débourrement, quand les températures journalières moyennes avoisinent 15 à 20 °C, des inflorescences apparaissent au sommet des pousses entre les premières feuilles. Les inflorescences marquent la poursuite du cycle reproducteur et mènent vers la création de nouveaux bourgeons latents pour l'année suivante. Un rameau contenant jusqu'à 3 grappes commence à se former dedans (Huglin et Schneider, 1998). Ce sont les bourgeons latents qui

assurent à la fois la reproduction et la croissance végétative (Carmona et *al.*, 2008 *in* Delluc, 2004). Jusqu'à la floraison, la photosynthèse ne permet pas de subvenir à l'intégralité des besoins énergétiques de la vigne. Celle-ci vit sur les réserves de l'année précédente.

La phase de croissance se poursuit jusqu'au milieu de l'été, menant à l'aoûtement qui est caractérisé par un brunissement de l'écorce des rameaux, des vrilles et des grappes. Le liège se forme et des réserves s'accumulent sous forme d'amidon et de lignine dans les sarments. Les teneurs en eau dans les tissus du bois diminuent de façon synchrone. Les réserves proviennent des feuilles qui sont progressivement vidées de leur contenu. La vigne commence à perdre ses feuilles au début de l'automne, ce qui marque la fin du cycle végétatif de l'année. L'aoûtement se poursuit jusqu'à la fin de l'automne, avant les premières gelées. La vigne passe ensuite en dormance hivernale jusqu'au printemps suivant.



1 : Pré-dormance

2 : Entrée en dormance

3 : Dormance

4 : Post-dormance

5 : Pré-débourrement

Figure 12: Les différentes phases de dormance chez la vigne (Galet, 2000).

1-9-2-Le cycle reproducteur

Le cycle reproducteur qui mène vers la formation des baies est un processus qui dure deux années et est interrompu par la dormance hivernale. Les inflorescences sont initiées et préformées dans les bourgeons latents de l'année précédant leur développement après débourrement (Reynier, 2007). La différenciation des fleurs commence au printemps avec la reprise d'activité du bourgeon latent. Les inflorescences apparaissent au sommet des pousses entre les premières feuilles, se séparent et commencent à prendre la forme d'une grappe. Des températures basses après le débourrement semblent provoquer une augmentation de la taille des inflorescences et le nombre de fleurs. La floraison qui a lieu vers la fin du printemps dure une quinzaine de jours. Elle aboutit à la libération du pollen et est rapidement suivie de la fécondation. Des gelées tardives et des conditions climatiques trop fraîches ou pluvieuses peuvent provoquer une fécondation partielle et incomplète à

ce moment. Des ovaires mal fécondés produisent des baies de taille réduite qui n'arrivent jamais à maturité. Dès que les ovaires commencent à se développer, on parle de nouaison. Les ovules évoluent en graines (pépins) et des baies commencent à se développer pour protéger les graines. On commence alors à parler de « grappe ». Les inflorescences stériles deviennent des vrilles. Les baies restent vertes jusqu'au milieu de l'été, moment où elles atteignent la véraison. La véraison correspond à un ralentissement de la croissance, mais à l'apparition simultanée et coordonnée de plusieurs bouleversements métaboliques, parmi lesquels le début d'une forte accumulation de sucres et d'anthocyanes. Les baies ramollissent et changent de couleur, ce qui traduit le début de la maturation, laquelle se prolongera jusqu'à la fin de l'été. Si le raisin n'est pas vendangé, il peut entrer dans une phase de sur-maturation par la suite. Au cours de la surmaturation, les baies flétrissent, la concentration en sucres augmente, de même que la sensibilité aux attaques fongiques et bactériennes.

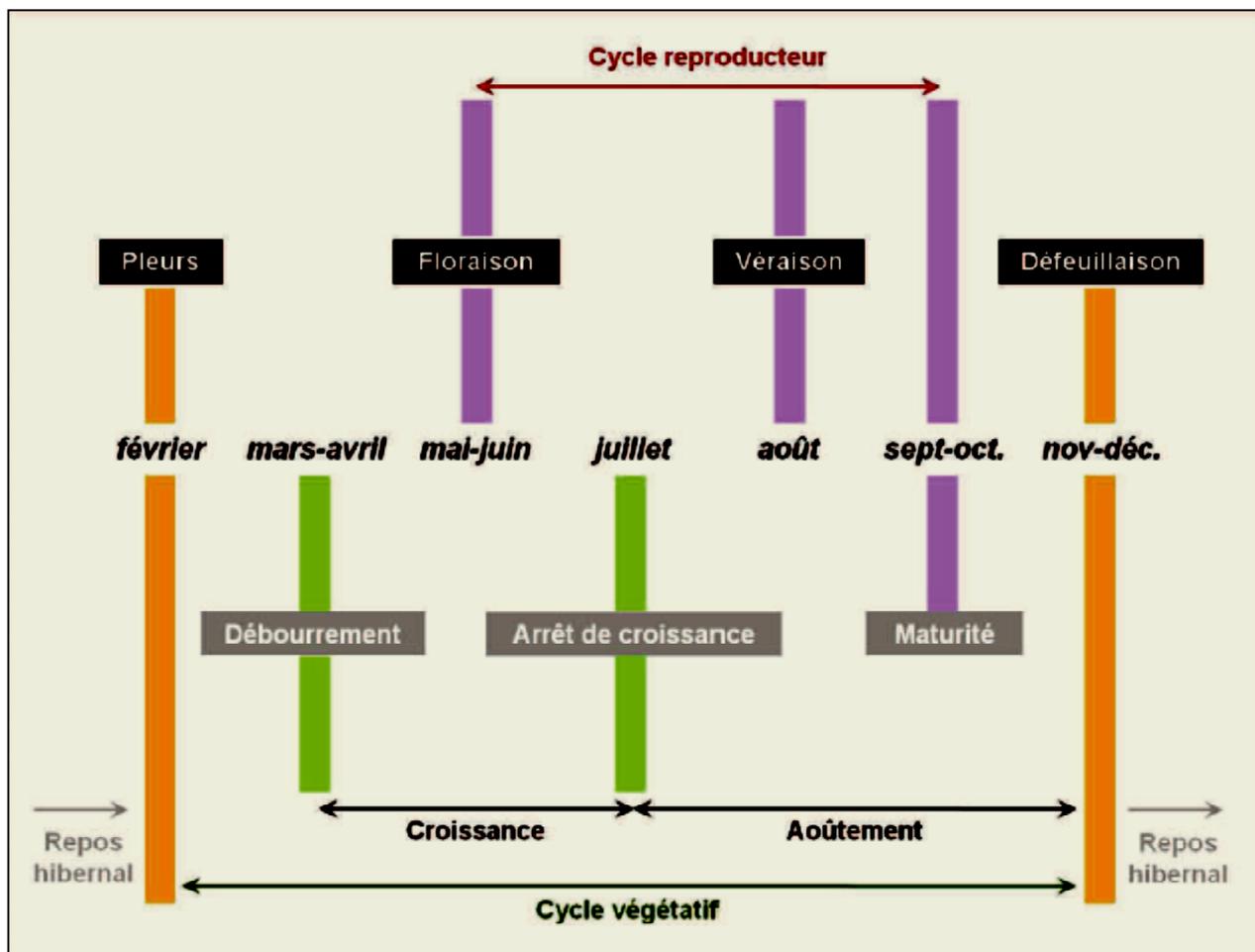


Figure 13 : Cycle végétatif et reproducteur de la vigne dans l’hémisphère Nord. Dans les régions tempérées, la vigne possède un rythme de croissance discontinu avec l’alternance de périodes de végétation et des périodes de repos (d’après Galet, 2006).

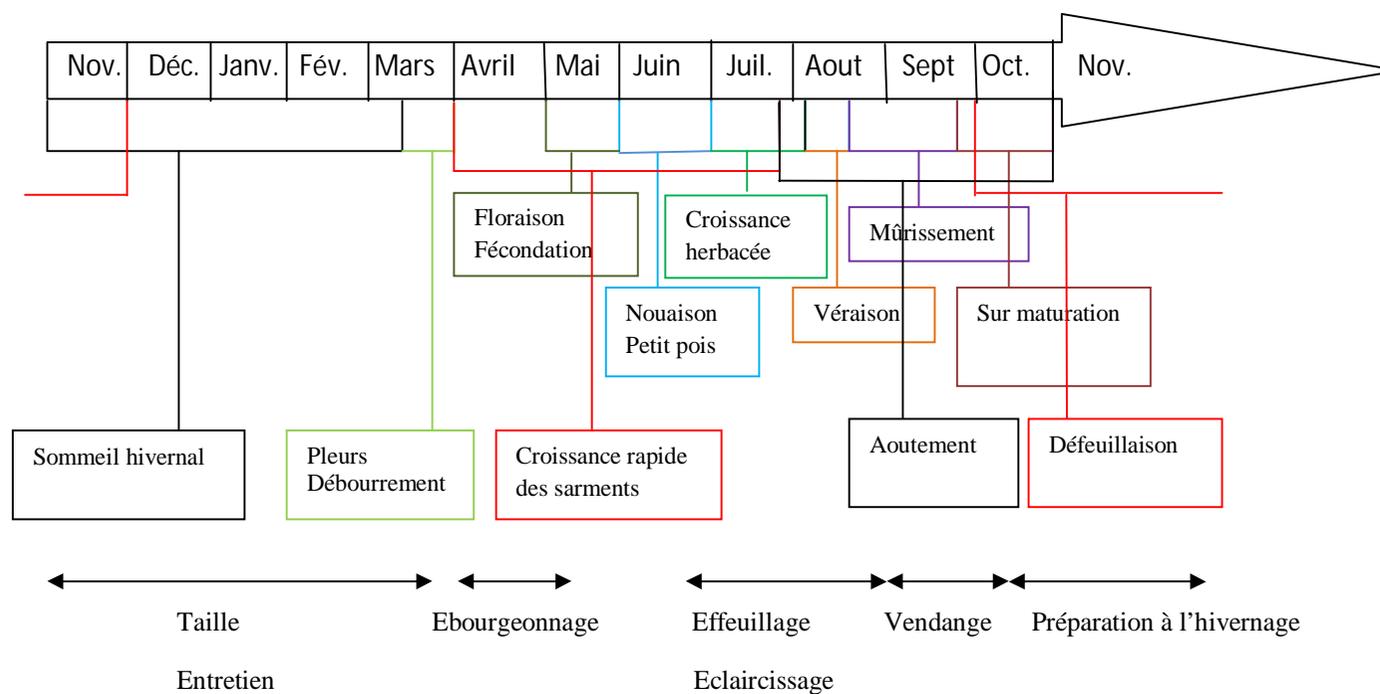


Figure 14: Cycle phénologique de la vigne et périodes de réalisation des principaux travaux selon Maugé (2010).

1-10-Contraintes et exigences de la vigne

La vigne est sujette à une multitude de stress de nature abiotique et biotique. Parmi les facteurs abiotiques, on trouve notamment les températures extrêmes, les gelées, les carences ou les excès en éléments minéraux essentiels ou toxiques.

Les végétaux sont également au contact de nombreux microorganismes tels que les champignons, les bactéries et les virus, dont certains sont pathogènes.

- ❖ La vigne est une espèce qui préfère les climats semi arides et subtropicaux avec des étés secs et chauds sans précipitation et des hivers frais (Coombe , 2000).

Les principales exigences de la vigne sont :

- Température : la température moyenne annuelle ne doit pas être inférieure à 9°C .l'optimum se situe entre 11-16°C ; le maximum est sensiblement plus élevé. La vigne gèle vers -2.5°C en période de végétation. Un plant bien acclimaté peut supporter, lorsque le froid s'installe progressivement, des températures au dessous de - 10°C, mais à partir de -18°C, le plant est détruit (Galet, 1991). Les températures très élevées qui dépassent 42° C grillent la vigne.
- Ensoleillement : Galet (1993) affirme que la vigne exige des climats lumineux car ses fleurs nouent mal à l'ombre ou par temps brumeux, elle demande au moins 1200h pendant la période végétative. Les années de grande insolation donnent des raisins sucrés, peu acides et inversement.
- Précipitation: la vigne se contente de 300mm/an de pluie bien répartie. C'est ainsi que dans les sables de Sfax, Mangonnat (1964) *in* Galet (2000) a observé des vignes supportant pendant 3 années consécutives 100 mm d'eau / an pour une pluviométrie moyenne de 200mm/an.
- ❖ La vigne est une espèce qui s'adapte à tous types de sols, seulement il est essentiel que ceux-ci reposent sur des sous-sols perméables à l'eau (Gallet, 2000).

Pour maximiser la production, le sol doit être labouré, irrigué, fertilisé et le plant taillé.

2- Changement climatique et microenvironnement et Conséquences sur la vigne :

Le changement climatique en cours (Intergovernmental Panel On Climate Change, 2007) modifie sensiblement l'environnement de la vigne. On observe une augmentation de la température annuelle moyenne, du rayonnement solaire et de la concentration de CO₂ dans l'air.

Depuis 1950, la température environnante a augmenté dans la majorité des vignobles mondiaux. L'effet de la poursuite de cette augmentation sera probablement très différent suivant les variétés et les régions : les vignobles européens en particulier risquent de dépasser la température optimale pour la maturation (Jones et *al.*, 2005). L'augmentation de la température provoque une accélération de la phénologie dans divers vignobles français. Ceci a notamment été observé en Alsace depuis 1972 (Duchêne et Schneider, 2005). Des modèles prédisent un avancement du débourrement de 6 à 11 jours en 2020 et un avancement de la récolte supérieur à 15 jours en 2030 et jusqu'à 45 jours en 2050 en Australie (Delluc, 2004). Des observations faites en Australie ont montré un avancement de la maturité de 0,5 à 3 jours par an entre 1993 et 2006. Cet avancement est corrélé avec le changement de température pour le Cabernet Sauvignon et le Chardonnay, mais pas pour le Syrah (Shiraz) (Reynier, 2007). Une simulation de l'évolution des stades de développement de Syrah prédit un avancement de la floraison d'environ 1 mois pour une augmentation de 4°C dans la région montpelliéraine. Une simulation réalisée pour les cépages Riesling et Gewurztraminer prévoit qu'en Alsace, la véraison sera avancée de 23 jours par rapport aux années 1976 à 2008 pour la fin du 21^{ème} siècle (Duchêne et *al.*, 2010). Dans tous les cas, la véraison sera déplacée et la maturation aura lieu pendant une période plus chaude. La température avance le débourrement des bourgeons dormants, la croissance des rameaux et le développement de la surface foliaire, et elle augmente aussi la vigueur des rameaux latéraux pour toute la saison de croissance (Kappel, 2010).

3-Méthodes de caractérisation et d'identification des variétés de vigne :

La grande variabilité phénotypique des cépages a permis leur distinction sur la base des clés ampélographiques. Ces clés de détermination regroupent les descripteurs morphologiques permettant l'identification des variétés et servent de référence pour les professionnels de la filière vitivinicole.

Jusqu'au XIX^e siècle, les descriptions de vignes ont été très succinctes et les auteurs de publications mentionnaient surtout les aptitudes des cépages. Au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, pour lutter contre les maladies et les parasites importés d'Amérique, il fallut rechercher les vignes résistantes et il devint nécessaire de savoir reconnaître les cépages par le feuillage ou par les fruits. A cette époque on pensait que les organes herbacés n'étaient pas suffisamment stables, de

sorte que les ampélographes s'intéressaient presque uniquement qu'à la description des grappes et baies. (Galet, 1998).

Par la suite, différents auteurs se sont intéressés pour l'ampélogométrie qui consiste en l'étude et la définition de la forme des feuilles de vigne à l'aide de mesures quantitatives linéaires ou angulaires (Boursiquot, 1989). D'importants travaux sur les possibilités offertes par l'ampélogométrie ont été réalisés grâce à l'utilisation des données par des traitements informatiques et statistiques modernes.

En Algérie ; selon Isnard (1951) la première étude descriptive des cépages autochtones a eu lieu à Tlemcen entre 1848, 1860, par Salamon, suivi par les travaux de Leroux en 1894, sur les cépages locaux de la région de Blida puis par Pullia (1898) et Trabut (1899) et en 1971 Levadaux et *al*, ont émis un travail intitulé (ampelographie).

Le développement des technologies moléculaires a ouvert de nouvelles possibilités en matière d'identification variétale. Ainsi, les marqueurs moléculaires semblent présenter un intérêt particulier pour des plantes hautement hétérozygotes telle que la vigne. En effet, les études réalisées (Delarze et *al*, 2009) ont montré que, du fait de leur fort polymorphisme, les marqueurs RAPD et microsatellites sont d'excellents outils pour la caractérisation du polymorphisme génétique.

1- Le développement de la baie de raisin

Au cours de la saison, la vigne puise de l'eau et des sels minéraux du sol. Elle exerce une activité photosynthétique au niveau de ses feuilles. Les photo-assimilats vont être transformés en une série de nouveaux composants dans la baie du raisin. La capacité à transformer les photo-assimilats en molécules diverses change suivant le stade de développement du fruit (Inra-ENSMA-Montpellier, 2004).

1-1- Morphologie

Le raisin est une baie charnue constituée d'un péricarpe et de graines appelées pépins (Figure.15). Le péricarpe se compose d'un exocarpe appelé pellicule et d'un mésocarpe appelé pulpe. La pellicule comprend la cuticule formée de cires lipidiques, les cellules de l'épiderme (8 à 10 couches de cellules isodiamétriques de 6,5 à 10 μm de largeur) et les cellules de l'hypoderme (10 à 12 couches de cellules de 100 à 250 μm de largeur) (*in* Kappel, 2010). La pulpe est constituée de 25 à 30 couches de cellules, ces cellules s'agrandissent pour atteindre une taille de 400 μm à la fin du stade de maturation (Carbonneau et *al.*, 2007).

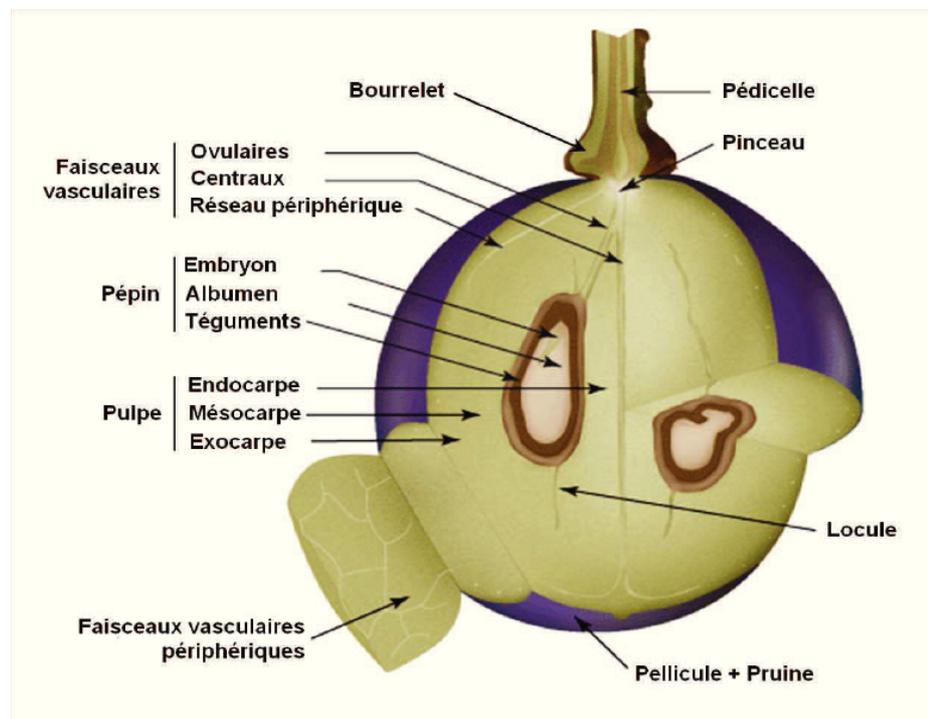


Figure 15 : Représentation schématique d'une baie (Kennedy, 2002)

A maturité, la pulpe représente 90 à 95% du poids du raisin, ses cellules possèdent des vacuoles représentant 99% de leur volume remplies majoritairement d'acides organiques et de

sucres (Reynier, 2007). Le mésocarpe comprend aussi un endocarpe, une fine couche de cellules délimitant les loges carpellaires qui contiennent les pépins. Les pépins sont constitués d'un embryon et d'un albumen.

1-2-De l'anthèse à la fécondation

La pollinisation des fleurs de vigne est principalement autogame, la pollinisation par le vent n'est bien sûr pas à exclure. D'une manière générale, toutes les fleurs d'une inflorescence ne se transforment pas en baie. En effet, quelques jours après la floraison, le pédicelle d'un certain nombre de fleurs, se détache de la rafle au niveau d'une zone d'abscission (Lacomagne, 2010), dont la formation n'est pas encore bien connue. Cependant, elle pourrait résulter de problèmes de biologie florale ou de phénomènes de compétitions trophiques ou hormonales entre les différentes baies (Carbonneau et Ollat, 1993).

Dans le cas contraire, une fois fécondé au niveau de l'ovule, l'ovaire commence à se développer. Le nombre maximal d'ovules fécondables est de quatre. Toutefois, il est rarement atteint et en général le nombre de pépins obtenus par baie est de deux. Ce défaut de fécondation s'explique par des malformations des ovules (Deluc, 2004). Qui, dans les cas extrêmes, vont entraîner un développement parthénocarpique du fruit avec soit la présence d'ébauche de pépins (apyrénie sténospermique). Soit l'absence totale de pépins (apyrénie corinthienne). Dans ce dernier cas, la baie reste beaucoup plus petite que la baie normale au moment de la récolte. On parle alors dans ce cas de baie millerandée.

La période de développement de l'ovaire correspond à l'entrée dans la période dite de Nouaison. Cette période permet de déterminer le taux de nouaison qui correspond au nombre d'ovules fécondés par grappe de raisin. Ce dernier est très variable et dépendra entre autres du nombre de fleurs ayant subi une abscission (Villa, 2005). Par ailleurs, il variera aussi en fonction des génotypes, des conditions environnementales et l'alimentation de la vigne. Lorsque ce taux de nouaison est fortement réduit par rapport à la moyenne, on parle alors de coulure (Koundouras, 1999).

2-Croissance et métabolisme de la baie

La croissance des baies de raisin s'effectue selon deux sigmoïdes successives (Figure 16) ayant chacune des caractéristiques distinctes (Coombe, 1992; Coombe et *al.*, 2000). L'analyse du développement et du métabolisme de la baie de raisin met en évidence une succession de trois phases qui s'étalent sur tout le cycle reproducteur (Floraison-vendanges)

(Coombe, 1992). La phase I correspond à la période de la division et de grandissement cellulaire qui suit la fécondation. Elle est suivie par la phase II qui correspond à une période de croissance limitée précédant le début de la maturation. Elle est appelée aussi phase de latence. La dernière phase ou phase III du développement quant à elle, à une période de grandissement cellulaire. Entre la floraison et le début de la maturation, la baie a un fonctionnement de type herbacé (Coombe et *al.*, 2000). La phase de maturation débute à un moment crucial du développement de la baie connue dans la pratique viticole sous le nom de véraison. L'entrée dans cette phase de maturation n'est pas homogène pour toutes les baies d'une même rafle ; ce qui explique les hétérogénéités observés en terme de développement (Coombe, 1992).

Au cours de cette étape, Plusieurs solutés s'accumulent et atteignent des niveaux maximums tels que les acides tartrique et malique (Kennedy, 2002). La fin de cette période se caractérise par un ralentissement de la croissance de la baie. Les baies sont alors dures, vertes, grossissent peu et présentent une certaine activité photosynthétique. Ces composés accumulés sont distribués au niveau de la pulpe et de la pellicule ; ils jouent un rôle important dans la réaction du brunissement et ils représentent des précurseurs à la synthèse des phénols volatils (Inaki et *al.*, 2005).

2-1-La phase de développement herbacé :

La phase herbacée débute à la floraison et peut durer jusqu'à 60 jours (Huglin et Schneider, 1998). Cette première phase correspond à la formation de la baie et à la production des pépins (Cadot et *al.*, 2006). Les pépins atteignent presque leur taille finale. La croissance est déterminée par le nombre de pépins, certaines phytohormones, les relations source-puits et les conditions climatiques (Ollat et *al.*, 2002). La croissance est due aux divisions et aux grandissements cellulaires. La plupart des divisions se font avant l'anthèse, les dernières divisions se faisant en partie périphérique jusqu'à 40 jours après l'anthèse (Coombe, 1960). Le grandissement commence 10 à 15 jours après fécondation et se poursuit jusqu'à la fin de la phase herbacée (Cadot et *al.*, 2006). Pendant toute cette période, la baie est verte, acide et amère. Elle présente une activité photosynthétique significative et produit donc un peu de sucres. Mais pour couvrir ses besoins métaboliques, elle importe grâce à la sève phloémienne du saccharose produit dans les feuilles (Reynier, 2007). L'eau est majoritairement importée par le xylème (Ollat et *al.*, 2002). A ce stade, la concentration en hexoses est inférieure à 150 mM (Coombe et Dry, 2005). Plus de 20 acides organiques sont présents dans la baie de raisin

(Galet, 1998). Les plus importants sont l'acide malique et l'acide tartrique qui s'accumulent dans le mésocarpe, et qui représentent jusqu'à 92% des acides organiques totaux. L'acide tartrique, très important pour la qualité du vin, s'accumule en début de phase herbacée ; l'acide malique qui sera consommé par les levures lors de la fermentation alcoolique (Conde et *al.*, 2007) s'accumule en fin de phase herbacée. Des acides hydroxycinnamiques, des tannins (Huglin et Schneider, 1998) et de faibles quantités d'acide citrique et d'acide succinique sont également présents (Conde et *al.*, 2007). Le pH et la qualité du vin sont affectés par la quantité totale d'acides organiques, le rapport acide tartrique/acide malique et la quantité d'ions de potassium. Il y a également accumulation de minéraux (Cadot et *al.*, 2006), d'acides aminés (Reynier, 2007), de micronutriments et de méthoxypyrazines (Kennedy, 2002). A la fin de la phase herbacée, la croissance ralentit pendant 10 à 20 jours, la teneur en chlorophylle diminue, et les baies commencent à se pigmenter.

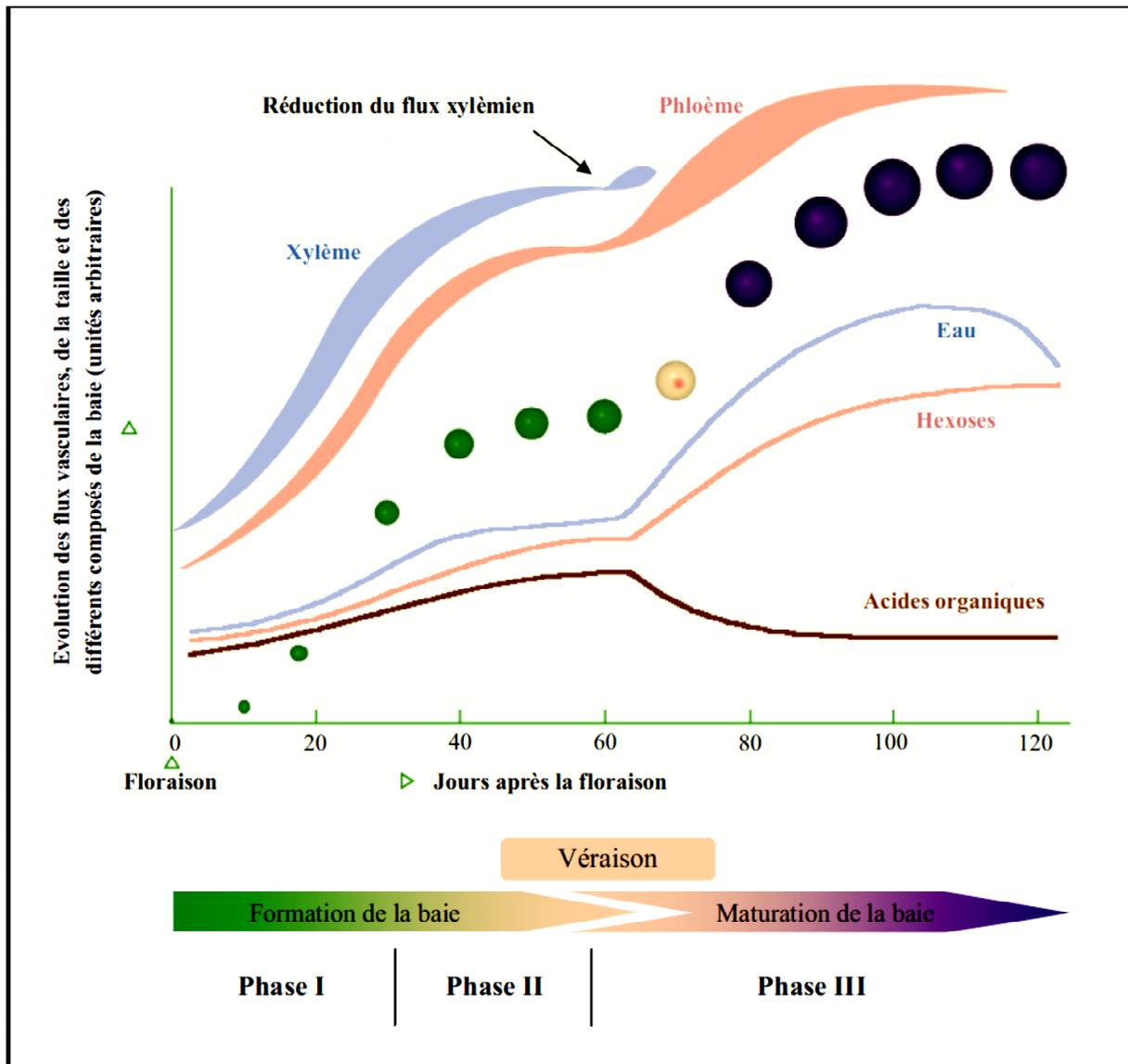


Figure 16: Schéma représentant l'accumulation relative de l'eau, des hexoses et des acides organiques dans la baie de raisin au cours de son développement (Kennedy, 2002).

Passage de la phase végétative (berry formation) à la maturation (berry ripening) en passant par une phase de latence juste avant la véraison. Les événements majeurs de développement sont illustrés dans des cadres verts : nouaison (setting), division cellulaire dans le péricarpe (pericarp cell division), phase de latence (lag phase), véraison (Veraison), maturité (Engustment). L'axe des abscisses indique les jours après floraison.

La concentration du jus des baies en sucres est donnée en dessous en degrés Brix. La taille relative et la couleur des baies sont montrées à intervalles de 10 jours. Les périodes

principales d'accumulation de métabolites sont indiquées dans le cadre gris. Les flux en provenance du xylème (Xylem) et du phloème (Phloem) sont indiqués sous forme de courbes suivant la croissance des baies (*in* Kappel, 2010).

2-2-La phase de maturation :

La phase de maturation débute avec la véraison. Elle est accompagnée de changements physiologiques très importants. Les baies ramollissent et leur composition chimique change. Le volume de la baie augmente de façon importante, du fait du grandissement cellulaire. En effet, la taille des cellules augmente 2 à 3 fois du début à la fin de cette phase (Kennedy, 2002; Harris *et al.*, 1968). La baie devient un véritable organe puits (Ollat *et al.*, 2002). La pulpe accumule de grandes quantités d'eau et de sucres. Les sucres sous forme de saccharose proviennent de la photosynthèse foliaire et sont importés par le phloème via la voie apoplasmique (Simon, 1974). Ils sont ensuite hydrolysés par des invertases et stockés sous forme de glucose et fructose.

Les acides aminés s'accumulent également en quantités importantes (Kennedy, 2002), alors que l'acidité diminue. Cette diminution est due à une consommation d'acide malique pour la respiration (Conde *et al.*, 2007), et à une dilution due au grossissement de la baie (Reynier, 2007). Dans la pellicule, on observe la présence de plastides et de nombreuses mitochondries développées témoignant d'une activité métabolique intense, et les composés flavonoidiques s'accumulent. Les méthoxypyrazines sont dégradées par la lumière (Kennedy, 2002). Les tanins, qui sont oxydés dans les pépins, sont modifiés dans la pellicule et leur taille augmente (Carbonneau *et al.*, 2007). Des arômes ou des précurseurs d'arômes terpéniques s'accumulent dans la pulpe et la pellicule.

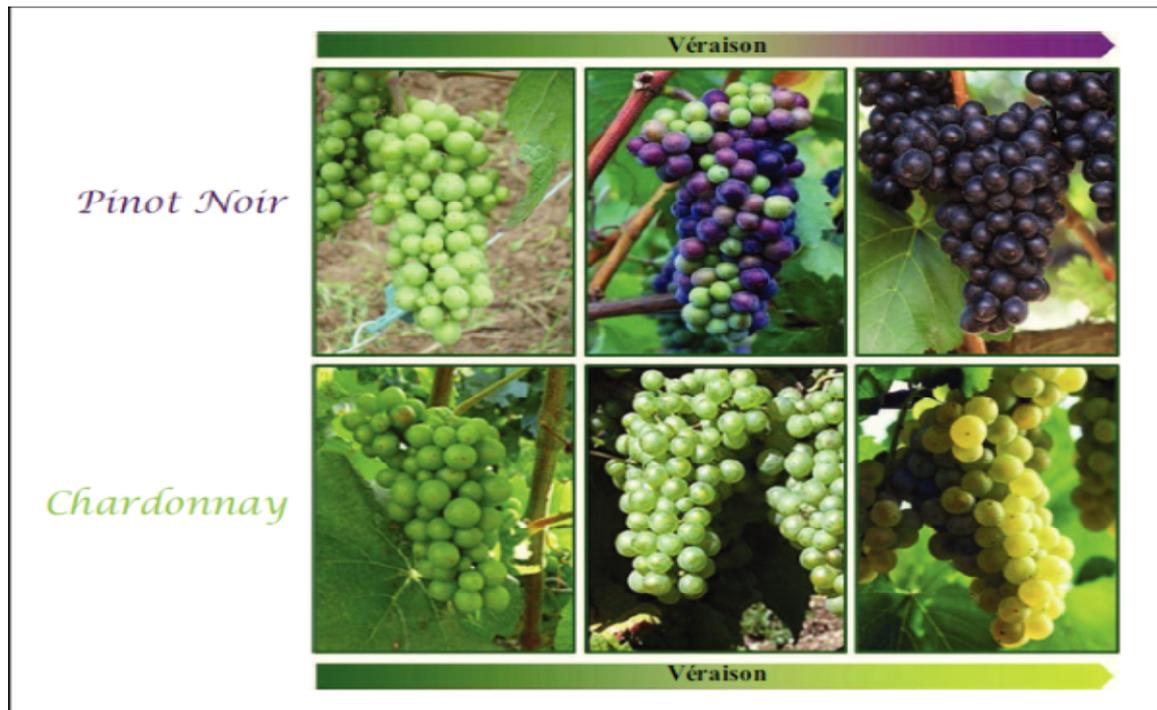


Figure 17: Evolution de la couleur des baies au cours de la véraison. Chez les cépages rouges comme Pinot Noir, l'évolution de la couleur s'observe facilement au moment de la véraison : les baies passent du vert au noir. Chez les cépages blancs comme Chardonnay, la véraison est visuellement moins évidente : les baies s'éclaircissent et deviennent translucides.

Tableau 02 : Evolution des baies de raisins pendant les quatre phases de croissance (Champagnol *et al.* 1984).

	Phase herbacée	Véraison	Maturation	Surmaturation
Critères phénologiques	Croissance de la rafle et du grain, coulure, nouaison, grossissement de l'ovaire, divisions cellulaires (stade I du développement de la baie)	Changement de structure de la baie (stade II de la croissance) : ramollissement du fruit, augmentation du volume des grains, changement de couleur, arrêt de croissance de la rafle	Lignification des rafles et des sarments (aoûtéme), fin de grossissement des grains, augmentation progressive de la capacité germinative des pépins (stade III)	Flétrissement des baies et chute du poids frais, Abscission des fruits, installation de la pourriture noble selon les cas
Critères biochimiques et physiologiques	Grappe chlorophyllienne (rafle et grains), teneur en sucres des baies inférieure à 20 g L ⁻¹ , teneurs en acides organiques maximales, teneur en tanins et dérivés hydroxycinnamiques élevées, synthèse de protéines dans les baies	Perte de la chlorophylle des baies, accumulation de pigments épidermiques (anthocyanes et flavonols), de sucres, de précurseurs aromatiques synthétisés, diminution de l'acidité, synthèse et accumulation d'acides aminés	Accumulation de métabolites (sucres jusqu'à 300 g L ⁻¹), eau, synthèse ou dégradation des substances (acides organiques), synthèse des anthocyanes glycosylées et acylées, de précurseurs d'arômes (liés et libres), de protéines	Arrêt de la fonction puits par les baies, concentration des baies (perte d'eau), dégradations, liquéfaction progressive des pectines

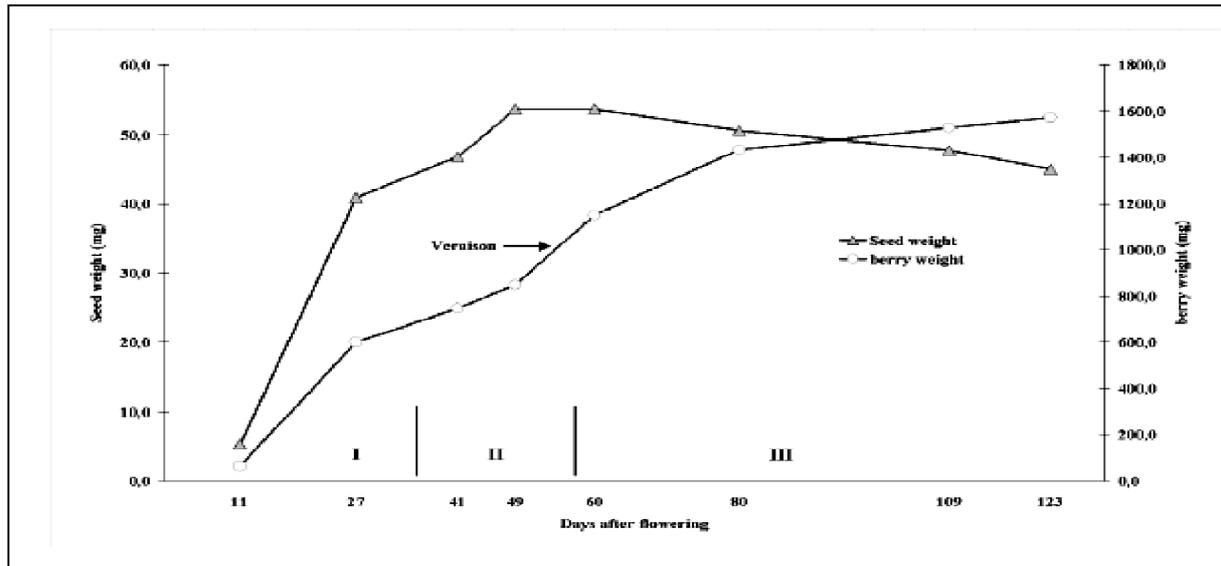


Figure 18: Evolution de la masse des pépins et de la baie durant le développement de la baie. (I) phase de croissance herbacée ; (II) véraison ; (III) maturation. (Cadot *et al* 2006).

3-Régulation hormonale

La phase herbacée. De la fécondation à la nouaison, les hormones produites par les pépins ou par les tissus maternels contrôlent la division et l'expansion cellulaire. Les hormones intervenant au cours de la phase herbacée sont surtout les auxines, les cytokinines et gibbérellines. La concentration en auxines est maximale juste après l'anthèse et faible pendant le reste du temps. L'application d'auxine exogène retarde la maturation (Ribereau-Gayon, 1971). La synthèse des gibbérellines bioactives présente un pic dans les fleurs (Simon *et al.*, 2006).

3-1-La phase de maturation

La vigne est un fruit non climactérique, contrairement aux fruits climactériques comme la banane ou la tomate qui produisent un pic d'éthylène au cours de la maturation. Le contrôle hormonal de la maturation de la baie semble être lié à une combinaison de signaux plutôt qu'à une hormone particulière (Coombe *et al.*, 2004). Trois hormones sont surtout impliquées : l'ABA, l'éthylène et les brassinostéroïdes.

***Acide abscissique : ABA.** L'ABA s'accumule dans les baies après la véraison (Coombe *et al.*, 2004) et sa concentration diminue un peu quand la baie est mûre (Cadot, 2007). Il semble jouer un rôle déterminant dans le contrôle de l'accumulation des sucres (Coombe et Hale, 1973; Conde *et al.*, 2007). Un retard de l'accumulation d'ABA est corrélé avec un retard similaire dans l'accumulation de sucres (Chevalier *et al* 2006). L'ABA induit la transcription d'un régulateur transcriptionnel contrôlant l'expression d'un transporteur d'hexoses (Maugé,

2010), celle d'une protéine kinase stimulant l'expression de plusieurs transporteurs d'hexoses et celle d'une invertase acide (Pan et *al.*, 2005; Giribaldi et *al.*, 2010 in Kappel, 2010). L'ABA stimule aussi l'accumulation de composés phénoliques (Lacampagne et *al.*, 2009). Un déficit hydrique entraîne une augmentation de sa concentration dans les baies. Des transcrits liés à sa synthèse ont été identifiés dans des baies en cours de maturation (Delluc et *al.*, 2007; Pilati et *al.*, 2007). Une étude protéomique suggère que l'ABA agirait par le biais de protéines impliquées dans le processus de maturation, comme ADH2, XET et des enzymes de la biosynthèse des anthocyanes (Maugé, 2010).

***Éthylène** : L'éthylène est présent à un niveau faible tout au long de la maturation de la baie, mais un pic mineur de synthèse peut être détecté au stade pré-véraison. Une déficience en éthylène limite l'augmentation du diamètre de la baie (Maugé, 2010), alors qu'une application d'éthylène à la véraison la stimule en provoquant une élongation des cellules. L'éthylène interviendrait également dans la diminution de l'acidité et l'accumulation de saccharose (Chervin et *al.*, 2006 in Kappel, 2010). Il augmente l'accumulation d'anthocyanes et affecte le développement des saveurs et des arômes de la baie (Kennedy et *al.*, 2002).

La sensibilité à l'éthylène change au cours de la maturation (Coombe et *al.*, 2004), et elle augmente quand la teneur en auxines baisse.

***Brassinostéroïdes** : La teneur en brassinostéroïdes augmente après la véraison et un traitement par les brassinostéroïdes accélère la maturation. Lorsque leur synthèse est inhibée, le développement de la baie est retardé de façon significative. Les profils d'expression de plusieurs gènes de leur voie de biosynthèse sont parallèles à l'accumulation de brassinostéroïdes en début de la phase de maturation (Simon et *al.*, 2006).

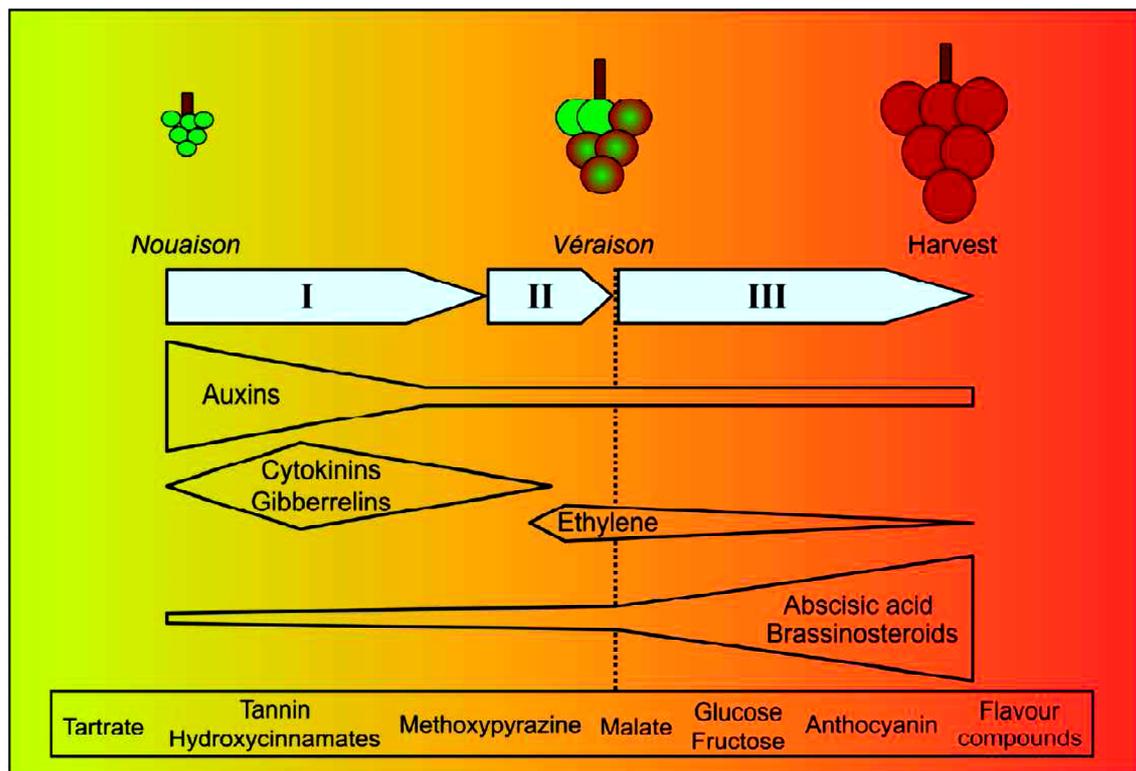


Figure 19: Schéma représentant la régulation hormonale au cours du développement du raisin (Conde et *al.*, 2007) de la nouaison à la récolte (Harvest).

La phase herbacée est représentée par les parties I et II, la phase de maturation par la partie III. Le contenu en hormones est donné en unités arbitraires pour indiquer l'évolution relative de chaque composé.

4-Changement dans le rapport acides/sucres de la pulpe

L'accumulation des sucres à la véraison peut apparaître comme la modification la plus significative au cours du développement de la baie de raisin. Malgré l'augmentation du volume du grain, la teneur en sucres croît ce qui implique que ceux-ci affluent vers la baie plus vite que l'eau qui assure l'augmentation de volume (Champagnol, 1984). En fin de véraison, la quantité de sucres initialement contenue dans la baie en début de véraison peut avoir triplé. Importé des organes sources par le phloème sous forme de saccharose, celui-ci est clivé en hexoses ensuite accumulés dans la vacuole des cellules du mésocarpe. Vingt jours après la véraison, la concentration en hexoses dans la baie peut ainsi atteindre 1 M avec un rapport glucose/fructose de 1. Le déchargement des sucres dans la baie ne s'arrête que vers la fin de la maturation (Maugé, 2010).

Alors que l'acidité des baies est maximum juste avant la véraison, cette période est également caractérisée par la modification du rapport acides/sucres. L'acidité totale des grains de raisin diminue. Plus de 90% de l'acidité des raisins est attribuable aux acides tartrique et malique auxquels il convient d'ajouter secondairement l'acide citrique. L'acide tartrique, peu répandu dans le règne végétal, est l'acide le plus fort du raisin dans lequel on le trouve en quantité abondante. Son métabolisme est lent et il est accumulé sans subir de profondes transformations. Ne considérant que ses teneurs initiale et finale, la concentration en acide tartrique dans la baie est généralement considérée constante au cours de la maturation. L'acide malique, très répandu dans le règne végétal, est le principal acide organique de nombreux fruits. Durant la maturation du grain de raisin, c'est-à-dire à partir de la véraison, sa dégradation est plus intense que sa synthèse et que les migrations vers la grappe ce qui induit une diminution plus ou moins rapide de sa concentration.

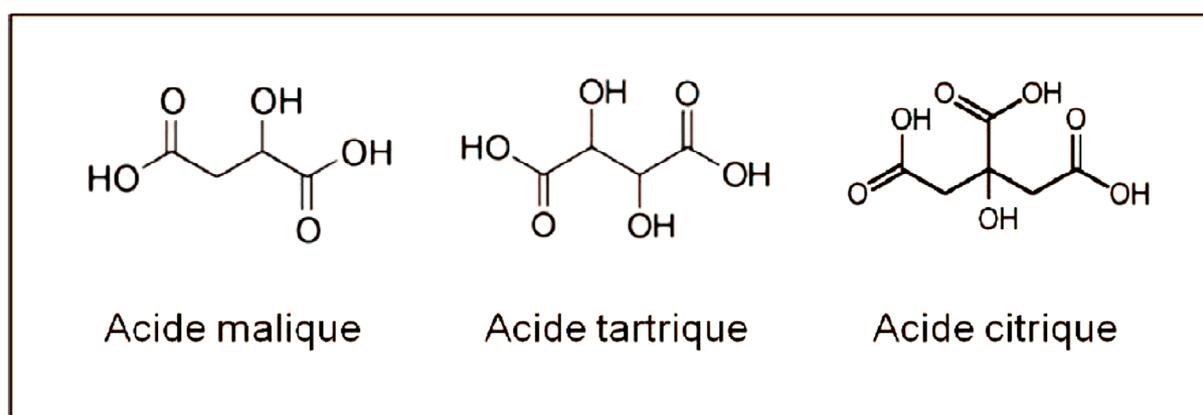


Figure 20 : Structure des acides principalement responsables de l'acidité des raisins.

***Changement dans le potentiel aromatique des baies**

La baie accumule également des composés aromatiques appartenant à diverses familles chimiques et souvent présents en faible quantité dans la pellicule des raisins. Sous l'action de levures ou bactéries, des composés non volatils et non odorants (sucres, acides aminés...) peuvent donner naissance à des alcools, esters, aldéhydes qui peuvent réagir entre eux et ainsi participer à l'arôme fermentaire. Des composés volatils libres et odorants comme les terpénols et alcools terpéniques (linalol, géraniol, nérol, ho-triéanol, citronellol et terpinéol) participent à l'arôme libre du raisin. D'autres substances peu volatiles et inodores peuvent également libérer des molécules odorantes spécifiques d'un cépage sous l'action des enzymes du raisin

et des levures, constituant l'arôme lié qui sera révélé lors de la fermentation par les levures (Conde et *al.*, 2007).

5-Les composés phénoliques au cours du développement de la baie

Issus de la voie de biosynthèse des phénylpropanoïdes qui intervient dans la biosynthèse de plusieurs familles de métabolites secondaires, les composés phénoliques sont synthétisés suite à la condensation d'une molécule de Coumaryl CoA avec trois molécules de malonyl CoA. Les composés phénoliques sont des composés importants de la baie de raisin qui englobent à la fois des molécules dites **flavonoïdes** (anthocyanes, flavonols, tanins), caractérisées par un squelette carboné en C₆-C₃-C₆ et des molécules dites **non flavonoïdes** comme les stilbènes correspondant à un squelette carboné de type C₆-C₂-C₆ in Delluc (2004).

5-1-Les composés dit non-flavonoïdes, les stilbènes

Ce sont des composés phénoliques légèrement différents des flavonoïdes car ils présentent un squelette en C₆C₂C₆. Différentes formes existent qui dépendent des substitutions présentes sur ce squelette. On peut en trouver des formes aglycones tel que le resvératrol, des formes glycosylées comme les picéïdes ou l'astringine, ou encore des stilbènes spécifiques à la Vigne comme la Viniférine.

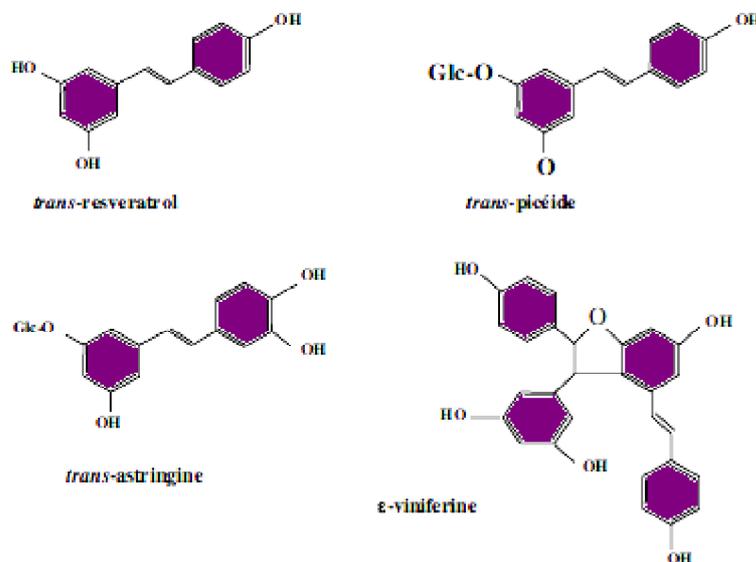


Figure 21 : Structure chimique de quelques stilbènes (Coombe et Hale, 1973).

Ces composés sont synthétisés dans différentes parties de la plante, baie, rafles et feuilles. Dans la baie, ils se trouvent plus particulièrement au niveau de la pellicule. Leur biosynthèse a lieu principalement au début du développement du fruit (phase I) puis diminue fortement au moment de la véraison. Ces composés présentent un intérêt majeur à deux points de vue. D'une part, ils joueraient un rôle dans la défense de la plante vis à vis des agents pathogènes. D'autre part, ils joueraient un rôle dans la santé humaine (*in Divol, 2004*).

En effet, les stilbènes sont assimilés à des phytoalexines, molécules dont les propriétés biocides (antifongiques, antibactériennes ...) ont été démontrées *in vitro*. La synthèse de ces composés est induite en réponse à des éliciteurs biotiques dans les feuilles de Vigne. Ainsi, *Botrytis cinerea*, *Plasmopora viticola*, agent du mildiou favorise la production de stilbènes chez la vigne (Davaux, 2001). Il faut noter que le resvératrol, un des stilbènes majoritaire de la baie a été démontré comme un des composés majeurs de la défense chez la vigne (Johnson, 1990). Plus récemment, la surexpression du gène codant la stilbène synthétase dans des vignes transgéniques a permis d'augmenter la résistance à *Botrytis cinerea*. Des analyses *in vitro* et *in vivo* ont démontré le rôle prépondérant du méthyl jasmonate, connu pour être une molécule de signalisation dans le cadre des mécanismes moléculaires d'interaction plante-pathogènes, sur l'induction de la biosynthèse des stilbènes (*in Divol, 2004*).

Les stilbènes, et ceci a été démontré en particulier pour le resvératrol, ont également un impact important sur la santé mais cette fois-ci humaine. Le resvératrol a une action fluidifiante sur le sang s'opposant à l'aggrégabilité plaquettaire qui, dans certains cas, est source de formation de caillot sanguin. Il a, de plus, une puissante action anti-oxydante envers les lipoprotéines de faibles densité (LDL) qui véhiculent le «mauvais cholestérols», réduisant ainsi les risques de dépôt de cholestérol sur les parois des artères (processus initiateur de la formation de plaques d'athéromes à l'origine des infarctus et des accidents vasculaires cérébral) (Delluc, 2004).

5-2-Les composés flavonoïdes du raisin

5-2-1-Structure et propriétés générales

Les flavonoïdes sont caractérisés par une structure en C6-C3-C6 (Figure 22). Ils se différencient par rapport à la position et au degré d'hydroxylation et de saturation des différents noyaux. Chaque composé est caractérisé par une absorption dans le domaine des UV. Dans le raisin, trois principaux types de flavonoïdes sont accumulés, les flavonols, les Anthocyanes et les tanins (Gomez et *al.*, 2004).

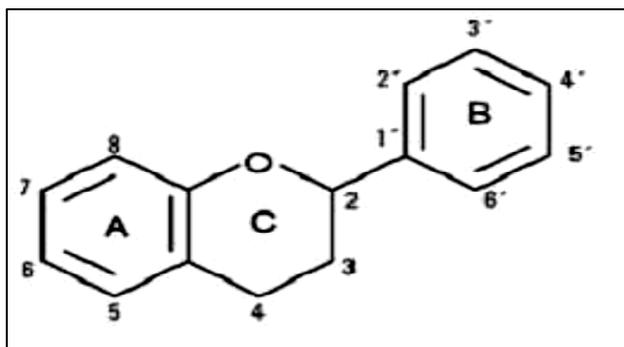


Figure 22 : Structure de base des flavonoïdes

5-2-1-1-Les anthocyanes

a-Structure et classification

Le terme «anthocyanes» a été créé par Marquart (1835) à partir des mots grecs anthos (fleur) et kyanos (bleu) pour désigner certains pigments végétaux. Elles font partie des composés dit flavonoïdes avec un squelette carboné de base $C_6-C_3-C_6$ commun à l'ensemble des flavonoïdes.

Les anthocyanes regroupent l'ensemble des anthocyanidols ou anthocyanes aglycones et de leurs hétérosides, les anthocyanines. Les anthocyanidols sont composés de deux noyaux benzènes A et B qui encadrent un hétérocycle (C3) oxygéné. Ce sont des dérivés du phényl-2-benzopyrylium ou flavylum. Ils ne diffèrent les uns des autres que par la nature des radicaux R1 et R2 du noyau phénolique latéral B (Maugé, 2010).

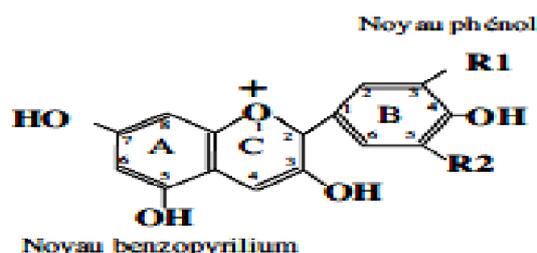


Figure 23 : Structure des anthocyanes (*in* Delluc, 2004).

La couleur des anthocyanes dépend de leurs structures chimiques et des conditions du milieu, notamment du pH. En solution aqueuse, la plupart des anthocyanines sont rouges à faible pH, mauves à des pH élevés et perd leur couleur pour des pH intermédiaires. La

variation de leur structure en fonction du pH est une particularité de ces molécules. Les changements de couleur sont dus à des équilibres chimiques entre les différentes formes chimiques prises par ces molécules. Avec le pH, les co-pigmentations intermoléculaires et intramoléculaires sont également des facteurs impliqués dans l'intensité de la coloration des anthocyanines. De plus, la nature des radicaux R1 et R2 du noyau phénolique peut être à l'origine de la variation de couleur des pigments. Ainsi, les formes hydroxylées donneront une couleur bleue alors que les formes méthoxylées donneront une couleur mauve.

Tableau03 : Effets de la nature des radicaux sur la couleur des anthocyanes
(Davaux, 2001)

	R1	R2	Couleur à pH<1
Cyanidol (Cy)	OH	H	Orange-Rouge
Delphinidol (Dp)	OH	OH	Violet
Pétunidol (Pt)	OCH ₃	OH	Violet
Péonidol (Pn)	OCH ₃	H	Rouge
Malvidol (Mv)	OCH ₃	OCH ₃	Violet

b-Répartition chez la Vigne

On dénombre à l'heure actuelle, 16 anthocyanines (Tableau 04). Leur synthèse a lieu dans les feuilles, les tendrons et la baie. Elles sont responsables du changement de couleur des baies lors de la véraison et de celui des feuilles à la fin du cycle végétatif. Ainsi dans la baie, la synthèse des anthocyanes se caractérise par une rapide augmentation de leur teneur à la Véraison suivie d'une phase de stabilisation précédant une diminution de leur concentration en fin de maturation (Lacampagne et *al.*, 2009).

Dans la plupart des cépages noirs, les anthocyanes sont localisés principalement dans les trois ou quatre premières assises de l'hypoderme de la baie, et parfois dans la pulpe (cépages teinturiers) (Maugé, 2010).

Tableau 04: Liste des principaux anthocyanes que l'on retrouve dans la baie de raisin (Delluc ,2004).

Composés	R1	R2	R3
3 β-D-glucoside de delphinidol	OH	OH	Glu
3 β-D-glucoside de cyanidol	OH	H	Glu
3 β-D-glucoside de pétunidol	OCH ₃	OH	Glu
3 β-D-glucoside de péonidol	OCH ₃	H	Glu
3 β-D-glucoside de malvidol	OCH ₃	OCH ₃	Glu
3 β-D-(6-acétyl glucoside) de delphinidol	OH	H	Ac-Glu
3 β-D-(6-acétyl glucoside) de cyanidol	OH	OH	Ac-Glu
3 β-D-(6-acétyl glucoside) de pétunidol	OCH ₃	H	Ac-Glu
3 β-D-(6-acétyl glucoside) de péonidol	OCH ₃	OCH ₃	Ac-Glu
3 β-D-(6-acétyl glucoside) de malvidol	OCH ₃	OCH ₃	Ac-Glu
3 β-D-(6- <i>p</i> -coumaroyl glucoside) de delphinidol	OH	OH	Cou-Glu
3 β-D-(6- <i>p</i> -coumaroyl glucoside) de cyanidol	OH	H	Cou-Glu
3 β-D-(6- <i>p</i> -caffeoyle glucoside) de malvidol	OCH ₃	OCH ₃	Caf-Glu
3 β-D-(6- <i>p</i> -coumaroyl glucoside) de pétunidol	OCH ₃	OH	Cou-Glu
3 β-D-(6- <i>p</i> -coumaroyl glucoside) de péonidol	OCH ₃	H	Cou-Glu
3 β-D-(6- <i>p</i> -coumaroyl glucoside) de malvidol	OCH ₃	OCH ₃	Cou-Glu

Dans les cépages blancs, bien que les précurseurs des anthocyanes soient présents, l'inactivité de l'expression du gène codant l'UDP glucose-flavonoid 3-*O*-glucosyltransférase, dénommée UFGT, et qui est à l'origine de la transformation de leucoanthocyanidols non colorés en anthocyanidols colorés, a pour conséquence qu'aucune coloration n'est détectée dans la baie (Maugé, 2010).

D'une manière générale, les anthocyanes sont stockées dans les vacuoles. La quantité et la composition en anthocyanes présentes dans les raisins noirs ou rouges varient au cours du développement mais également en fonction de certains paramètres comme les conditions climatiques. Elles varient aussi en fonction de la région de production. L'éclairement différentiel des grappes a aussi une influence sur les compositions en anthocyanes (Kennedy *et al.*, 2000 ; Kennedy *et al.*, 2001).

Par contre au sein des cépages rouges, les anthocyanes ont des teneurs qui semblent évoluer de la même manière dans les baies au cours du développement du fruit quelque soit le cépage. Les anthocyanes représentent avec les tanins l'un des plus importants groupes de constituants du raisin mais aussi du vin. Elles interviennent de manière prépondérante comme

les tanins à l'établissement des critères organoleptiques qui déterminent à la fois la qualité d'une baie de raisin mais aussi celle du vin (Inaki, 2005).

D'une manière générale, les compositions en anthocyanidols varient d'une espèce à l'autre, dans le genre *Vitis*, le cyanidol et la péonidol étant prédominantes dans les espèces *V. lincecumii*, *V. aestivalis* et *V. coriacea* alors que la cyanidol et la pétunidine sont prédominantes dans *V. riparia* et *rupestris*. Toutefois, dans la plupart des variétés de Vigne à cépage rouge, les cinq anthocyanidols les plus représentés dans le règne Végétal sont retrouvés: le malvidol, le pétunidol, le delphinidol, le cyanidol et le péonidol. Au niveau des cultivars, la principale anthocyanine (anthocyanidol glycosylé) chez le Cabernet Sauvignon, la Syrah, le Pinot noir et le Merlot est le 3- glucoside de malvidol (Maugé, 2010).

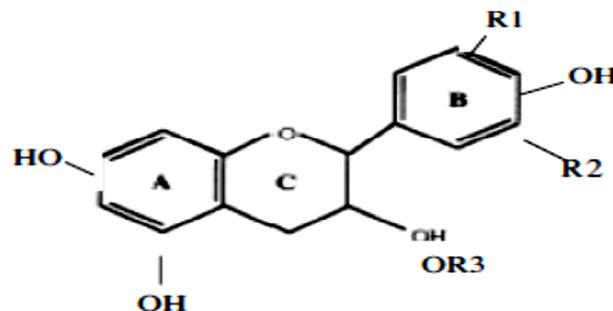
5-2-1-2-Les tanins

a-Structure :

Les tanins sont composés des métabolites polyphénoliques ayant des poids moléculaires compris entre 500 et 3000 et scindés en deux sous-familles (Figure24):

***Les tanins hydrolysables** qui sont des molécules complexes qui sont considérés comme des non flavonoïdes (ellagitannins, gallotannins) (*in* Delluc, 2004).

***Les tanins condensés** qui font partie de la famille des flavanols. Seulement, cette dernière famille est présente chez la Vigne. Ils résultent de la polymérisation de molécules élémentaires $(C_6C_3C_6)_n$ qui possèdent la structure générale des flavonoïdes dont les plus importants sont les flavanols-3 et les flavanediols 3,4 (Figure 25). Les plus connus sont les oligomères appelés procyanidols correspondant à la condensation de deux à cinq unités monomériques de type catéchine, épicatechine, épigallocatechine, etc..., (Kennedy, 2006).



Tanins condensés

Figure 24 : La structure des tanins condensés (Maugé, 2010).**b-Répartition dans la Vigne**

Ces composés sont surtout localisés dans la pellicule, les pépins mais aussi la rafle. Dans le pépin, ils se localisent dans les enveloppes externes. Alors que dans la pellicule, ils sont localisés dans les couches externes de l'hypoderme (Reynier, 2007). Les tanins sont stockés sous forme d'amas dans les vacuoles et dans la paroi des cellules (Amrani-Joutei et *al.*, 1994).

Les principaux flavanols monomères de la baie de raisin sont la catéchine, la gallocatéchine, l'épicatéchine et l'épigallocatéchine (Kennedy et *al.*, 2000) avec une évolution différente au cours du développement de la baie qui sera fonction du tissu. Ainsi, dans la pellicule, la période d'accumulation s'étale sur une période comprise entre le stade petit pois et 1 à 2 semaines après la Véraison.

La période principale d'accumulation des tanins dans les pépins a lieu immédiatement après la formation du fruit avec un maximum observé autour de la Véraison (Peynaud, 1997). Si au niveau des pépins, les différences entre les cépages blancs et noirs sont très atténuées, les compositions en tanins au niveau de la pellicule sont différentes (Amrani-Joutei et *al.*, 1994). Bien que fortement étudié pour leur rôle essentiel dans la stabilité du vin, le rôle biologique des tanins auprès de la plante n'a pas fait l'objet de nombreuses études. Toutefois, un certain nombre d'éléments suggèrent qu'ils aient des propriétés biocides limitant, dans certains cas, la propagation des pathogènes dans la baie de raisin (Peynaud, 1997).

5-2-1-3-Les flavonols**a-Structure**

Comme les anthocyanes, ces molécules présentent un squelette carboné de type C₆-C₃-C₆. Ils se distinguent des anthocyanes par la présence d'une radicale cétone en position 4 du noyau C (Figure 25). Parmi les trois flavonols les plus présents chez la baie de raisin (quercétine, myricétine et kaempferol), la forme glycosylée en C3 de la quercétine est majoritaire (*in* Kappel, 2010).

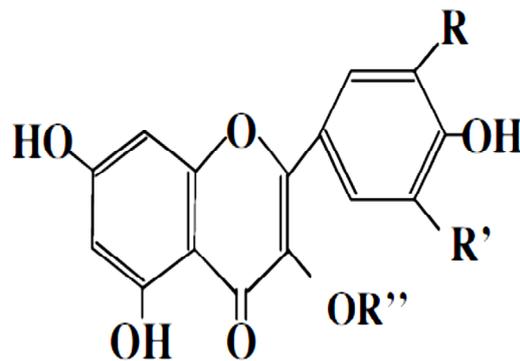


Figure 25 : La structure des flavonoles (Peynaud, 1997).

b-Répartition chez la Vigne

Bien que des traces de 3-glucoside de kaempferol aient été détectées dans les fleurs de la Syrah, ce composé a tendance à disparaître dans les baies au cours des phases précoces du développement. Aucune présence n'a été observée dans les graines et la pulpe.

En ce qui concerne les autres organes, les flavonols sont aussi détectés dans les bourgeons, les tiges, les inflorescences, les anthères et les feuilles (Maugé, 2010).

D'un point de vue tissulaire, les flavonols sont synthétisés dans l'épiderme supérieur de la baie et comme les anthocyanes, elles sont stockées dans les vacuoles (Navarre, 1994). Cependant, les plus fortes teneurs en flavonols sont observées dans les fleurs avec une tendance à la baisse jusqu'à la formation du fruit. Puis les teneurs restent relativement constantes au cours du développement avant d'augmenter à partir de la véraison corrélant fortement avec le profil d'expression des gènes structuraux codant deux isoformes de la flavonol synthase, dont les niveaux d'expression sont observés seulement pendant la floraison et après la Véraison (Maugé, 2010).

Leur accumulation confère des avantages écologiques et physiologiques majeurs (Koes et al., 1994; Harborne et Williams, 2000; Winkel-Shirley, 2002; Dixon et al., 2005 in Divol, 2004). Leur accumulation peut être induite par divers agents biotiques ou abiotiques comme une blessure, une attaque de pathogène, une carence en minéraux et nutriments, un rayonnement d'ultraviolets et une lumière élevée associée à des températures froides (Maugé, 2010). Les flavonoïdes apportent également des avantages adaptatifs pour les interactions plantes-insectes. Les flavonoïdes (anthocyanes et flavonols) participent activement à la

coloration des fleurs et des fruits (Amrani-Joutei et *al.*, 1994). La coloration des fleurs faciliterait leur attraction par les insectes pour la pollinisation.

5-3-Evolution d'autres molécules

D'autres pigments colorés sont présents dans les baies de raisin. Plusieurs études ont montré la présence de caroténoïdes (Maugé, 2010).

Dans une baie mature, ces caroténoïdes, localisés dans l'épiderme (Peynaud, 1997), voient leur concentration diminuée au cours du mûrissement. Une compétition de précurseurs communs (Acétate et Mévalonate) entre les flavonoïdes et les caroténoïdes pourraient être à l'origine de la disparition de ces derniers au cours de la maturation.

D'autres composés comme les isoprénoïdes (monoterpènes et damascenone) sont également présents et joueraient un rôle dans l'établissement des arômes et des saveurs du vin. Ces composés sont présents au cours du mûrissement dans les plastes du péricarpe (Hardie et *al.*, 1996). L'accumulation de ces molécules, contribuant à l'arôme de la baie, est caractérisée une augmentation très forte de composés aromatiques libres et glycosylés au cours des stades avancés du mûrissement quand les glucides augmentent dans la baie (Coombe et *al.*, 1997).

6- Les facteurs déterminant la qualité des raisins

La qualité du raisin peut être caractérisée et définie par l'ensemble des constituants de la baie extractibles par la vinification, qui sont responsables de la composition et de la typicité du vin.

Pour un cépage donné, cette qualité ne peut s'exprimer que si les conditions de la maturation sont bonnes et si l'état sanitaire de la vendange est parfait (Coombe et *al.*, 1997).

Plusieurs paramètres jouent un rôle important pour la détermination de la composition du raisin. Dans ce contexte, nous pouvons citer le climat comme étant le premier facteur et l'un des principaux acteurs dans la viticulture. Il influence le cycle de développement de la vigne, notamment pendant la maturation des raisins, la récolte pouvant être de bonne ou mauvaise qualité selon le climat. Le climat est caractérisé par les facteurs température, précipitation et ensoleillement. Le succès d'un millésime est étroitement lié aux conditions climatiques. Les conditions climatiques souhaitables sont celles d'un ensoleillement intense, des températures plus basses pendant la nuit et plus élevées le jour, qui favorise l'accumulation des précurseurs d'arômes, des pluies faibles ou même absentes aux alentours

des vendanges, permettant un bon état sanitaire des raisins, sans la présence du champignon *Botrytis cinerea*. Ce champignon est responsable de la pourriture grise, un facteur de qualité négative pour les vins blancs et rouges secs, mais aussi responsable de la pourriture noble, facteur de qualité positive pour les vins blancs liquoreux de l'appellation Sauternes dans le Bordelais et d'autres en France, en Hongrie, en Allemagne et Autriche, entre autres le sol est le deuxième facteur essentiel, dont la constitution modifie la nutrition minérale de la vigne, surtout azotée, et va jouer sur la vigueur des plantes. Un autre constituant des sols d'extrême importance est l'eau, déterminant l'alimentation hydrique du vignoble. Ces deux éléments, l'eau et l'azote, seront décisifs et déterminants pour la qualité finale des raisins. Plusieurs auteurs ont montré qu'une combinaison de deux facteurs du sol, de l'azote, plutôt en faible quantité, et de l'eau, en conditions de déficit hydrique, sont favorables pour la composition et la qualité de jus de raisins et des vins (Lacompagne, 2010).

Les pratiques culturales appliquées par l'homme sur le vignoble représentent le troisième facteur important. En général, les pratiques culturales sont utilisées pour améliorer la qualité du raisin. Par exemple, le viticulteur recherche des vigueurs de la vigne et rendements faibles, et des rapports feuille/fruit convenables, autour de 1 à 2 m² de feuilles par Kg de raisin produit (Champagnol 1984). L'œnologue choisira ensuite les différentes techniques de vinification, pour obtenir un vin de qualité et d'une typicité recherchée.

L'ensemble des facteurs climat, sol et pratiques culturales d'un domaine viticole constituent ce que l'on appelle « le terroir ». Cette notion de terroir a conduit à la création de l'appellation d'origine contrôlée (AOC) en 1935 par Joseph CAPUS.

Tableau 05: Composition du raisin souhaitable pour les différents objectifs (Peynaud 1997).

Composés	Raisin de cuve		Raisin de table		Raisin industriel (sec, jus)	
	Qualité (+)	Qualité (-)	Qualité (+)	Qualité (-)	Qualité (+)	Qualité (-)
Sucres	Fructose, glucose (Po)	Dextrane , pentoses, pectines méthylées (T)	Fructose, glucose (Po), pectates de Ca (e)	Sucre (c), pectines hydrolysées (e)	Pectates de Ca (Po), fructose, glucose (Po), hémicellulose (e)	Sucres (c), pectines, hydrolysées (e)
Polyalcool	Mésoinositol, glycérol (Po)	Mannitol (T)	Glycérol (pr)	aucun	aucun	aucun
Acides organiques	Tartrique, citrique (Po)	Malique (e)	Tartrique, citrique (e)	Malique (e)	Tartrique, citrique (e), ascorbique (Po)	Malique (e)
Substances azotées	Ammonium, glutathion, acides aminés (Po), protéines (In)	Glucoprotéines (Po), antranylate de méthyle (<i>Vitis labrusca</i> , pr), histidine (e)	Protéines enzymatiques et constitutives (Po)	Antranylate de méthyle (pr)	Protéines thermostables (Po)	Antranylate de méthyle (pr)
Substances aromatiques	Terpénoïdes (liés, libres) (Po), aldéhydes, cire	Pyrazines (IBMP)	Terpènes libres (Po)	Aldéhydes	Terpènes libres (Po)	Aldéhydes
Polyphénols	Flavonoïdes (anthocyanes, tanins, flavonols), acides phénoliques	Phénols oxydables (Po), tanins astringents (e), anthocyanes diglucosides	Flavonoïdes	Phénols oxydables (Po), tanins astringents (e), lignines (pr)	Phénols antioxydatifs (absence de laccase) (Po)	Phénols oxydables (Po), tanins astringents (e), anthocyanes (pr)
Substances minérales	K (e), P (c)	Cu, Fe (T)	K, Ca, Mg (Po)	Cu (pr)	K, Ca, Mg (Po)	Cu, Fe (e)
Lipides	Peu d'intérêt	Huiles (pr)	Acides gras polyinsaturés (Po)	aucun	Acides gras polyinsaturés (T)	aucun

Po : teneurs potentielles de la matière (variable selon l'objectif, le cépage, etc ...)

T : implication technologique (défaut, accident)

c : carence

e : équilibre

pr : présence

In : interactions dans le produit final

L'étude bibliographique a permis de montrer qu'un cépage autochtone est un concept ambivalent faisant référence au sol et à l'interaction sol-cépage, mais également, de manière plus large, faisant référence aux conditions climatiques et aux pratiques culturales (terroir).

L'objectif de ce travail est la mise en valeur de la culture des cépages de *Vitis vinifera L* autochtones mineurs dont la culture reste très limitée à quelques pieds chez des propriétaires privés en Algérie. L'étude a porté sur la caractérisation de 21 cépages autochtones du germoplasme de l'Institut régional d'Arboriculture et de Viticulture de Benchicao à Médéa ayant déjà fait l'objet d'une caractérisation moléculaire par 21 marqueurs SSR au laboratoire de l'UMR AGAP.1334.Montpellier SupAgro, INRA.

1-Présentation de la région d'étude

1-1-Situation géographique de la wilaya de Médéa

La wilaya de Médéa est située au cœur de l'Atlas Tellien, caractérisée par une altitude élevée et un relief mouvementé enserrant quelques plaines assez fertiles mais de faible extension pour s'estomper ensuite aux confins des hautes plaines steppiques, en une série de collines mollement ondulées.

La wilaya de Médéa s'étend sur une superficie cadastrale de 8700 Km² regroupant 64 communes et 19 Dairas. Elle est limitée par :

- Au Nord : la wilaya de Blida ;
- A l'Ouest : la wilaya de Ain DEFLA et TISSEMSILT ;
- Au Sud : la wilaya de DJELFA ;
- A l'Est : les wilayas de M'SILA et BOUIRA.

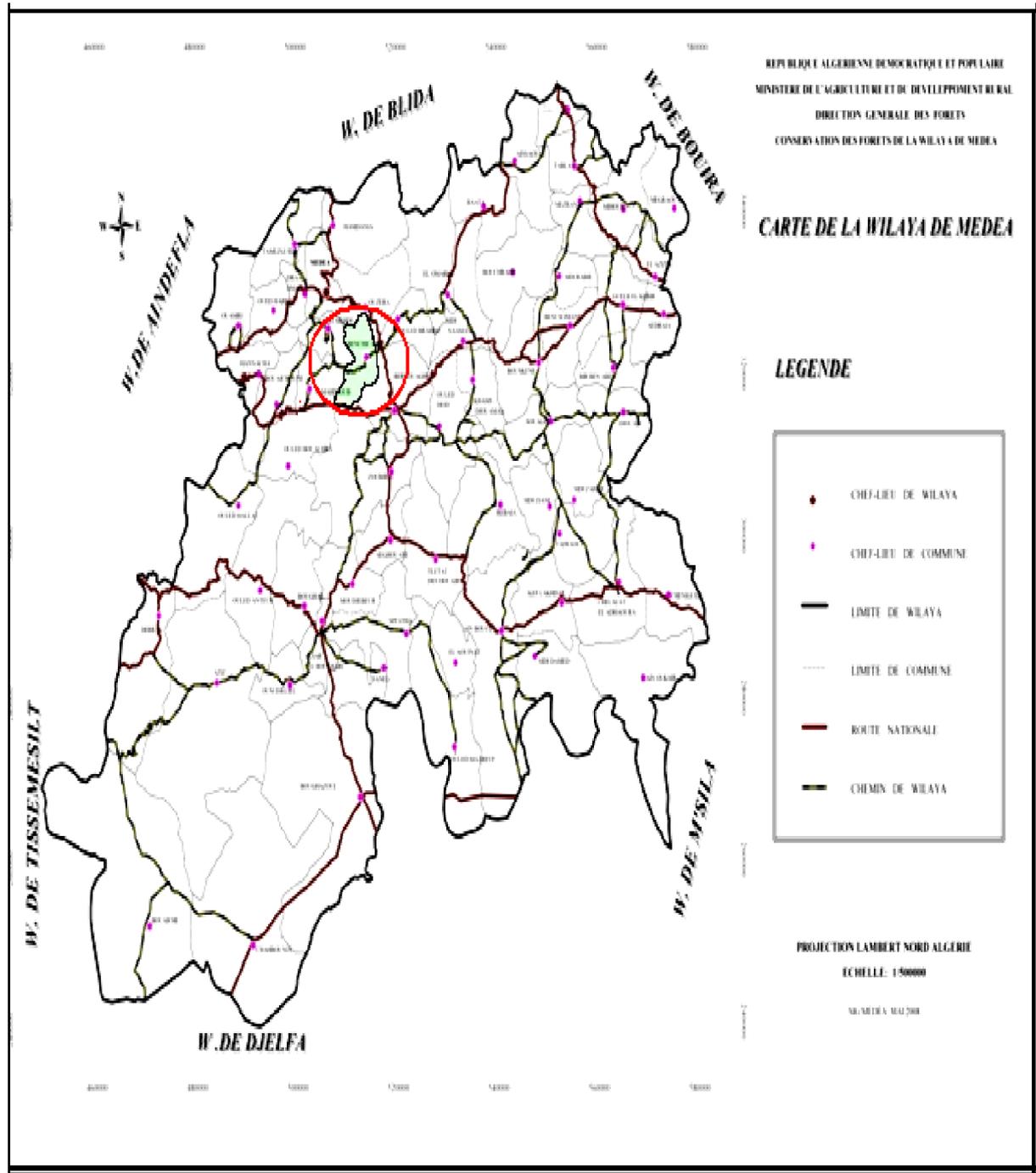


Figure 26: Répartition des différentes communes dans la wilaya de Médéa (ITAFV de Benchicao, 2008).



Figure 27 : La présentation de la commune de BENCHICAO (ITAFV de Benchicao, 2008).

La commune de BENCHICAO se situe au sud-est du chef-lieu de la wilaya de MEDEA à une distance de 22 Km. Elle est limitée au Nord par la commune OUZERA, au Sud par la commune de BERROUAGHIA, à l'Ouest par les communes de TIZI MEHDI et SI MAHDJOUR à l'Est par la commune d'OULED BRAHIM.

La ferme expérimentale est située à une altitude qui varie entre 1080 m et 1133 m, à une distance de 5 Km au Sud-ouest de BENCHICAO.

Elle occupe une superficie total de 59Km² dont la surface agricole totale (SAT) est de 4943 ha, et avec une surface agricole utile (SAU) de 3913 ha. (I.T.A.F.V de Benchicao, 2008).

1-2- Caractéristiques climatiques

La région d'étude se caractérise par un climat méditerranéen à étage bioclimatique sub-humide à hiver tempéré et pluvieux et une période sèche en été.

L'étude climatique de cette région pour une période de 33 ans (1980-2013), montre que les températures varient au cours de l'année. En hiver les températures froides enregistrées

sont en moyenne 4,80° C, et en été les températures chaudes sont de l'ordre de 26° C en moyenne. Avec des précipitations annuelles enregistrées avoisine 639,80 mm par an.

Les principales composantes météorologiques sur les quels nous avons basé pour caractériser notre région d'étude sont : la pluviométrie, les températures minimales et maximales, les gelées, la grêle, les vents, et le sirocco.

1-2-1-Les précipitations

D'après Galet (2000), la pluviométrie est un facteur très important dans la culture de la vigne, on admet qu'il faut au maximum de 250 à 350 mm de pluie bien répartie durant la période de végétation et de maturation c'est-à-dire du débourrement aux vendanges.

Selon Boudif et Zarar (1990), l'origine des pluies en Algérie est orographique, ce qui veut dire que les paramètres varient en fonction du relief, de l'orientation des chaînes des montagnes. Elles apparaissent d'une manière irrégulière au long de l'année et des saisons.

Les moyennes pluviométriques annuelles durant les trente-deux ans (1980-2012) sont de 639 mm durant la période (1980-1998), 718.90 mm durant la période (2009-2010), 960.10 mm durant la période (2010-2011), et 853.90 durant l'année d'étude. Cette évolution montre bien une irrégularité saisonnière et annuelle comment le montre la figure 28. Ce régime pluviométrique dépasse largement le minimum exigé par la vigne (350mm), donc la pluviométrie dans cette région ne constitue nullement un facteur limitant pour la vigne.

Selon Gallet (1993), les pluies printanières peuvent ne pas avoir aucune influence sur la production. Si ces pluies sont inférieures à 200 mm, elles n'offrent pratiquement aucun risque sérieux de contaminations généralisées.

Selon Villa (2005), les pluies d'été entre 80 et 150 mm sont favorables à la vigne dans la mesure où elles lui permettent de ne pas souffrir de la sécheresse et n'entravent pas la maturation des baies. Durant notre campagne la saison estivale a été plutôt sèche avec un bilan de 24 mm. Cette sécheresse ne peut être que nuisible au cycle végétatif et reproducteur, car elle conduit à une perte de vigueur de la souche et des pertes inflorescentielles sur bourgeons latents.

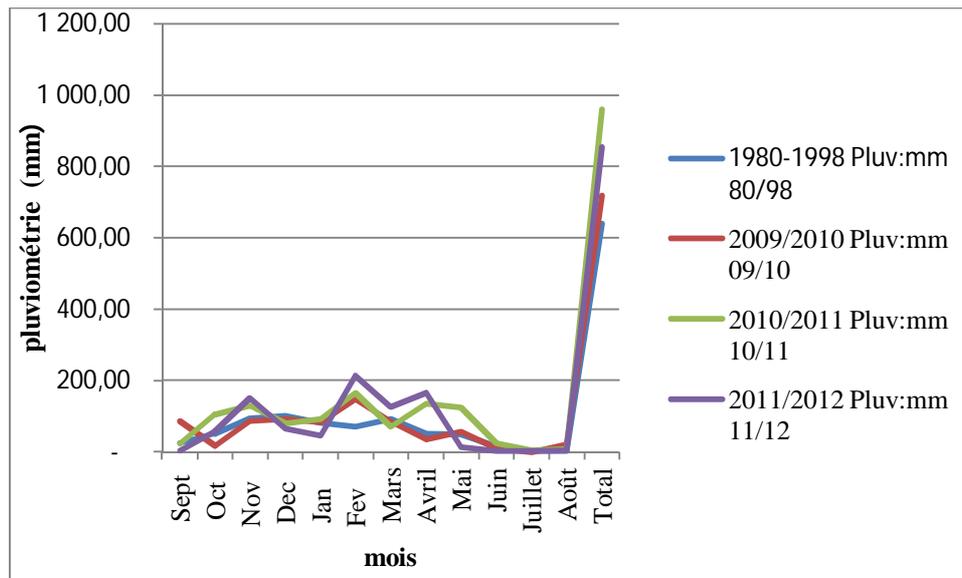


Figure 28 : L'évolution de la pluviométrie de la région d'étude de 1980 à 2012

En analysant le graphe précédent, nous constatons que :

- Le régime saisonnier des pluies est irrégulier.
- La période pluvieuse s'étale généralement de mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril pour la plupart des périodes, avec un taux de 105 mm et on remarque aussi qu'elle peut commencer très tôt (mois d'octobre) et peut s'étaler jusqu'au mois de Mars, avec un taux de 165.5 mm pour la période 2011-2012.
- La période la plus sèche dure trois mois (de Juin à Août) pour la plupart des périodes, avec un total qui varie entre 7 et 34 mm.

1-2-2-La température

Tableau 06 : Les températures moyennes de la région d'étude de 1980 à 2012.

Mois	période1980/1998			période2009/2010			période 2011/2012		
	Températures °C			Températures °C			Températures °C		
	Tmax 80/98	T min 80/98	T moy 80/98	Tmax 09/10	Tmin 09/10	T moy 09/10	Tmax 10/11	Tmin 10/11	T moy 10/11
Sept	30,20	12,00	21,10	23,60	15,7	19,65	26,50	16,4	21,45
Oct	22,50	9,20	15,85	21,00	13,30	17,15	20,30	12,50	16,40
Nov	15,70	1,80	8,75	16,20	10,30	13,25	12,10	7,70	9,90
Dec	12,10	1,20-	5,45	12,30	6,80	9,55	11,70	5,40	8,55
Jan	13,10	4,80-	4,15	9,10	5,10	7,10	10,50	4,90	7,70
Fev	15,50	3,30-	6,10	11,00	5,70	8,35	9,20	3,50	6,35
Mars	16,20	2,10-	7,05	13,60	7,00	10,30	13,30	6,10	9,70
Avril	20,50	2,60	11,55	17,30	9,80	13,55	19,90	11,40	15,65
Mai	22,30	4,00	13,15	19,20	10,60	14,90	21,00	13,10	17,05
Juin	28,50	10,20	19,35	26,30	15,70	21,00	26,30	17,00	21,65
Juillet	32,50	13,20	22,85	33,70	22,30	<u>28,00</u>	31,40	20,60	<u>26,00</u>
Août	35,30	16,60	25,95	32,00	21,20	26,60	33,60	22,10	27,85
Total	22,03	4,85	13,44	19,61	11,96	15,78	19,65	11,73	15,69

(Benchicao 2012).

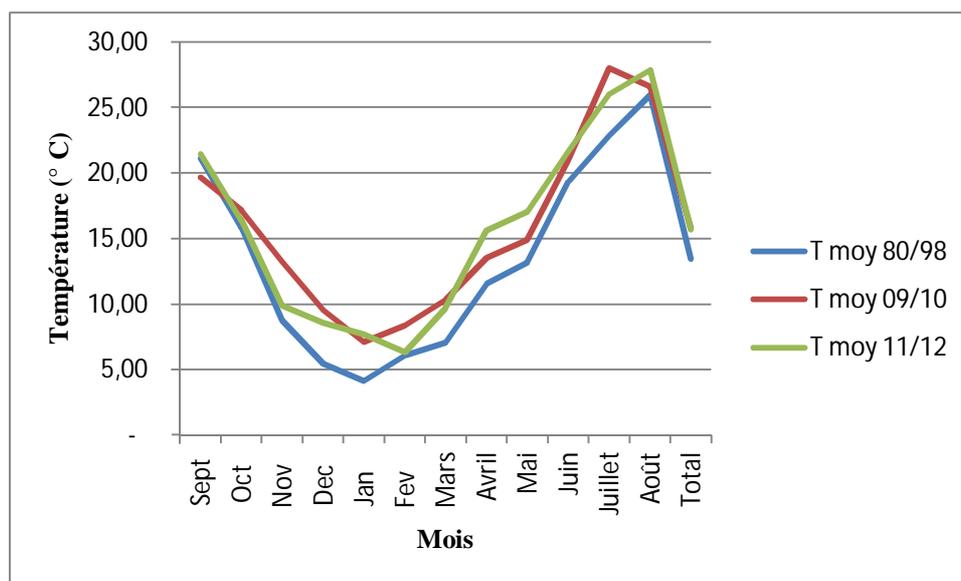


Figure 29 : Les températures moyennes de la région d'étude de 1980 à 2012

De l'analyse de ce graphe nous constatons que la wilaya de Médéa se caractérise par un climat méditerranéen avec une période hivernale froide et un été chaud et sec.

La saison chaude s'étale du mois de Juin au mois de Septembre pour deux périodes avec une température maximale de 33,60°C au mois d'Août. La saison froide s'étale du mois d'Octobre au mois de Mai avec une température minimale de 3,50°C enregistrée au mois de Février pour notre période d'étude 2011-2012.

Les températures moyennes totales de notre région est de 15,69° C. pour ce qui est des températures moyennes mensuelles enregistrées (Tableau 06), on remarque que celles-ci varient de 7,70° C durant le mois de Janvier (avec un maximum de 10,50 °C et un minimum de 4,90°C) à 27,85 °C enregistrée au cours du mois d'Aout, ce qui correspond (à un maximum de 33,60°C et un minimum de 22,10°C).

Toutefois durant le déroulement des stades phénologiques de la vigne, on peut dire que la température a connu différentes périodes d'évolutions comme le précise clairement le tableau précédent.

Ces variations de température ont eu une action quantitative sur le nombre de grappes et de fleurs formées, car plus la température moyenne est élevée pendant le cours de la différenciation inflorescentielles, plus l'intensité de la mise à fleurs est grande (Galet, 2000).

Selon Villa (2005), pendant la période de maturation, il faut des températures proches de 30°C pour diminuer la teneur en acides organiques des baies.

Chauvet et Reynier (1979), signalent que non seulement la chaleur est nécessaire à la croissance et à la fécondation, mais également la maturation exige une température et un ensoleillement suffisant à la fin d'été.

1-3-Les accidents climatiques

Les accidents climatiques tels que les gelées, la grêle, le brouillard, les vents forts et le sirocco peuvent causer d'importants dégâts à la culture de la vigne, surtout quand ils coïncident avec les périodes critiques de son développement (débourrement, croissances végétatives des organes, floraison, etc...).

1-3-1-Les gelées

Les gelées d'hiver ne sont pas redoutables pour la vigne car cette dernière se trouve en repos végétatif. Les plus néfastes sont celles sévissant au printemps. Pour cela, le choix du système de taille doit être judicieux.

1-3-2-La grêle

D'après Reynier (1991), la grêle provoque des dégâts très importants à partir de débourement.

Elle peut engendrer des dégâts considérables sur la culture par son action mécanique, par sa fréquence et son intensité sur les organes en croissance. Ces dégâts peuvent aussi conduire à des contaminations cryptogamiques.

Durant la période qui se déroule entre Janvier et Août aucune journée de grêle n'a été enregistrée.

1-3-3-Les vents

La connaissance des vents, leurs répartitions mensuelles (vitesse, fréquences et directions) est indispensable pour la création d'un vignoble.

Les vents violents du début du printemps sont dommageables en détachant les jeunes rameaux de la souche, entraînant des pertes de récoltes importantes et peuvent rendre difficile la taille de la souche l'année suivante.

1-3-4-Le Brouillard

Au totale 33 journées de brouillard ont été enregistrés de janvier à juin. Le brouillard peut gêner la floraison-fécondation et les risques de développement de maladies cryptogamiques notamment l'oïdium. Ces risques peuvent se manifester au cours du mois de mai et de juin.

Ils coïncident donc avec le stade phénologiques floraison qui se manifeste selon la différence de précocité des cépages étudiés.

1-3-5-Le sirocco

Le sirocco est un vent chaud, qui souffle du Sud ou du Sud-Ouest de Maghreb, il provoque selon Galet (2000), une élévation brusque des températures de (40 à 46°C) durant laquelle, les vignes sont soumises à une transpiration considérable et les raisins se dessèchent ou flétrissent. Aucune journée de sirocco n'a été enregistrée durant la période, de Janvier jusqu'au mois d'Août.

1-4-Diagramme Ombrothérmique de BAGNOULS et GAUSSEN

Selon Bagnouls et Gausсен (1953), un mois est sec lorsque le total des précipitations exprimé en (mm) est inférieur ou égal à deux (02) fois la température exprimé en (°C), c'est-à-dire ($P \leq 2T$).

Tableau 07 : Températures et précipitations de la campagne (2011-2012) :

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.
T°C	22,95	16,80	11,20	7,70	6,95	3,00	9,55	10,95	18,85	26,00	27,40	29,60
P (mm)	3,30	57,80	151,40	65,10	46,00	213,90	125,60	166,5	14,00	3,30	3,00	4,00

Source : ITAFV (Benchicao, 2012)

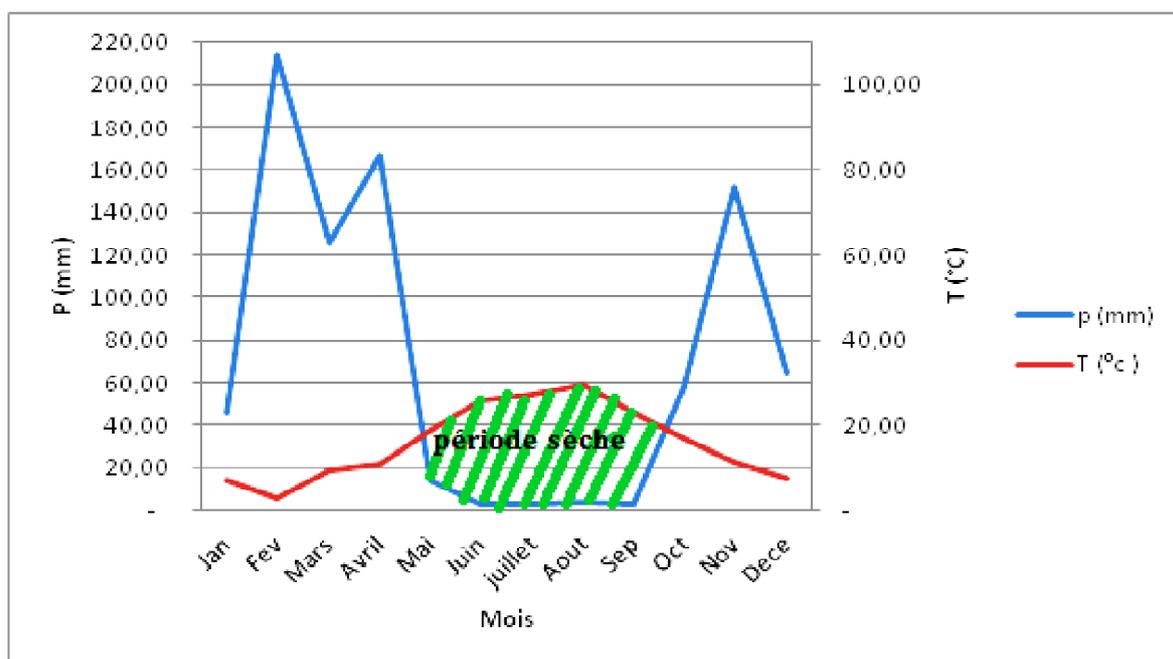


Figure 30 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la période (2011-2012).

L'examen de ce diagramme nous permet de constater que la période sèche qui caractérise la période estivale de notre campagne, s'étale de la première moitié du mois de Mai jusqu'à la deuxième moitié du mois de Septembre.

Les risques de stresse hydriques s'ils sont excessifs peuvent influencer le développement ou le déroulement des stades de la plante.

2- Caractéristiques édaphiques

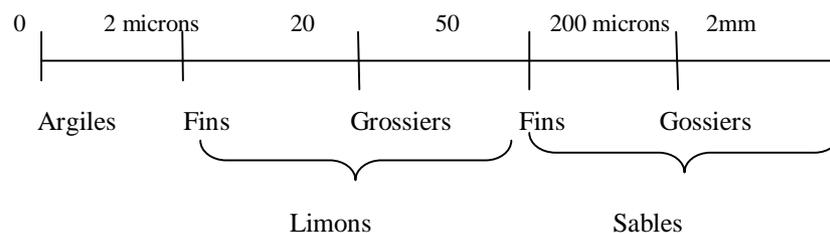
La vigne est une plante qui s'adapte à tous types de sols, mais il faut que celui-ci repose sur un sous-sol perméable à l'eau, sans excès d'humidité, ni sécheresse du sol. Pour cela une analyse de sol a été effectuée par ITFV de Médéa et les méthodes utilisées sont les suivantes :

2-1-La granulométrie

L'analyse granulométrique ou analyse mécanique consiste à séparer la partie minérale de la terre en catégories classées d'après la dimension des dimensions des particules minérales inférieures à 2 mm et à déterminer, les proportions relatives de ces catégories, en pourcentage de la masse totale du sol minéral (Mathieu, 2003).

La proposition des particules minérales du sol classées, après destruction des agrégats, par catégories de grosseurs en plusieurs fractions principales définit la texture du sol ou composition granulométrique.

Les particules minérales ont été classées selon l'échelle internationale (association internationale de la Science du sol, 1930) de la façon suivante :



*microns= 1/1 000 mm(ou micromètre).

2-2- Le pH

La mesure s'effectue à l'aide d'une électrode de verre combinée trempant dans une suspension de sol dans un rapport 1/ 5 (Sol/Eau).

2-3-Le calcaire actif

La détermination du calcaire actif concerne la fraction du calcium des carbonates qui est précipité par une solution d'oxalate d'ammonium.

Dosage de l'oxalate d'ammonium résiduel par du permanganate de potassium. Méthode Drouineau-Galet pour les teneurs en CaCO₃ actif supérieur à 13%.

3-matériel végétale

La matière première de notre travail est principalement les raisins des cépages *Vitis vinifera L* dont une large gamme d'échantillons a été sélectionnée parmi la collection de germoplasme de l'Institut régional d'Arboriculture et de Viticulture de Benichicao à Médéa.

3-1-L'échantillonnage

Qui est une étape très importante dans chaque travail qui permet :

- D'estimer avec une bonne précision et une bonne fiabilité la moyenne des principaux caractères des échantillons.
- De normaliser le prélèvement de l'échantillon en diminuant l'influence du prélèvement et du recueil d'échantillons.

3-2-Mode opératoire

Dans la vigne, il s'agit de cueillir 4 à 5 grappes bien mûres de chaque cépage sur plusieurs pieds, et de différentes expositions. En effet, les grappes les plus rapprochées de la souche sont plus sucrées que celles qui se trouvent à l'extrémité des rameaux (IFV, 2009).

D'une façon générale, les grappes les plus élevées au-dessus du sol sont les plus mûres, la sève se portant de préférence dans les sommets et dans les rameaux les plus longs.

La récolte a eu lieu le 09 septembre 2012 pour les 21 cépages. Les grappes ont été déposées dans des caisses en plastique, pour être transportées jusqu'au laboratoire où elles seront conservées dans le réfrigérateur à 4°C.

Les cépages autochtones prélevés, qui ont fait l'objet de notre étude sont les suivants:

Tableau 08 : Les cépages autochtones à étudier.

Cépages noirs	Cépages rouges	Cépages blanc
1-ABERKAN	10-AHMAR DE MASCARA	13-AHCHICHEN
2-AHMAR BENCHECAO	11-CHERCHALI	14-AIN EL BOUMA
3-AMGA	12-TOUTRISINE	15-ANEB EL KADI
4-BEZOUL EL KHADEM		16-FERRANA
5-FERRANA NOIRE		17-FERRANA DE
6-MUSCAT D'EL ADDA		MASCARA
7-TORKI		18-MUSCAT DE GUSTAVE
8-VALENCI NOIR		19-MUSCAT DE FONDOUK
09-CHAOUCHE		20-SBAA TOLBA
		21-VALENCI BLANC

4-Paramètres étudiés et méthodologie de travail

Dans le laboratoire de technologie alimentaire du département des sciences agronomiques, nous avons procédé aux différentes mesures et opérations telles que :

4-1-Le comptage

Juste après le prélèvement, on a procédé à la fastidieuse opération de comptage des baies. Il s'agit en effet de compter 100 baies de chaque cépages pour passer aux pesés.

4-2-Les pesés

a-La grappe : Déterminer le poids d'une grappe représentative de chaque cépage, prise au hasard à l'aide d'une balance électronique de précision.

b-Le poids de 100 baies : c'est la détermination de la masse des grains, en grammes. Donc cette étape consiste à peser les 100 baies prises au hasard d'un même cépage sur une balance de précision.

Les grappes millerandées n'ont pas été échantillonnées car, même en faible proportion, leurs grains peuvent modifier le poids moyen des baies sans que les conditions agropédologiques soient nécessairement impliquées.

c-La baie : ce paramètre a été étudié au même temps que les autres. Il s'agit de déterminer la masse d'une baie représentative de chaque cépage sur une balance de précision.

d-Les pépins : ils ont été isolés à partir de chaque baie, ensuite ils ont été nettoyés, et pesés (poids frais).

4-3-Le broyage

Avant de passer au broyage, on a d'abord enlevé les pépins des baies après les avoir ouvert ; pour ne pas fausser les résultats, ensuite passer l'ensemble des baies dans un fouloir manuel.

4-4-Filtration

Cette étape supplémentaire n'est utilisée que pour séparer le jus de la pulpe et des pellicules.

Le jus récupéré est conservé dans des flacons couverts de papier aluminium et étiquetés par le nom de cépage.

Se servir de ce jus pour effectuer les différentes analyses recherchées qui sont :

- ✓ Le taux des sucres totaux
- ✓ Le taux des sucres réducteur

- ✓ Le pH
- ✓ L'acidité totale
- ✓ L'acidité titrable
- ✓ Les anthocyanes
- ✓ Les tanins
- ✓ Les polyphénols totaux
- ✓ Titre alcoométrique

5-Les méthodes utilisées

Les méthodes OIV (Organisme International de Vigne et de Vin) étaient notre principale source dans ce travail pour les différents dosages chimiques effectués.

5-1-Le pH

« Le pH d'une solution est le cologarithme de sa concentration en ions hydrogène H^+ »

$$pH = \text{colog} [H^+] = -\log [H^+] = \log (1/[H^+])$$

$$\text{ou encore } [H^+] = 10^{-pH}$$

On mesure le pH par la mesure du potentiel électrique qui s'établit entre deux électrodes différentes plongées dans le milieu. Plutôt que le couple de référence platine-électrode à hydrogène, on utilise usuellement le couple électrode de verre.

La mesure du pH nécessite l'étalonnage du pH mètre (de marque INOLAB) par deux solutions tampons 7.0 et 4.0 ou 10.0. On immerge l'électrode rincée à l'eau distillée puis séché au papier absorbant dans le bêcher contenant approximativement 20 ml du jus de raisin.

5-2-Les sucres réducteurs (AFNOR, 1986 ; OIV, 2011)

Les sucres réducteurs ont la propriété de réduire à chaud et en milieu alcalin le sulfate de cuivre de couleur bleue en oxyde cuivreux qui donne un précipité rouge brique.



Cette méthode permet de quantifier la teneur en sucres réducteurs mais ne constitue pas une méthode très précise.

Il s'agit de connaître le volume de solution sucrée nécessaire pour décolorer une solution de liqueur de Fehling, à laquelle on a ajouté deux à trois gouttes de bleu de bromothymol, et qui est constamment maintenue à l'ébullition. Ce volume est en raison inversement proportionnel à sa richesse en sucre.

*-L'expression des résultats

La quantité de sucres réducteurs est donnée par la formule suivante :

$$SR \text{ (g/l)} = \frac{240}{V*(V1-0,05)} * 10$$

Où : V= Volume de l'échantillon de jus, soit 20 ml

V1= Volume de filtrat en ml ayant réduit la liqueur de Fehling.

5-3-Les sucres totaux (AFNOR, 1986 ; OIV, 2011)

a-Mode opératoire

Dans ce dosage, l'échantillon est préalablement hydrolysé par une solution de HCl concentrée, on titre la solution de Fehling de la même façon que précédemment par le filtrat (2) jusqu'à l'apparition d'une couleur marron cuivrée.

Lire le volume (V₂) de filtrat (2) utilisé dans la titration.

b-L'expression des résultats

La quantité de sucres totaux du jus est de :

$$ST \text{ (g/l)} = \frac{500}{V*(V2-0,05)} * 10$$

Avec= V: Volume d'échantillon, soit 20 ml

V2 : chute de burette en ml.

NB : On a aussi utilisé la réfractométrie pour déterminer le taux de sucre, en utilisant un réfractomètre gradué en matière sèche, qui donne une lecture en gramme de sucre/100grammes de jus et grâce au tableau de correspondances on détermine le taux de sucres en g/l.

***La teneur en saccharose** a été calculée comme suit :

$$T \text{ Saccharose (g)} = (S T - S R) * 0.95$$

5-4-L'acidité totale (OIV, 2011)

« L'acidité totale est la somme des acidités titrables lorsque l'on amène le vin à pH 7.0 par addition d'une liqueur alcaline. L'acide carbonique et l'anhydride sulfureux libre est combiné ne sont pas compris dans l'acidité totale».

Les résultats sont exprimés en milliéquivalents par litre (még/l), à 2 még/l près, soit environ 0.1 g/l en H₂SO₄.

Plus usuellement, ces résultats sont exprimés en g d'H₂SO₄/l (France), en g acide tartrique/l (RFA, Espagne) ou autres acides organiques.

Elle est obtenue par la neutralisation des acides contenus dans le jus des raisins pour une décimale de soude (NaOH), l'acidité du raisin est exprimée en g/l d'acide sulfurique, qui est obtenue pour une prise d'essai de 5 ml de jus, 5 ml d'ED plus quelques gouttes de BBT.

Le résultat est exprimé comme suit :

$$\text{AT(en acide sulfurique)} = \frac{n \cdot 1000 \cdot 49}{5 \cdot 10 \cdot 1000} = 0.98 \text{ n g (H}_2\text{SO}_4\text{/l)}$$

5-5-L'acidité titrable (AFNOR, 1986 ; OIV, 2011)

L'acidité de la boisson est due principalement à l'acide citrique. L'acidité titrable est la somme des acides minéraux et organiques libres.

a-Principe

Il consiste en un titrage avec une solution NaOH en présence de phénolphaléine comme indicateur coloré.

b-Mode opératoire

- ✓ Prélever 5 ml de jus de raisin dans un bêcher et compléter jusqu'à 250 ml avec l'ED, puis chauffer jusqu'à ébullition.
- ✓ Prendre un volume $V_0 = 25$ ml auquel on ajoute 0.25 à 0.5 ml de phénolphaléine et tout en agitant, verser à l'aide d'une burette la solution NaOH (0.1N) jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante pendant 30 secondes et faire la lecture sur la burette graduée pour voir le volume de NaOH ayant décoloré la solution.

c-Expression des résultats

$$\text{Acidité titrable} = 250/25 \cdot V_1/10 \cdot 100/V_0 \text{ (még/100ml)}.$$

V_0 : est le volume, en ml, de la prise d'essai.

V_1 : est le volume, en ml, de la solution d'hydroxyde de 0.1N.

Il est également possible d'exprimer conventionnellement l'acidité titrable en grammes d'acides par litre de produit, en multipliant par le facteur correspondant à l'acide (voir tableau en annexe).

5-6-Les tanins : Indice HCl (IFV, 2009)

En milieu acide fort, les tanins précipitent plus ou moins rapidement, en fonction de leur état de condensation (les composés les moins condensés restent en solution).

a-Mode opératoire

- ✓ Dans un tube à essai, prélever 5 ml de jus, 5 ml d'eau et 7.5 ml d'HCl
- ✓ Utiliser ce mélange dans un tube témoin et un tube essai
 - **Témoin D0** : Diluer 2 ml du mélange dans 50 ml d'eau déminéralisée. Mesurer la DO à 280 nm après centrifugation au spectro UV-visible.
 - **Essai D7** : Après 7 h d'attente à température ambiante, dilué 2 ml du mélange dans 50 ml d'ED. mesurer la DO à 280 nm après centrifugation au spectro UV-visible

b-Expression des résultats

$$\text{Indice (\% d'HCl)} = \left(\frac{D0-D7}{D0} \right) * 100$$

5-7-Les anthocyanes (IFV, 2009)

Le dosage des anthocyanes du vin s'effectue en utilisant deux propriétés dues à leurs structures :

- La modification de leur couleur en fonction du pH
- La transformation en dérivés incolores sous l'action de certains réactifs comme les ions bisulfite.

Ainsi, la variation de l'absorbance lue à 520 nm après addition d'ions en excès, est proportionnelle à la teneur en anthocyanes.

a-Réactifs

- Une solution d'éthanol à 95% acidifiée à 0.1% avec de l'acide chlorhydrique pur (HCl)
- Une solution d'HCl à 35 % diluée dans l'eau distillée
- Une solution de bisulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) à 150 g/l

b-Mode opératoire

- Dans un tube à essai, mélanger 1 ml de jus de raisin ; 1 ml de la solution d'éthanol et 20 ml de la solution d'HCl
- Préparer des cuves pour le spectrophotomètre comme suit :
 - Cuve A : 5 ml du mélange + 2 ml d'ED

- Cuve B : 5 ml du mélange + 2 ml de bisulfate

- Traiter d'abord les cuves sans bisulfite pour éviter toute décoloration par les résidus

c-Expression des résultats

On peut exprimer approximativement la variation d'absorbance (DOA-DOB) :

$$\text{Anthocyanes (mg/l)} = (\text{DOA-DOB}) * 875$$

875 : pente de la droite d'étalonnage obtenue à partir de malvidine-3-glucoside.

5-8-Les polyphénols totaux

La mesure de la densité optique à 280 nm, sous 1 cm de parcours optique d'un vin dilué 100 fois constitue une estimation globale des composés phénoliques des vins rouges.

$$\text{D280} = \text{DO 280} * 100$$

N B : le titre alcoométrique a été estimé selon des tables de correspondance entre les teneurs en sucres et le titre alcoométrique probable (voir annexe).

6-Les analyses statistiques

Les données des 14 paramètres physiques et technologiques mesurés (avec trois répétitions pour chacun) ont été soumises à différentes analyses statistiques :

6-1-Analyse de la Variance (ANOVA)

L'analyse de la variance est un test statistique permettant de vérifier que plusieurs échantillons sont issus d'une même population. Ce test s'applique lorsque l'on mesure une ou plusieurs variables explicatives qui influencent sur la distribution d'une variable continue à expliquer. On parle d'analyse à un facteur, lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par un facteur de variabilité, d'analyse à deux facteurs lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par deux facteurs de variabilité.

6-2-Tests de Newman-Keuls

Le test de Newman-Keuls est un test de comparaison de moyennes par paires, pratiqué à l'issue d'une ANOVA. Son intérêt principal est qu'il évite, par construction, les situations "paradoxaes" où la moyenne d'un groupe G_1 pourrait être considérée comme significativement différente de celle d'un groupe G_2 , alors qu'elle serait considérée comme non significativement différente de celle d'un groupe G_3 , pourtant plus éloignée d'elle que celle de G_2 . De fait, ayant déterminé que les moyennes m_i et m_j des groupes G_i et G_j ne sont pas significativement différentes, il n'est pas nécessaire de tester par paires les moyennes

comprises entre m_i et m_j (incluses), le test garantissant qu'elles seront, elles aussi, considérées comme non significativement différentes.

Le résultat du test est une série de paires de groupes dont les moyennes sont considérées comme significativement différentes, au niveau de risque α choisi.

6-3-L'analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en Composantes Principales (ACP) consiste à transformer des variables liées entre elles en nouvelles variables indépendantes les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées "composantes principales", ou axes. L'ACP permet de réduire l'information en un nombre de composantes plus limité que le nombre initial de variables.

Il s'agit d'une approche à la fois géométrique (représentation des variables dans un nouvel espace géométrique selon des directions d'inertie maximale) et statistique (recherche d'axes indépendants expliquant au mieux la variabilité - la variance - des données).

Pour illustrer les résultats des paramètres étudiés sur nos cépages, les données ont été soumises à différentes analyses statistiques :

1-L'analyse descriptive

D'après les résultats de l'analyse descriptive représentée par le tableau 06 et l'application de test de Anderson-Darling, de normalité ; au seuil de 0.05 nous constatons que :

- Nos résultats suivent une distribution normale, avec un intervalle de confiance de 95% ;
- Nos résultats sont homogènes e, tant qu'elles répondent aux deux tests de normalité et d'homogénéité et elles peuvent être soumise aux tests paramétriques.

Tableau 09: Résultats de l'analyse descriptive.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14
Nbr. de valeurs utilisées	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Médiane	345,750	243,380	3,343	3,995	171,500	52,397	114,510	2,703	2,480	0,333	29,400	13,733	10,719	3,633
Etendue	576,563	401,407	4,143	2,265	90,333	47,333	119,973	4,330	4,407	0,607	55,300	72,133	5,646	10,987
Somme	7592,677	5216,49	68,640	84,351	3560,90	1104,98	2326,91	62,837	51,760	7,773	617,713	339,433	222,556	86,930
Moyenne	361,556	248,405	3,269	4,017	169,567	52,618	110,805	2,992	2,465	0,370	29,415	16,163	10,598	4,140
Aplatissement (Pearson)	-0,824	0,740	-0,931	-0,787	-1,301	-1,165	-0,530	-0,049	0,449	-0,290	-0,746	10,873	-1,301	13,953
Asymétrie (Pearson)	0,545	1,046	0,094	0,008	-0,095	0,145	0,022	0,834	0,881	0,732	0,259	3,287	-0,095	3,887
CV (écart-type/moyenne)	0,465	0,408	0,334	0,148	0,159	0,275	0,258	0,373	0,453	0,448	0,498	0,907	0,159	0,565
Variance d'échantillon	26927,97	9788,67	1,138	0,339	691,225	199,368	779,748	1,186	1,185	0,026	204,300	204,820	2,700	5,212
Ecart-type d'échantillon	164,097	98,938	1,067	0,582	26,291	14,120	27,924	1,089	1,089	0,162	14,293	14,312	1,643	2,283

2-Les analyses de sol

Les résultats de la description du profil au niveau de la région d'étude est indiquée dans le tableau 10, notons que les analyses physico chimique ont été déjà réalisées au niveau du laboratoire de pédologie de I.T.A.F.V en 2006.

Tableau 10 : Résultats des analyses du sol de la région d'étude.

	profondeur		
	0-35cm	35-50cm	50-100cm
Argile%	9,92	9,5	19,91
Limon fin%	5,34	8,25	9,7
Limon grossier%	8,14	10,49	9,24
Limon%	13,48	18,74	18,94
Sable fin%	65,34	62,27	52,12
sable grossier%	11,25	9,5	9,03
Sable%	76,59	71,77	61,15
CaCo3%	Nul	Nul	Nul
pH	6,5	6,1	6,1

2-1-Description du profil

- **Horizon n°1** : Profondeur 0–35 cm. Horizon sec, beige, sablo-limoneux-argileux, polyédrique, présente des racines de vesces et de vigne, peu poreux, pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique (Hcl).
- **Horizon n°2** : Profondeur 35– 50 cm. Horizon sec, beige, sablo-limono-argileux, friable en présence des racines de vesce-avoine.
- **Horizon n°3** : Profondeur 50–100 cm. Horizon sec, marron, argileux, polyédrique, présente des racines de vigne, pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique.

2-2-Le pH

Le pH des trois horizons est neutre à légèrement acide, il est variable d'un horizon à un autre, il est compris entre 6,1 et 6,5.

2-3-Le calcaire

Le taux de calcaire est nul, donc notre sol est considéré comme étant non calcaire. Les sols considérés comme étant calcaire sont ceux qui présentent un taux de calcaire actif supérieur à 2% (Mathieu, 2003).

2-4-La granulométrie

D'après le tableau 10, nous constatons que notre sol est caractérisé par une texture sablo-limoneuse, le pourcentage d'argile varie de 9,50 à 19,91%, et la proportion de limons oscille varie de 13,48 à 18,94%, alors que le sable est prédominant jusqu'à 76,58% (I.T.A.F.V de Benchicao, 2012).

En conclusion, on peut dire que ce type de sol convient parfaitement à la culture de vigne car il ne présente pas un excès d'humidité ce qui évite le risque d'asphyxie racinaire. De plus, il permet une bonne aération et un bon développement du système racinaire de la vigne.

3-Etude des caractères physiques**3-1-Poids de la grappe**

Le poids des grappes dépend du nombre et du poids des baies ; il est très variable : quelques dizaines de grammes chez les espèces spontanées et de 100 à 500 g chez la plupart des cépages cultivés. Quelques fois, chez quelques raisins de table (Dattier de Beyrouth, Dabouki, Saban,...etc.), le poids de la grappe peut largement dépasser 1 kg (Gallet, 2000).

Selon les résultats du poids moyen des grappes de chaque cépage étudié (figure 31), Le poids le plus élevé est enregistré chez Valenci Noire avec 696.42 g. mais aussi, il y a d'autres cépages qui présentent des grappes de poids assez important tels que : Ain El Bouma, Ahmar de Mascara avec respectivement 650.16 g et 630.16 g, or, la grappe la plus petite a été enregistrée chez le cépage Chaouche avec 119.86 g. ce qui est dû à l'état sanitaire de ce cépage qui est chétif et peu fertile selon Ammouche et Cherfioui (2008) qui ont estimé sa fertilité à 0.27. Et d'après Shellie (2002), le stress hydrique affecte certains paramètres agronomiques du raisin tels que le poids des grappes, le poids des baies et le rendement.

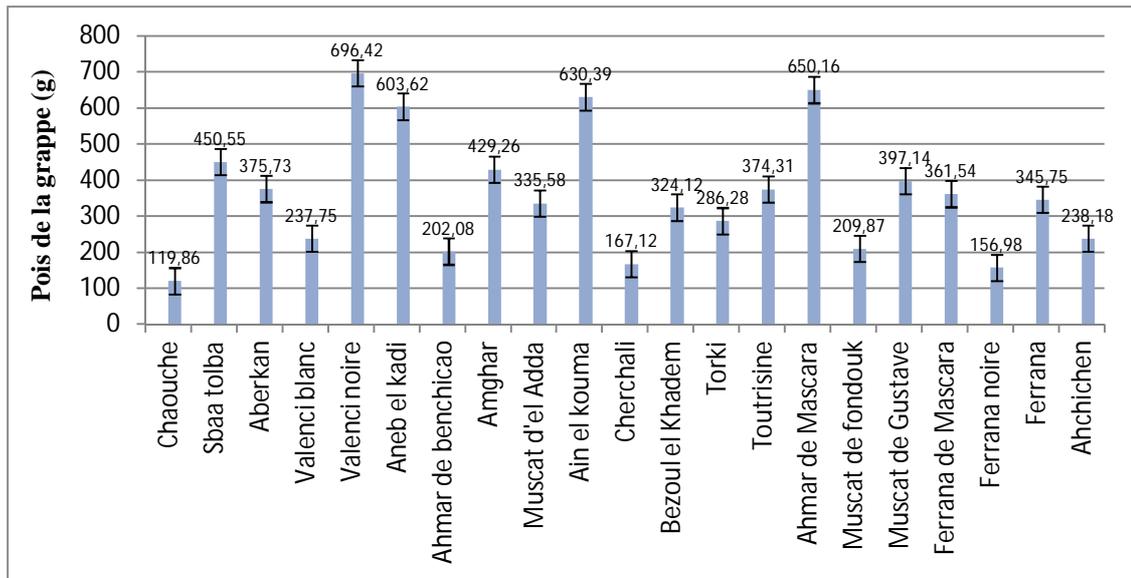


Figure 31 : Le poids de la grappe des différents cépages.

3-2-Le poids de 100 baies

Le poids de 100 baies est une composante de production à partir de laquelle nous pouvons évaluer les performances d'un cépage aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif.

Selon Galet (2000), on peut apprécier la dimension des baies par le poids de 100 baies, ce qui permet de faire 5 classes :

1. **Baies très petites** : Le poids des 100 baies est moins de 35 g ;
2. **Baies petites** : Le poids des 100 baies est de 36 g à 111 g ;
3. **Baies moyennes** : Le poids des 100 baies est de 111 g à 300 g ;
4. **Baies grosses** : Le poids des 100 baies est de 331g à 700g.
5. **Baies très grosses** : Le poids des 100 baies dépasse les 700 g.

Suivant cette classification et les résultats obtenus de poids de 100 baies des cépages étudiés (figure 32), nous avons pu établir 2 groupes de cépages qui sont :

- Le premier groupe à moyennes baies : qui regroupent la plupart des cépages étudiés : Sbaa Tolba, Chaouche, Valenci Blanc, Valenci Noire, Aneb El Kadi, Ahmar de Benchecao, , Ain El Bouma, Cherchali, Bezoul El Khadem, Torki, Toutrisine, Muscat de Fondouk, Muscat de Gustave, Ferrana de Mascara, Ferrana Noire, Ferrana, Ahchichen. Le poids le plus faible de 100 baies a été enregistré chez Sbaa Tolba avec 128.50 g, or, le poids le plus grand était manifesté par avec 300.09 g.

- Le deuxième groupe à grosse baies était la caractéristique de trois cépages autochtones qui sont : Ahmar de Mascara avec le poids le plus élevé (529.91g), Amghar et aussi Aberkan qui a enregistré un poids assez élevé (370.24 g).

En effet, il y a des cépages qui présentent un poids de 100 baies faible en dépit de leur poids moyen de grappe en citant Valenci Noire qui a manifesté un poids de grappe le plus élevé (696.42 g), or, son poids de 100 baies n'est que de 243.38 g .

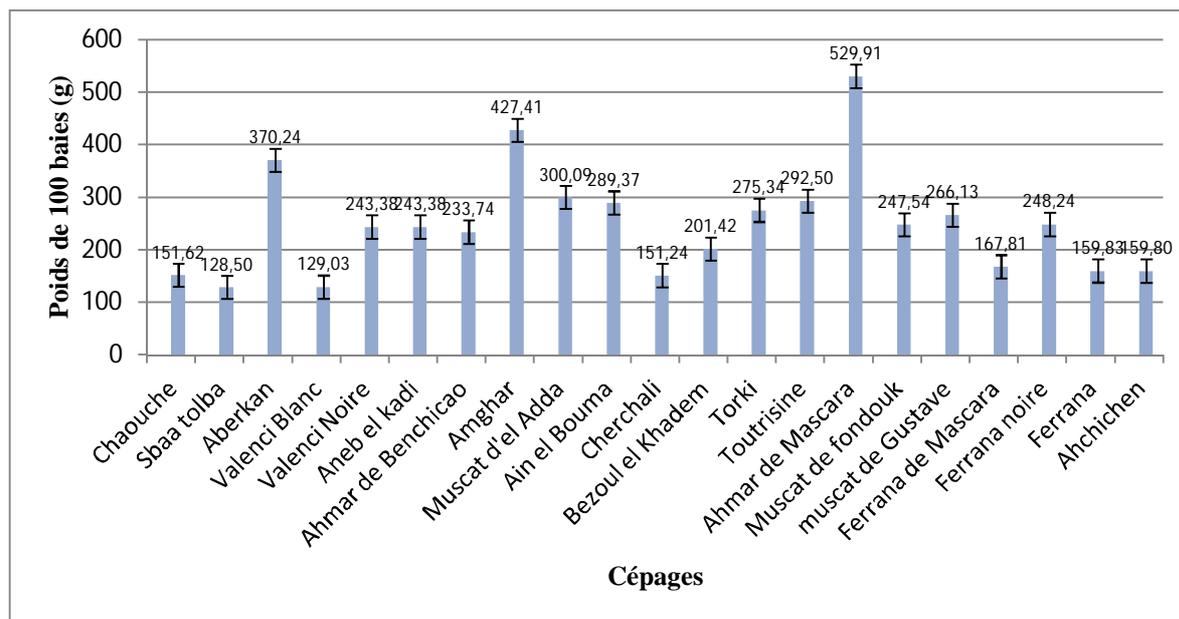


Figure 32: Le poids de 100 baies des différents cépages.

3-3-Le poids d'une baie

Le poids moyen d'une baie à maturité est un facteur important de la qualité de la vendange puisqu'il intervient dans le rapport surface/volume des grains : plus le poids (et donc le volume) de la baie est faible, plus la contribution des pellicules dans le poids de la baie est élevé (Lacompagne, 2010). Cela est important pour la vinification car les pellicules contiennent une partie importante des composés phénoliques (notamment la totalité des anthocyanes) ainsi qu'une partie non négligeable des composés aromatiques.

La figure suivante regroupe les poids des baies à la récolte, où nous remarquons que le poids le plus élevé est enregistré chez Aberkan, Ahmar de Mascara et Amghar avec respectivement 5.30, 4.92 et 4.82 , or, le poids le plus faible est enregistré chez Ferrana avec 1.16 g (qui est un cépage à grappe compacte et à petite baies), des essais ont été menés à Meknés (Maroc, 2002) ont démontré que la pratique de l'incision annulaire, juste après la

nouaison sur la sultanine, a permis d'améliorer le poids moyen des baies avec 0.49 g/baie .Par contre Aberkan a manifesté un poids de ses baies le plus important qui est de 5.30g.

Les conditions climatiques lors de la floraison et l'état physiologique des plants lié au type de fonctionnement de la parcelle peuvent expliquer les différences de poids, comme il existe un lien entre le poids de la baie et le nombre de pépins qu'elle contient. En effet, le poids de la baie dépend aussi d'autres facteurs comme l'alimentation hydrique (Carbonneau, 1998 ; Champagnol, 1984 ; Ojeda, 1999).

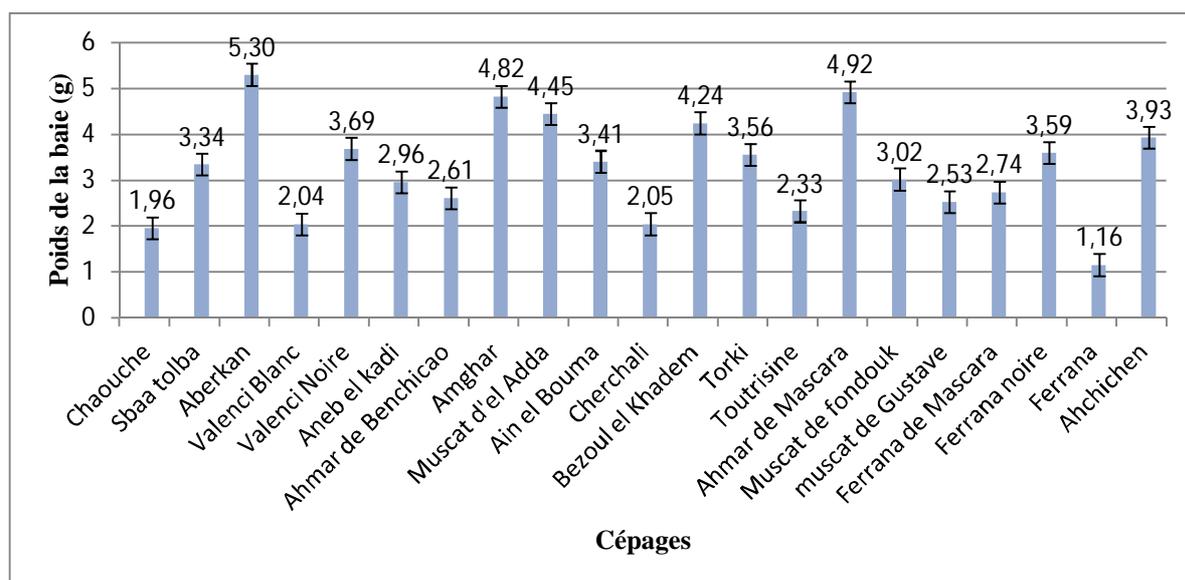


Figure 33 : Le poids moyen d'une baie des différents cépages.

3-4-Le poids de 100 pépins

Selon Galet(1993), il existe une relation étroite entre la grosseur des baies et le développement des pépins.

Lacompagne(2010), affirme que chaque cépage a une aptitude à donner quelques grammes de pulpe pour un nombre de pépins. Et dans le cas de millerandage, on obtient de petites baies, sphériques, apyrènes en présence de quelques baies bien constitués avec pépins. Et même l'opération de comptage des pépins nous permis de mettre en évidence des conditions de fécondations (appréciées par le nombre de pépins par baie).

La figure suivante nous montre le poids des 100 pépins manifesté par chaque cépage. Nous remarquons que le poids le plus faible se rencontre chez Sbaa Tolba avec 2.85 g, par contre Bezoul El Khadem a manifesté le poids des 100 pépins le plus élevé qui est de 5.11g.

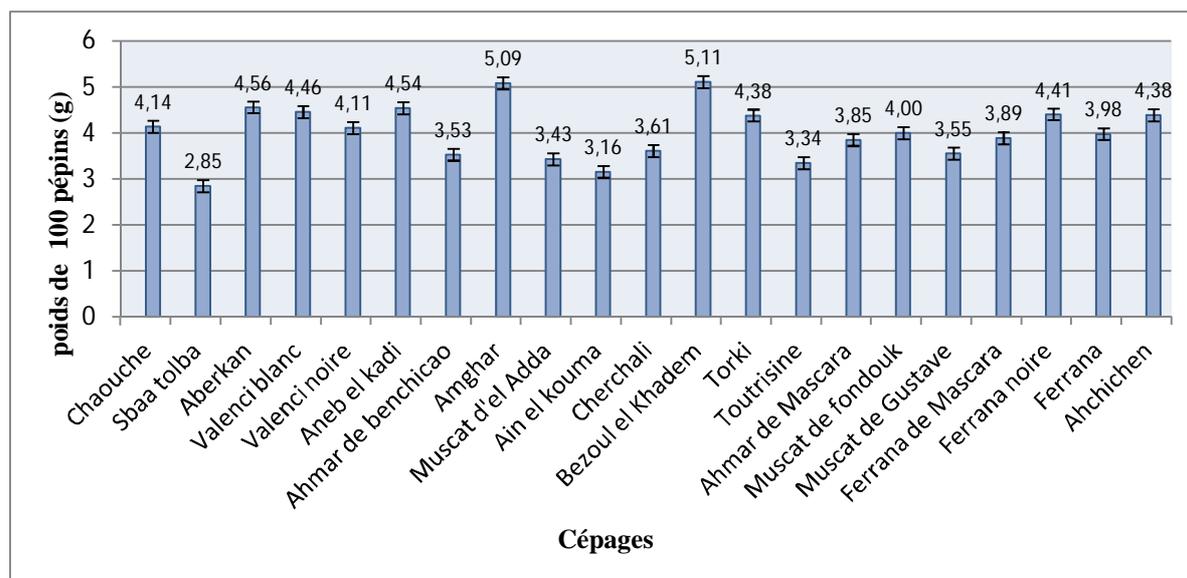


Figure 34 : Le poids de 100 pépins des différents cépages.

4-Résultats des caractères biochimiques des cépages

4-1-La teneur en sucres totaux

En pratique, le potentiel de qualité acquise pendant le développement, correspond à la teneur en sucres : plus la teneur des baies en sucres est élevée plus leur qualité gustative est meilleure et plus le vin qui en découle est meilleur (Duchêne et *al.*, 2010).

D'après les résultats représentés dans la figure (35), nous remarquons que les teneurs les plus élevées sont enregistrés chez Muscat de Fondouk et avec respectivement 215.33 g et 203.50 g, or, les cépages Aneb El Kadi et Ahmar de Mascara ont présentés les teneurs les plus faibles qui sont respectivement 127.67 g et 125 g, contrairement à leur poids de grappes élevé, cela s'expliquerait par l'influence de génotype et même la date de récolte. (Voir figure 31).

Pour Pavlowšek et Kumšta (2011), ont mesuré des taux de glucose de 97 et 112g/l dans les jus des baies de raisins de variétés tchèques, des taux de fructose de 95.9 à 113g/l, des sucres totaux entre 197.9 et 225.71g/l avec un rapport G/F de 0.98 à 1.01g/l. 2 de nos cépages (Muscat de Fondouk,) s'approchent de la limite supérieure (225g/l) des variétés étudiées par ces deux auteurs.

Selon Jones et *al.*, 2005, l'augmentation du rendement diminue le taux de sucres des raisins et par conséquent la qualité du fruit. Ce qui confirme les résultats obtenus pour ce paramètre.

L'augmentation de la température environnante (33.60°C dans notre cas) accélère la phénologie et l'accumulation des sucres (Jones et *al.*, 2005). L'accumulation de sucres peut également être induite par une luminosité plus importante au niveau de la plante entière, sans modification de température. Palliotti et *al.*, (2013) ont remarqué que l'application d'un anti transpirant (le di 1 para di menthene) sur la vigne sous forme d'une couche fine sur les feuilles de la variété Sangiovese) a conduit à une accumulation de sucres dans les baies de 2°Brix par rapport aux témoins sans affecter le pH, l'acidité titrable et les phenols totaux. Ces auteurs proposent ainsi son utilisation lorsque le taux de sucre dans les baies atteint 15°B.

Mais sans oublier que la teneur en sucre est une caractéristique variétale.

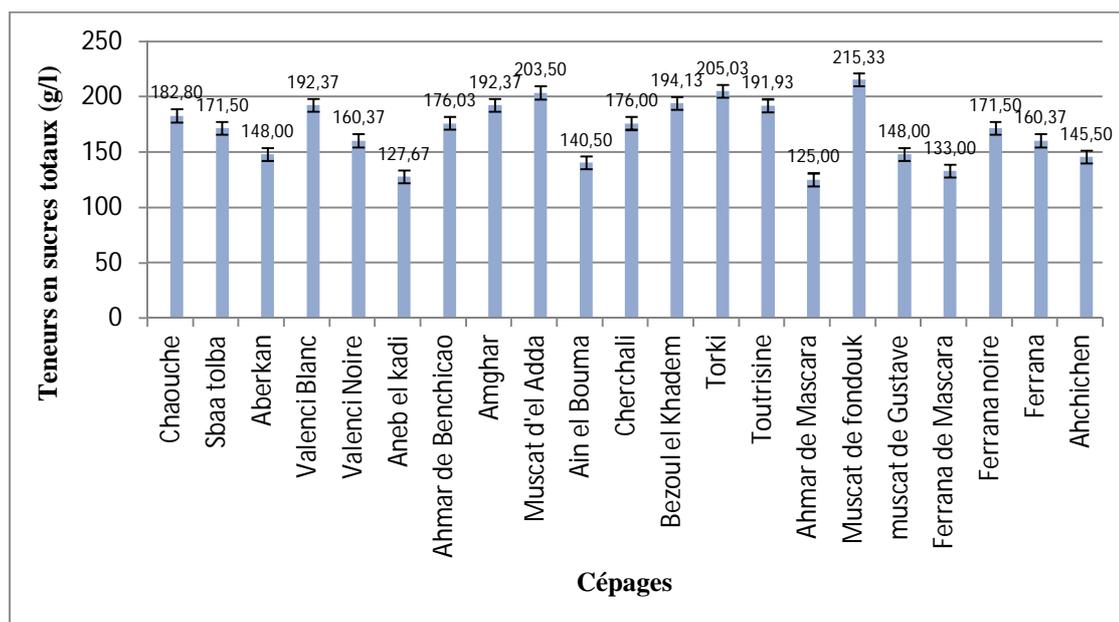


Figure 35 : La teneur des différents cépages en sucres totaux.

4-2-La teneur en sucre réducteur

Selon Delanoe (2001), les sucres réducteurs constituent la plus grande partie des sucres simples du moût ou du vin. On y trouve :

- Le glucose et le fructose ; ils constituent l'essentiel des moûts. Se sont les sucres fermentescibles qui vont disparaître en fin de fermentation.

- L'arabinose et le xylose ; qui se présentent en faible quantité dans les moûts (< 2 g/l) et ils sont pas fermentescibles.

Les résultats relatifs à la quantité des sucres réducteurs des différents cépages étudiés sont présentés dans la figure suivante (36) où nous remarquons que les teneurs les plus élevées en sucres réducteurs ont été enregistrés chez Aneb El Kadi et Ahmar de Benchecao avec respectivement 77.29 g et 74.10 g en dépit de leurs faibles teneurs en sucres totaux, or, la teneur la plus faible est manifestée par le cépage Aberkan avec 29.96 g/l.

D'après Ghrairi et *al.* (2013), des variations de composition physiques et chimiques sont observées sur des variétés tunisiennes (Chriha, Meski, Razeki) les teneurs en glucose mesurées sont de 32.37g/l (variété Meski) à 37.33g/l.(variété Chriha) alors que les teneurs en fructose sont respectivement de 26.13 g/l (variété Meski) et de 31.21 g/l pour la variété Chriha. Dans notre cas, les teneurs varient de 29.96 g à 77.29g/l qui sont beaucoup supérieurs à ces variétés tunisiennes.

Le rapport G/F passe respectivement de 5 puis 2 à 1 au cours de la nouaison, la véraison et la maturation (Inaki et *al.*2005).

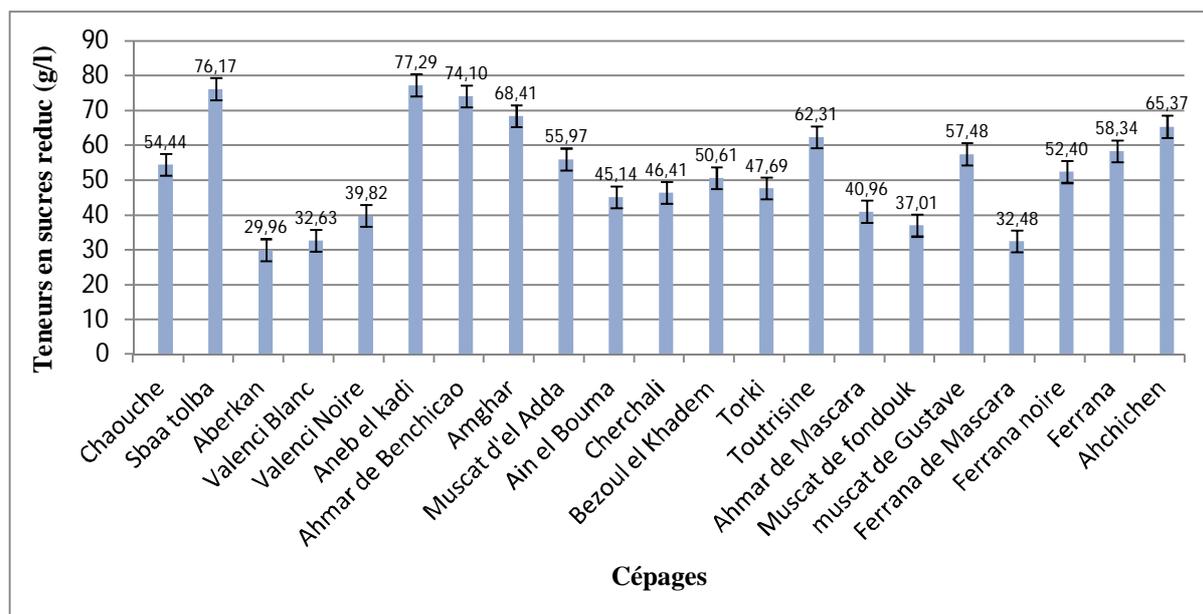


Figure 36 : Les résultats des teneurs en sucres réducteurs des cépages étudiés.

4-3-La teneur en saccharose

Les teneurs en saccharose sont étroitement liés à la teneur en sucres totaux et à la teneur en sucres réducteurs.

Les résultats relatifs à la teneur en saccharose des cépages étudiés sont représentés dans la figure suivante 37. On remarque que les teneurs les plus élevées sont enregistrées chez les cépages Muscat de Fondouk et Valenci Blanc avec respectivement 169.41 g/l et 151.73g/l. or, le cépage Aneb El Kadi a manifesté une faible teneur en saccharose qui est de 49.43 g/l.

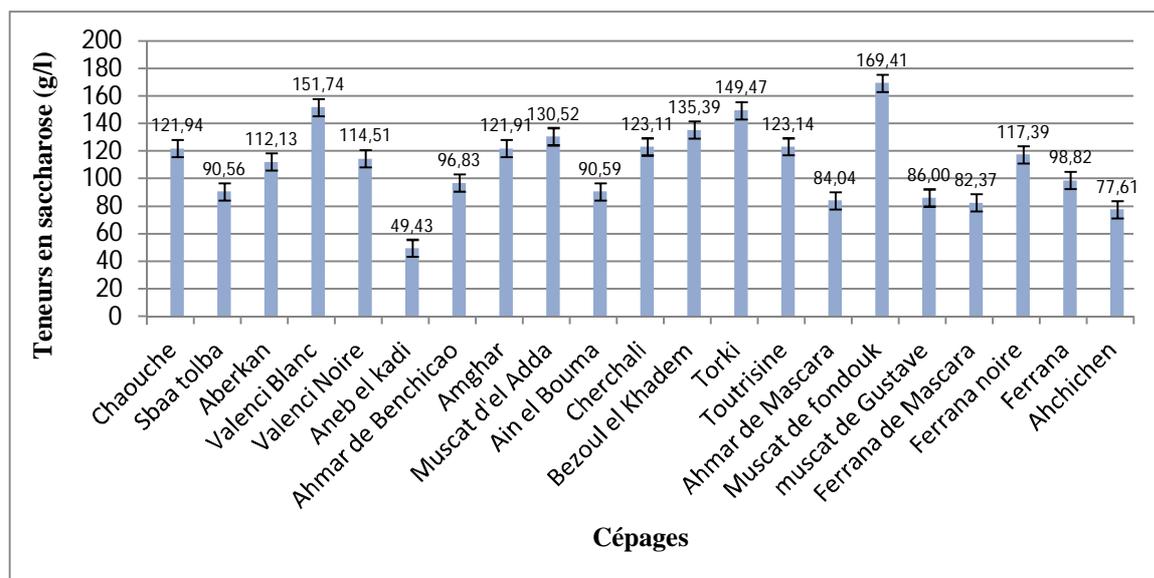


Figure 37 : La teneur en saccharose des différents cépages étudiés.

4-4-L'acidité totale

L'acidité des raisins est dû à la présence de deux acides principaux, l'acide malique et l'acide tartrique (Sang et *al.*, 2012). L'acidité totale est la somme des acidités titrables, exprimée en g/l d'acides sulfurique (H_2SO_4).

La maturation s'accompagne d'une baisse de l'acidité du moûts (plus de 50%), qui a plusieurs causes : la diminution de la synthèse des acides, la combustion respiratoire, les phénomènes de dilution et également la satisfaction par les cations (Winkler et *al.*, 1974).

Les résultats de l'acidité totale des moûts extraits des cépages étudiés sont représentés dans la figure 38.

D'après ces résultats, nous remarquons que les cépages : Chaouche, Ain El Bouma, Aberkan, Bezoul El Khadem, et Muscat de Fondouk ont enregistré un taux d'acidité élevé, qui varie de 3.06 à 5.48 g/l. cela peut être la conséquence des conditions climatique, selon Balik et *al.* (1971), la concentration des acides à maturité est plus basse si la température est plus élevée.

Par contre les autres cépages étudiés : Sbaa Tolba, Valenci Blanc, Valenci Noire, Aneb El Kadi, Ahmar de Benchicao, Amghar, , Cherchali, Torki, Toutrisine, Ahmar de Mascara, Muscat de Fondouk, Muscat de Gustave. Ferrana de Mascara, Ferrana Noire, Ferrana et Ahchichene sont relativement moins acides avec des teneurs qui varient entre 1.07 à 2.97 g/l.

cela pourrait être le résultat de leur expression génétique, conséquence d’une interaction génotype-environnement (Kliewer, 1974).

Selon Pavlowšek et Kumšta (2011), l’acidité totale varie en fonction des campagnes ou années de récolte étudiées entre 7.96 g/l et 12.89g/l. L’acidité étant due essentiellement à l’acide tartrique avec une variation de 6.85g/l à 8.24g/l. L’acide malique est compris entre 2.68g/l et 3.72g/l. Les acidités enregistrées chez nos cépages qui dépassent légèrement 5g/l, sont inférieures à l’intervalle 7.96 - 12.89g/l obtenu par ces deux auteurs.

L’acidité totale des jus au moment des vendanges semble être, au moins dans les cas étudiés, un indicateur moins fiable de l’état de maturité de raisin que la teneur en sucres ; en effet, les taux les plus élevés en sucres ne sont pas toujours accompagnés d’une faible acidité des moûts (cas de), et inversement, les raisins les moins sucrés ne sont pas systématiquement les plus acides (cas de Ferrana de Mascara).

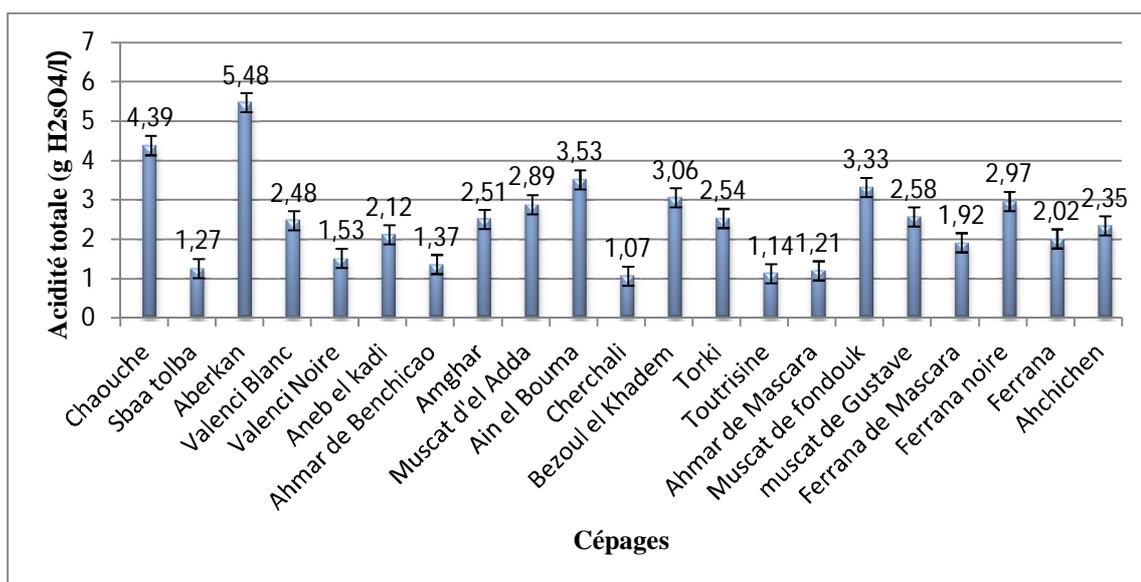


Figure 38 : Les taux d’acidité totale des cépages étudiés.

4-5-L’acidité titrable

On illustrant la figure suivante, nous constatons que la plupart des cépages étudiés ont manifestés des taux d’acidité titrables plus élevé que ceux de l’acidité totale. Cela est du aux acides organiques et minéraux qui ne sont pas inclus dans l’acidité totale.

Le cépage Aberkan a enregistré un taux d'acidité titrable assez élevé (5.78 g/l), or, Valenci Noire a manifesté le taux le plus faible qui est de 1.45 g/l.

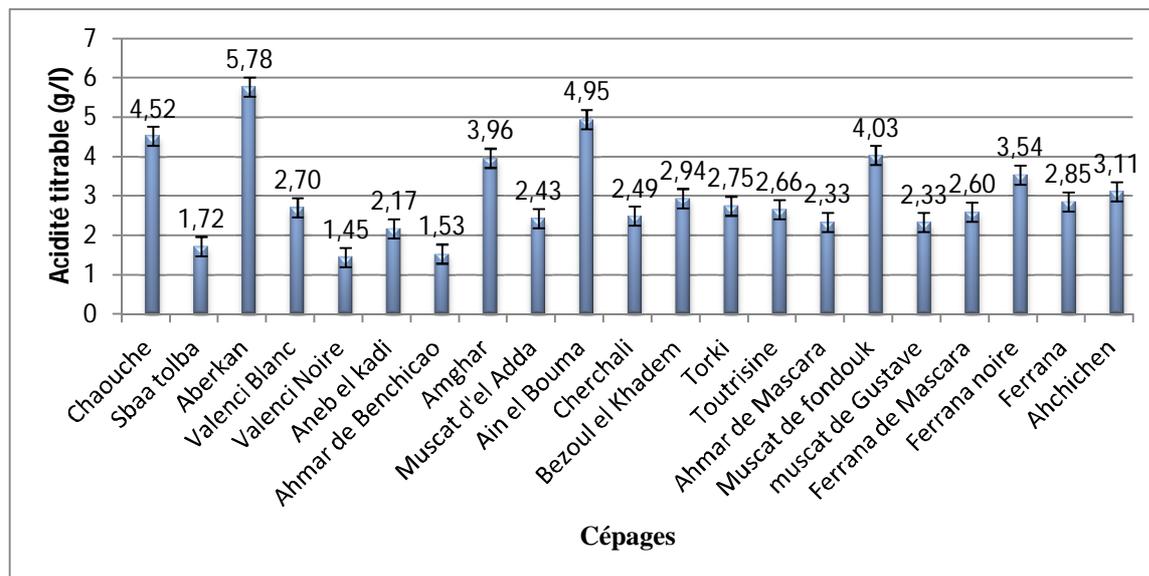


Figure 39 : Les taux d'acidité titrable exprimés par les différents cépages étudiés.

4-6-Le pH

Le pH, constitue un paramètre important, d'évaluation de la qualité organoleptique des raisins sans oublier, la teneur en sucres et l'acidité.

Selon Huglin (1998), le pH du moût est surtout lié aux taux d'acide tartrique et les différences qui peuvent exister proviennent de l'année viticole (millésime), de la maturation, des caractères génétiques de cépage et l'état sanitaire.

Les résultats du pH des moûts des cépages étudiés sont illustrés dans la figure suivante. Le groupe des cépages étudiés présentent un pH acide qui varie de 3.32 à 4.16.

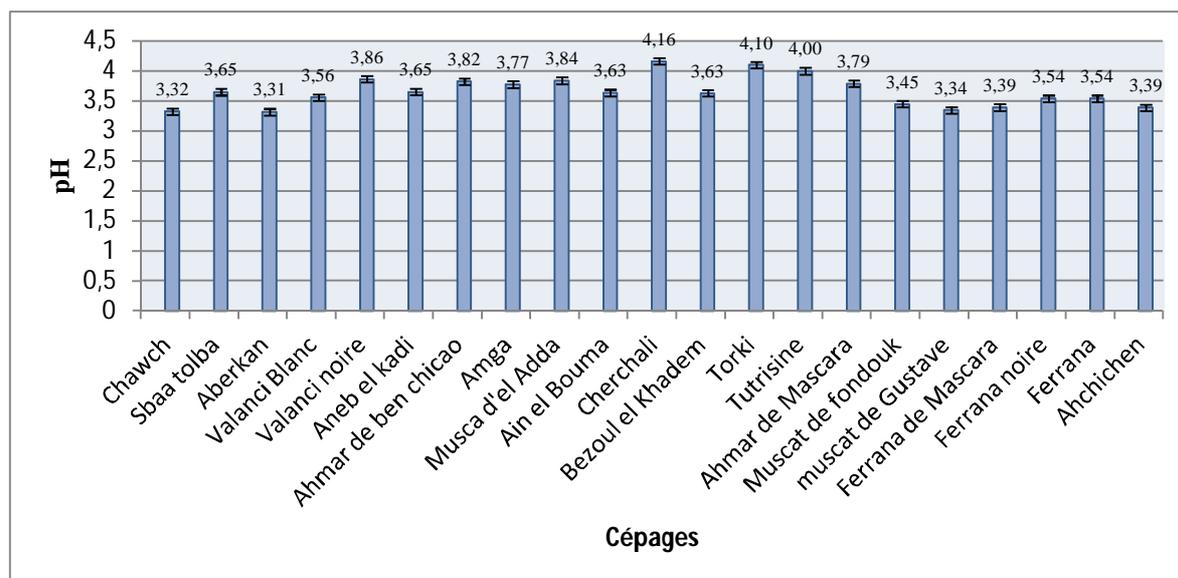


Figure 40 : Le pH des différents cépages étudiés.

Il est important de signaler que le seul examen du pH et de l'acidité totale ne permet pas de mettre en évidence des différences de composition acide des raisins et des moûts, qui ne peuvent apparaître que lorsque l'on procède au dosage de l'acide tartrique, de l'acide malique et du potassium (*in* Kappel, 2010).

4-7-Les polyphénols totaux

Au cours de la maturation, les raisins accumulent également des composés phénoliques. Les constituants les plus importants parmi les composés phénoliques sont les anthocyanes et les tanins ; leur évolution au cours de la maturation fait partie des facteurs déterminant de la qualité des raisins noirs. Ces composés dérivent du métabolisme des sucres mais la voie exacte de leur synthèse reste encore mal connue (comme c'est aussi le cas pour les composés aromatiques).

Inaki et *al* (2005) font l'hypothèse que les sucres réducteurs présents dans le cytoplasme des cellules de la baie stimulent l'accumulation des pigments en intervenant comme régulateurs dans le processus de leur biosynthèse.

Les composés phénoliques sont des substances chimiques complexes. Ils confèrent aux raisins même aux vins des caractéristiques organoleptiques, en particulier ils sont responsables de leur couleur et de leur structure (Kappel, 2010).

Selon Ribereau-Gayon (1971,1972), Ces composés, en dehors de leur rôle majeur dans les vins, ils interviennent dans le développement et la défense des plantes : ils sont de bons candidats pour étudier la réponse de la vigne et des raisins aux conditions de l'environnement, notamment eau (contrainte hydrique) et température (microclimat des grappes – éclaircissement).

On illustrant les résultats de dosage des polyphénols totaux dans les moûts des cépages étudiés, qui sont représenté dans la figure 41, nous remarquons que les cépages : Amghar, Sbaa Tolba et Ferrana ont manifesté une certaine richesse en polyphénols totaux par rapport aux autres. Les concentrations des composés phénoliques dans la baie de raisin sont fortement influencées par des pratiques viticoles, telles que la formation de la vigne (la souche), le pincement et la gestion de l'eau qui n'ont pas été pratiqué pour nos cépages. Ce qui explique la faible teneur de la majorité des cépages étudiés (Aneb El Kadi, Ain el Kouma, Ahmar de mascara et Ferrana de mascara).

Les résultats obtenus reflètent bien le pouvoir pigmentaire des cépages noirs étudiés

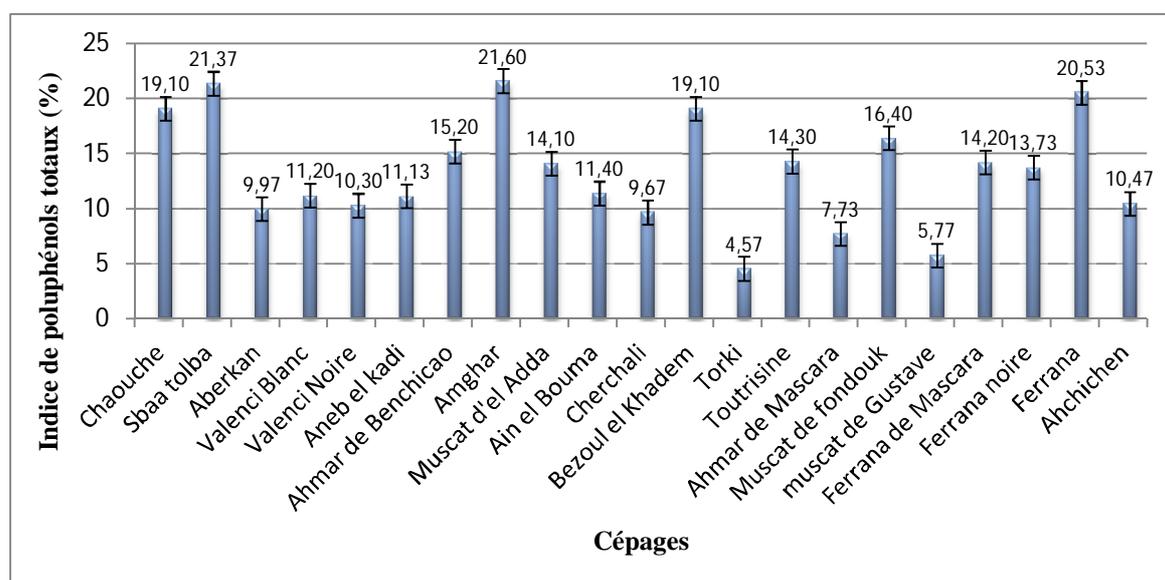


Figure 41 : Les teneurs en polyphénols des cépages étudiés

4-8-Les anthocyanes

Les anthocyanes sont responsables de la couleur rouge des cépages, et même les vins provenant. Elles sont désignées comme indicateur de la maturité phénolique. Celles-ci, situées dans la vacuole des cellules de la pellicule, sont facilement libérables. La vacuole peut être représentée comme un sac dont la fragilité de la fermeture est conditionnée par le degré de la maturité.

La position de la grappe par rapport au végétal a également une influence sur la teneur en anthocyanes. Sur un même rameau, la grappe la plus près de bois de taille est plus riche et plus grosse (Kappel, 2010).

Le dosage des anthocyanes des môûts étudiés a montré que les cépages : Ahmar de Benchecao, Aneb El Kadi, Chaouche, Aberkan, Ain el Bouma, Muscat de Gustave ont enregistré des teneurs plus élevées en anthocyanes qui varient de 0.5 g/l à 0.73 g/l, ces résultats sont la conséquence de la richesse et le degré de maturité de ces cépages. Par contre la teneur la plus faible (0.13 g/l) a été enregistrée chez Valenci Noire qui peut s’expliquer par le haut rendement de ce cépage.

Song et al. (2012), ont testé dans l’Idaho (USA) l’utilisation de différents rythmes d’irrigation avec ou sans pulvérisation de particule de kaolin sous forme d’un film sur un verger de Merlot. Ces auteurs ont constaté d’une part un accroissement du taux de composés phénoliques totaux y compris les anthocyanes des baies de grappes récoltées à maturité avec des teneurs comprises entre 251mg et 308mg/Kg, et d’autres part des valeurs de degré Brix variant entre 23.2 et 25.4 et des valeurs de pH entre 3.21 et 6.26. Les valeurs des anthocyanes que nous avons enregistrées dépassent la limite maximale obtenue par cet auteur. Ce qui confirme la richesse de nos cépages.

Les teneurs en anthocyanes totaux de 9 variétés de raisins tchèques oscillent entre 0.5 et 5g/Kg avec le malvidine 3 glucoside comme composé majoritaire suite à des séparations par HPLC (Balik et al., 2013). Nos résultats de dosages des anthocyanes ont donné une gamme de concentration de 0.13 à 0.7g/l c’est-à-dire qui se rapprochent de la limite inférieure de ces auteurs.

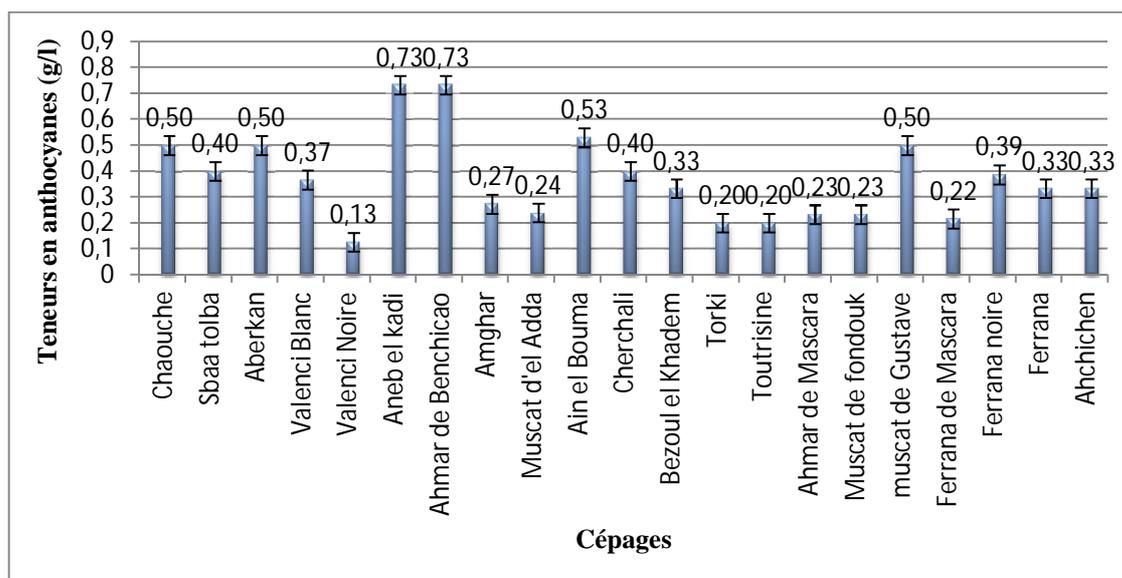


Figure 42 : Les teneurs en anthocyanes des cépages étudiés.

4-9-Les teneurs en tanins

Ils sont caractérisés par leurs propriétés de donner des combinaisons avec les protéines et d'autres polymères tels que les polysaccharides.

Les tanins se caractérisent par une sensation d'astringence (assèchement de la bouche).

Les résultats relatifs à la teneur en tanins des cépages étudiés exprimés par l'indice Hcl (%) sont représentés dans la figure 43.

Dans la figure 43, nous remarquons que les cépages Muscat de Gustave et Muscat de Fondouk ont enregistré une richesse en tanins avec respectivement 78.63 % et 58.57%, malgré leurs teneurs importantes en sucre. Cela peut être expliqué par les caractéristiques génétiques de ces cépages, or le pourcentage le plus faible (3.27) a été manifesté par Ahmar de Mascara qui est un cépage très productif en dépit de sa qualité.

On remarque au cours de la maturation une augmentation des tanins dans la pellicule et une diminution de la teneur en tanins dans des pépins. Les tanins des pépins sont de moins en moins libérables, par contre l'extractibilité des pellicules augmente facilement l'extraction des tanins pelliculaires, ce qui nous a permis d'avoir des teneurs importantes dans les mouts étudiés.

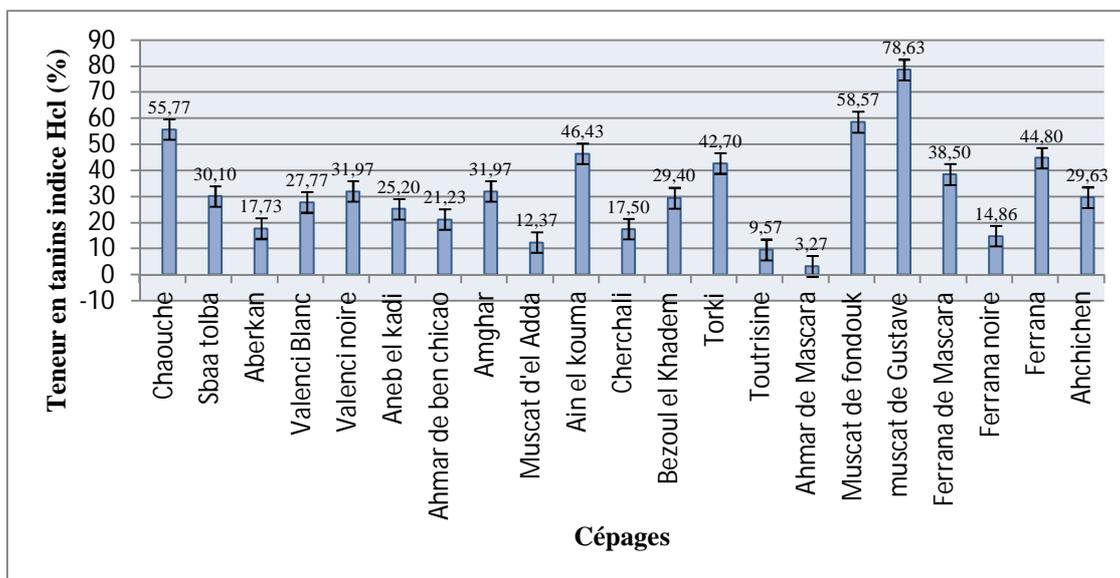


Figure 43 : La teneur en tanins des cépages étudiés.

4-10-Le titre alcoométrique

Le titre alcoométrique volumique est égal au nombre de litre d'éthanol contenu dans 100 l de vin, ces volumes étant tous deux mesurés à 20 ° C. son symbole est le « % » (OIV, 2005).

Les titres alcoométriques des différents cépages estimés à partir des tables de conversion (voir annexe) sont illustrés dans la figure 44.

Nous remarquons que le cépage Muscat de Foundouk a le plus grand titre alcoométrique qui est de 13.46, étant donné c'est le cépage le plus sucré parmi notre collection (215.33 g/l), or le titre alcoométrique le plus faible a été enregistré chez Aneb El Kadi et Ahmar de Mascara avec respectivement 7.98 et 7.81.

Ces différences s'expliquent par le degré de maturation des cépages et surtout par la teneur en sucres.

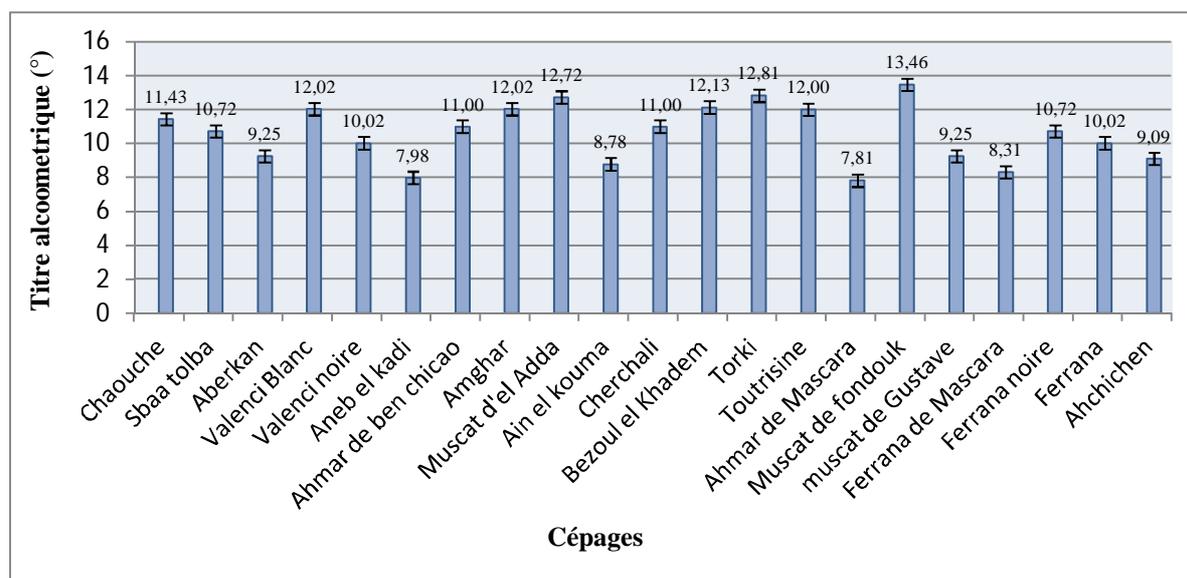


Figure 44 : Le titre alcoométrique des différents cépages étudiés

4-11-Indice de maturation

Après avoir déterminé les caractéristiques physiques et chimiques de chaque cépage étudié, nous avons calculé l'indice de maturation qui est le rapport entre les teneurs en sucres totaux et l'acidité.

Selon Marsais (1993), les raisins de tables sont mûrs s'ils ont atteint un rapport sucre/acidité supérieur à 25.

Si l'indice de maturation dépasse 45, les raisins acquies la sur maturation, d'après Galet (2000).

D'après les résultats obtenus (tableau 09), nous remarquons que :

Les cépages Sbaa Tolba, Valenci Blanc, Valenci Noir, Aneb El Kadi, Ahmar de Benchicao, Amghar, , Ain El Bouma, Cherchali, Bezoul El khadem, Torki, Toutrisine, Ahmar de Mascara, Muscat de Fondouk, Muscat de Gustave, Ferrana de Mascara, Ferrana Noire, Ferrana, Ahchichen , présentent un indice de maturation élevé dépassant 45. Ils sont donc récoltés en sur maturation.

Selon Galet (1993), l'élévation de la température (35à38°C) au cours de la sursaturation produit une combustion intracellulaire de l'acide malique ce qui engendre la diminution de l'acidité et l'augmentation de l'indice de maturation.

Cependant, les cépages Chaouche et Aberkan possèdent un indice de maturation supérieur à 25. Donc la récoltes de ces cépages a été faite au stade de maturation malgré leur acidité élevée, ce qui peut être dû à la génétique de ces derniers.

Nos résultats sont différentes aux celles obtenues par Ammouche et Cherfioui (2008), ce qui confirme l'influence du climat et de millésime sur la physique et la biochimie des cépages.

Tableau 11 : Indice de maturation des cépages étudiés

Cépages	sucres totaux	acidité totale	Indice de maturation
Chaouche	182,80	4,39	41,64
Sbaa Tolba	171,50	1,27	135,04
Aberkan	148,00	5,48	27,01
Valenci Blanc	192,37	2,48	77,57
Valenci Noir	160,37	1,53	105,04
Aneb El Kadi	127,67	2,12	60,22
Ahmar de Benchicao	176,03	1,37	128,30
Amghar	192,37	2,51	76,54
	203,50	2,89	70,39
Ain El Bouma	140,50	3,53	39,84

Cherchali	176,00	1,07	163,98
Bezoul el Khadem	194,13	3,06	63,37
Torki	205,03	2,54	80,72
Toutrisine	191,93	1,14	168,86
Ahmar de Mascara	125,00	1,21	103,31
Muscat de Fondouk	215,33	3,33	64,66
Muscat de Gustave	148,00	2,58	57,44
Ferrana de Mascara	133,00	1,92	69,15
Ferrana Noire	171,50	2,97	57,74
Ferrana	160,37	2,02	79,39
Ahchichen	145,50	2,35	62,00

5- L'analyse de la variance

L'analyse de la variance permet de préciser l'importance des paramètres étudiés qu'ils soient physiques ou technologique, susceptibles de différencier les cépages, et ceci en comparant les moyennes observées dans le cas des 21 cépages étudiés. De ce fait, choisir les paramètres les plus appréciables dont la mesure qu'ils offrent une bonne distinction significative des cépages.

Sur la base de l'analyse de la variance (ANOVA) au seuil de 5% effectuée pour les 14 paramètres étudiés, nous avons remarqué qu'il existe des différences très hautement significatives pour la plupart des paramètres étudiés, comme le montrent les résultats obtenus.

5-1-Le poids de la grappe

Tableau 12 : L'analyse de la variance du poids de la grappe.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1696475	62	27362,5				
VAR.FACTEUR 1	1696462	20	84823,12	279417,3	0		
VAR.RESIDUELLE 1	12,75	42	0,304			0,551	0,15%

Le test NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) pour ce paramètre a permis de classer les différents cépages en 20 groupes homogènes : A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T.

5-2-Le poids de 100 baies

Tableau 13 : L'analyse de la variance du poids de 100 baies

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	616691,4	62	9946,636				
VAR.FACTEUR 1	616686,7	20	30834,33	272640,4	0		
VAR.RESIDUELLE 1	4,75	42	0,113			0,336	0,14%

Le test NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) classe les différents cépages pour ce paramètre en 17 groupes homogènes : A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q.

5-3-Le poids de la baie

Tableau 14 : L'analyse de la variance du poids de la baie.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	71,742	62	1,157				
VAR.FACTEUR 1	71,679	20	3,584	2402,27	0		
VAR.RESIDUELLE 1	0,063	42	0,001			0,039	1,18%

Le test NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) selon ce paramètre a permis de classer les cépages étudiés en 17 groupes homogènes: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, G.

5-4-Le poids de 100 pépins

Tableau 15 : L'analyse de la variance pour le poids de 100 pépins.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	21,382	62	0,345				
VAR.FACTEUR 1	21,364	20	1,068	2468,433	0		
VAR.RESIDUELLE 1	0,018	42	0			0,021	0,52%

Le test NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) classe les cépages étudiés pour ce paramètre en 18 groupes homogènes qui sont : A, B, C, CD, CDE, DEF, EF, EFG, G, H, HI, HIJ, IJ, HK, HIL, HIJM, HIJN.

5-5-Le taux des sucres totaux

Tableau 16 : L'analyse de la variance pour le taux de sucre

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	43776,38	62	706,071				
VAR.FACTEUR 1	43547,19	20	2177,359	399,014	0		

VAR.RESIDUELLE 1	229,188	42	5,457			2,336	1,38%
------------------	---------	----	-------	--	--	-------	-------

Le test NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) classe les cépages étudiés pour ce paramètre en 10 groupes homogènes qui sont : A, B, C, D, E, F, G, H, I, J.

5-6-La teneur en sucres réducteurs

Tableau 17 : L'analyse de la variance pour les taux des sucres totaux

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	25245,85	62	407,191				
VAR.FACTEUR 1	12560,15	20	628,008	2,079	0,02284		
VAR.RESIDUELLE 1	12685,7	42	302,04			17,379	33,03%

Le test NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) pour ce paramètre, a classé les cépages en un seul groupe homogène.

5-7-La teneur en saccharose

Tableau 18 : L'analyse de la variance pour la teneur en saccharose

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	60119,92	62	969,676				
VAR.FACTEUR 1	49124,11	20	2456,205	9,382	0		
VAR.RESIDUELLE 1	10995,81	42	261,805			16,18	14,60%

Le test NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) a classé les cépages étudié en 9 groupes homogènes : A, B, AB, ABC, BCD, BCDE, CDE, DEF, EF et F.

5-8-L'acidité titrable

Tableau 19 : L'analyse de la variance pour l'acidité titrable.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	77,104	62	1,244				
VAR.FACTEUR 1	74,739	20	3,737	66,368	0		
VAR.RESIDUELLE 1	2,365	42	0,056			0,237	7,93%

Le test NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) pour ce paramètre nous a classé les cépages étudiés en 10 groupes homogènes : A, B, C, D, E, F, FG, G, H, I.

5-9-L'acidité totale

Tableau 20 : L'analyse de la variance pour l'acidité totale

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	78,92	62	1,273				
VAR.FACTEUR 1	74,67	20	3,734	36,896	0		
VAR.RESIDUELLE 1	4,25	42	0,101			0,318	12,91%

5-10-La teneur en tanin

Tableau 21 : L'analyse de la variance pour la teneur en tanin

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	12976,08	62	209,292				
VAR.FACTEUR 1	12870,91	20	643,546	257,017	0		
VAR.RESIDUELLE 1	105,164	42	2,504			1,582	5,38%

L'application du test de NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) pour ce paramètre, a permis de scinder les différents cépages étudiés en 16 groupes homogènes qui sont : A, B, C, CD, D, E, F, FG, G, H, I, J, JK, K, L, M.

5-11-Le titre alcoométrique

Tableau 22 : L'analyse de la variance pour le titre alcoométrique

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	171,002	62	2,758				
VAR.FACTEUR 1	170,106	20	8,505	398,994	0		
VAR.RESIDUELLE 1	0,895	42	0,021			0,146	1,38%

Le test de NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%), a classé les différents cépages étudiés pour ce paramètre en 10 groupes homogènes : A, B, C, D, E, F, G, H, I, J.

5-12-Le pH :

Tableau 23 : L'analyse de la variance du pH.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	328,414	62	5,297				
VAR.FACTEUR 1	328,327	20	16,416	7913,524	0		
VAR.RESIDUELLE 1	0,087	42	0,002			0,046	1,10%

L'application du test de NEWMAN et KEULS (au seuil de 5%) pour ce paramètre a permis de scinder les cépages étudiés en 9 groupes homogènes qui sont : A, B, C, D, E, EF, FG, G, H.

L'analyse statistique a mis en évidence des différences non significatives pour les paramètres anthocyanes et Polyphénols totaux avec des probabilités supérieures à 0.05. Ce qui nécessite l'examen du coefficient de variation résiduel, indicateur de l'action des facteurs non étudiés, qui peut empêcher l'effet cépage d'apparaître.

Ce coefficient étant de 57.47 pour les anthocyanes et il est de 134.70 pour les polyphénols totaux qui sont les deux nettement supérieurs à 10% (erreur relative à la moyenne). Dans ce cas, nous ne pouvons pas conclure définitivement sur l'effet cépage qui peut être masqué par la variabilité, l'hétérogénéité et même l'efficacité des méthodes étudiés pour ces deux paramètres.

Tableau 24 : L'analyse de la variance pour la teneur en anthocyanes.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3,553	62	0,057				
VAR.FACTEUR 1	1,652	20	0,083	1,825	0,05014		
VAR.RESIDUELLE 1	1,901	42	0,045			0,213	57,47%

Tableau 25 : L'analyse de la variance pour le taux de polyphénols.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	32811,61	62	529,219				
VAR.FACTEUR 1	12903,64	20	645,182	1,361	0,19621		
VAR.RESIDUELLE 1	19907,96	42	473,999			21,772	134,70%

6- L'analyse en composantes principale (ACP)

L'analyse factorielle des correspondances vise à remplacer en un nombre réduit de dimension la plus grande partie de l'information initiale en s'attachant non pas aux valeurs absolues mais à la corrélation entre les variables.

L'ACP offre la particularité de fournir une représentation commune des variables et des individus.

6-1-Valeurs propre

Le tableau des valeurs propre montre que 72.15 % de l'inertie totale est expliquée par quatre axes. Les fortes contributions à cette inertie sont représentées par les axes 1 et 2, avec respectivement 28 % et 19 %. La combinaison de ces deux axes traduit 47 % de la variance totale, d'où le choix du plan factoriel (1× 2) qui intègre les variables suivantes : poids de la baie, le poids de 100 pépins, la teneur en sucre totaux, l'acidité totale, le pH, la teneur en polyphénols, la teneur en sucre réducteurs, la teneur en anthocyanes et la teneur en tanins.

Tableau 26 : Valeurs propres des axes.

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	3,92	2,65	2,09	1,44
% variance	28,01	18,93	14,91	10,30
% cumulé	28,01	46,93	61,85	72,15

Les axes 3 et 4 intègrent les variables la teneur en sucres réducteurs et celle en tanins (Tableau 24). Compte tenu de l'objectif assigné à ce travail, se regroupement autour des axes 1 et 2, il est jugé possible d'éliminer dans l'interprétation le rôle respectif des axes 3 et 4.

Tableau 27 : Contribution des variables selon les axes.

	F1	F2	F3	F4
v1	10,49	3,62	5,18	0,45
v2	1,35	17,53	11,59	0,15
v3	0,18	22,17	7,41	6,08
v4	2,62	8,74	0,34	11,41
v5	20,53	1,88	2,54	1,64
v6	2,25	8,77	0,05	22,06
v7	22,31	0,09	2,33	0,73
v8	2,51	18,03	12,34	1,25
v9	3,61	16,44	15,09	0,06
v10	3,49	0,53	19,99	5,56
v11	4,36	0,23	13,12	7,18
v12	2,72	0,05	0,40	35,76
v13	20,53	1,88	2,54	1,64
v14	3,04	0,05	7,08	6,04

Le tableau précédent nous montre que les variables V7, V5 et V13 sont les variables les plus explicative de l'axe F1 avec respectivement un pourcentage de 22.31% et 20.53.

Pour l'axe F2, il est plus expliqué par la variable V3 avec 22.17% et la variable V8 avec 18.03%.

L'axe F3 est mieux expliqué par la variable V10 avec un pourcentage de 20%. Enfin la variable V12 et V13 contribuent le plus à expliquer l'axe F4 avec respectivement 35,76% et 22.06%.

6-2-Plan factoriel

L'examen du plan (1×2) discrimine les cépages en quatre groupes distincts A, B, C et D (Figure 46).

Le groupe A représente les individus ou les cépages à forte production (poids de la grappe important).

Le groupe B est caractérisé par une forte teneur en sucres totaux, teneurs élevées en saccharose et un degré alcoométrique assez élevé.

Le groupe C représentent les cépages à poids élevé de baies, de 100 baies et de 100 pépins. Ces derniers présentent aussi un taux important d'acidité (totale et titrable).

Le groupe D associe les individus (cépages) à forte teneur en anthocyanes et en sucres réducteur.

6-3-Signification des axes

Le plan factoriel (1×2) montre une opposition entre les groupes A et B selon l'axe 1 et C et D selon l'axe 2.

L'examen du tableau des contributions des différentes variables étudiés relatives aux axes choisis permet de déduire que :

Le poids de la grappe est corrélé dans le sens positif de l'axe F1, or, la teneur en sucres totaux, la teneur en saccharose et le titre alcoométrique sont corrélés dans le sens négatif de même axe.

Les variables teneur en saccharose (v7), teneur en sucres totaux (v5) et le degré alcoométrique (v13) représentent les caractères les plus discriminant pour le même axe et même pour l'étude complète.

Pour l'axe 2, le côté positif est bien corrélé avec les variables suivantes : le poids de 100 baies, le poids de la baie, le poids de 100 pépins, l'acidité totale et l'acidité titrable.

Cependant, la teneur en sucres réducteurs, la teneur en tanins, la teneur en anthocyanes et le pH sont corrélés négativement avec le même axe. Les variables qui ont contribué le plus à différencier les cépages pour cet axe sont le poids de la baie (v3) et l'acidité titrable (v3) (figure 45).

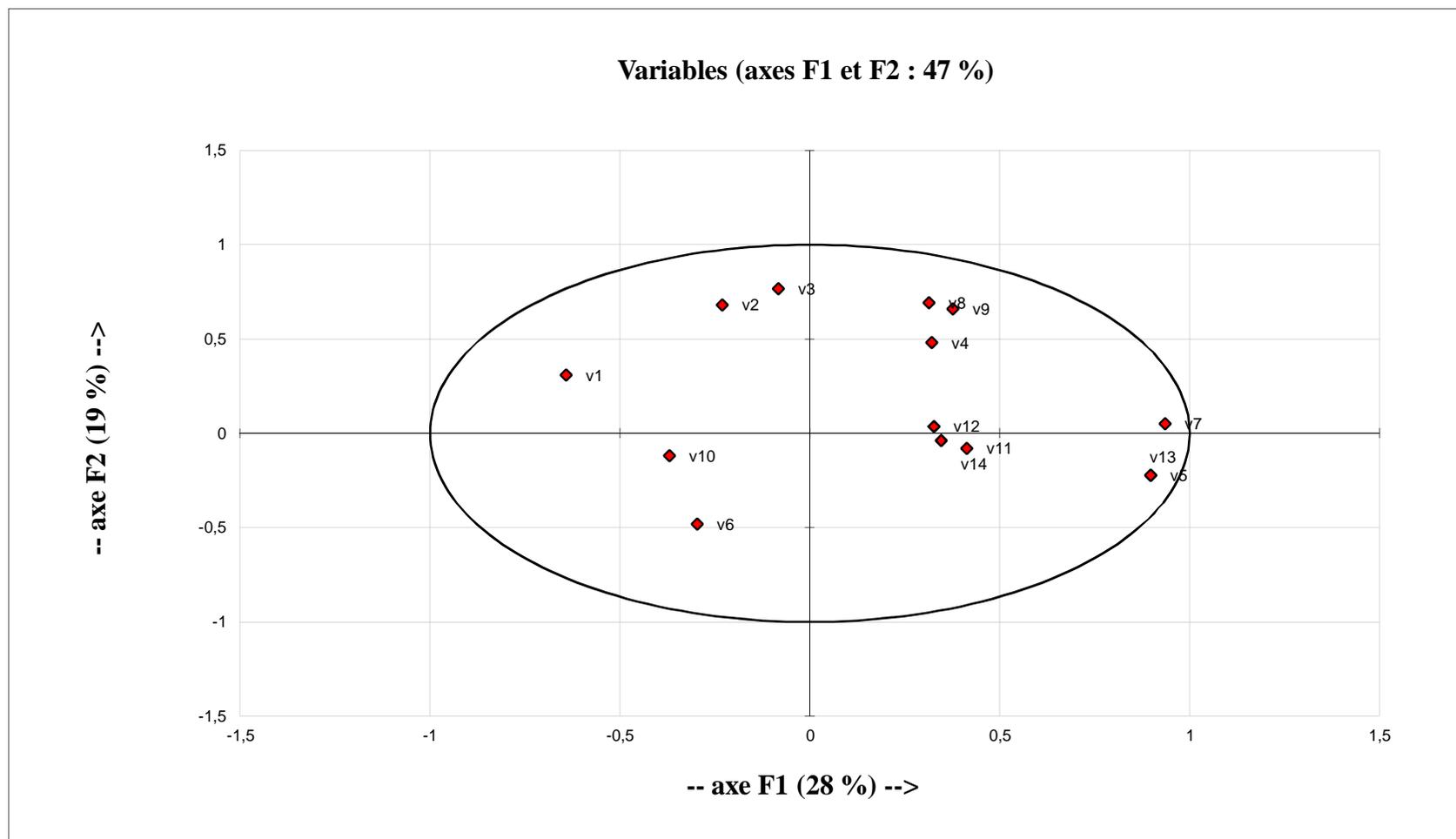


Figure 45: Représentation graphique des variables étudiées.

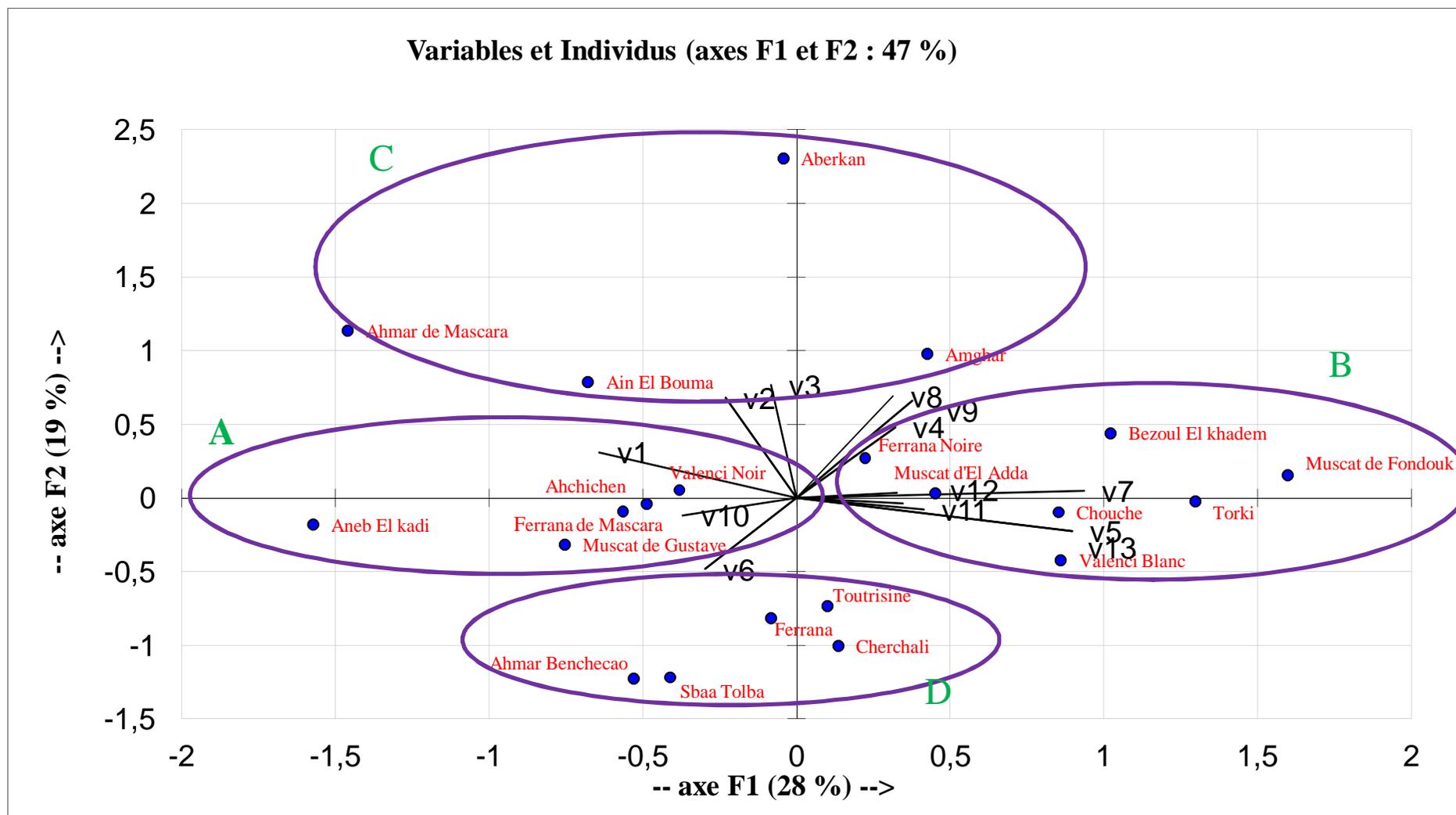


Figure 46 : Projection des cépages étudiés sur le plan factoriel (1× 2)

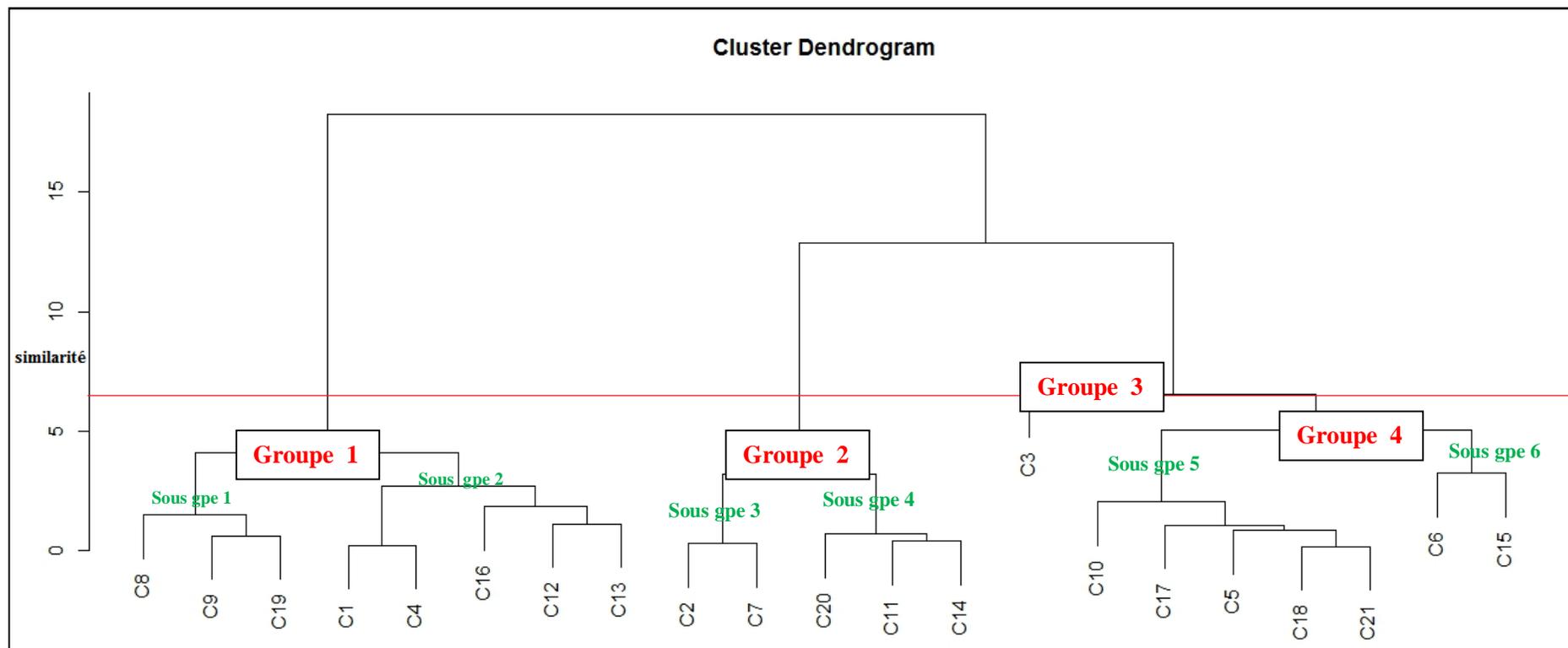


Figure 47 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des cépages(CAH).

Avec :

C1 : Chaouche	C8 :Amghar	C15: Ahmar de Mascara
C2 : Sbaa Tolba	C9 :Muscact d’El Adda	C16:Musccat de Foundouk
C3 : Aberkan	C10:Ain El Bouma	C17 :Muscact de Gustave
C4 : Valenci Blanc	C11:Cherchali	C18 : Ferrana de Mascara
C5 :Valenci Noir	C12 :Bezoul El khadem	C19 :Ferrana Noire
C6 : Aneb El Kadi	C13 : Torki	C20 : Ferrana
C7 : Ahmar de Benchecao	C14:Toutrisine	C21 : Ahchichen

La classification hiérarchique des cépages étudiés nous à permet de scinder 4 grands groupes avec 6 sous groupes.

- Le premier groupe, regroupent les cépages : Amghar, , Ferrana Noire, Chaouche, Valenci Blanc, Bezoul El Khadem, Muscat de Foundouk et torki.
- Le deuxième groupe contient les cépages Sbaa Tolba, Ahmar de Benchecao, Ferrana, Cherchali et Toutrisine.
- Le quatrième groupe est constitué par les cépages : Ain El Bouma, Muscat de Gustave, Valenci Noire, Ferrana de Mascara et Ahchichen.

D’après ce dendrogramme, on remarque que le cépage Aberkan (C3) constitue seul un groupe (groupe 3) même s’il était inclus dans le groupe « C » dans l’ACP (figure 46). Ce qui le différencier des autres groupes de cépages c’est son acidité très élevée (> 5 g/l).

Conclusion générale

Au terme de notre travail, dont l'objectif consistait à la caractérisation technologique et biochimique de 21 cépages provenant de la collection de Benchicao (Médéa). Nous avons constaté que les analyses technologiques et statistiques réalisées, ont permis de différencier entre les cépages.

En effet, l'analyse des différents paramètres étudiés montre que le poids de la grappe, la teneur en sucres totaux, l'acidité totale, et les anthocyanes constituent les paramètres les plus discriminants dans cette étude.

De point de vue physique, notamment la production. Les cépages Valenci Noire, Aneb El kadi, Ain El Bouma et Ahmar de Mascara semblent les plus productifs parmi les cépages étudiés et ils pourraient être intéressants pour la production de raisins de table.

Concernant les caractéristiques biochimiques étudiées, notamment le taux de sucre. Les cépages Muscat d'El Adda, Muscat de Foundouk et Torki ont enregistré un taux de sucre assez élevé par rapport aux cépages cultivés, dépassant les 215 g/l.

Valenci Blanc, Amghar, Muscat d'El Adda, Torki et Muscat de Foundouk, présentent des caractéristiques intéressantes (richesse en polyphénols, acidité importante et titre alcoométrique élevé) pouvant intéresser la filière vitivinicole algérienne et pourquoi pas mondiale.

Pour le stade de maturation, qui est considéré comme un critère important de point de vue agronomique qu'économique. Nous avons constaté au cours de notre étude, que la majorité des cépages autochtones étudiés ont présentés un indice de maturation très élevé (Sbaa Tolba, Valenci Blanc, Valenci Noir, Aneb El kadi, Ahmar de Benchecao, Amghar, Muscat d'El Adda, Ain El Bouma, Cherchali, Bezoul El khadem, Torki, Toutrisine, Ahmar de Mascara, Muscat de Fondouk, Muscat de Gustave, Ferrana de Mascara, Ferrana Noire, Ferrana, Ahchichen). Ce qui les distingue comme des cépages précoces par rapport aux autres.

La différence de précocité, nous offre une large période de maturité qui représente un intérêt économique pour le pays, tout en permettant d'élargir la période de consommation avec variabilité de production.

Les critères biochimiques utilisés ont pu révéler une différence au sein d'individus étudiés. L'utilisation de cette clé de caractérisation des cépages, nous semblent valable pour une zone ou une région donnée avec un nombre de cépages limité, car les caractéristiques environnementales et le mode de conduite influencent considérablement sur la vigueur ce qui se répercute sur les paramètres étudiés. Par conséquent il n'est pas possible d'envisager l'élaboration d'une caractérisation définitive.

Cependant, les résultats obtenus dans ce travail devaient être confirmés par :

- Il serait intéressant de compléter ce travail avec d'autres analyses chimiques telles que : l'intensité colorante, le profil aromatique, la composition minérale et protéique ainsi que l'analyse organoleptique et microbiologique, afin de mieux élucider toutes les caractéristiques des raisins.

Enfin, pour mieux répondre à la question de caractérisation et de valorisation de ces cépages, il est nécessaire de réaliser d'autres travaux sur plusieurs années, ainsi que l'utilisation des techniques d'identification modernes basées sur le marquage moléculaire pour une meilleure caractérisation variétale qui fera une première étape pour d'éventuels travaux de recherche.

Références bibliographiques

1. **Addicott F.T.H.R., Carns J.L., Lyox O.E.S., Mc Means J.L., 1964.** On the physiology of abscisins. In: Régulateurs de la croissance végétale; C.N.R.S. Paris, pp: 687-703.
2. **Aigrin P., 2003.** Note de conjoncture mondiale. Bull. OIV, pp : 867-868.
3. **Affi M., El-Kereamy A., Legrand, V., Chervin, C., Monje, M.C., Nepveu, F., and Roustan, J.P. 2003.** Control of anthocyanin biosynthesis pathway gene expression by eutypine, a toxin from *Eutypa lata*, in grapecell tissue cultures. J. Plant Physiol. 160, pp: 971-975.
4. **Alfenito M.R., Souer E., Goodman C.D., Buell R., Mol J., Koes R., Walbot V. 1998.** Functional complementation of anthocyanin sequestration in the vacuole by widely divergent glutathion *S* transferases, Plant Cell 10, pp: 1135-1149.
5. **Amaral J. D., 2000.** O grande livro do vinho. 2 edição. Circulo de leitores. Lisboa.439p.
6. **Amaturda M., 1960 .** La taille de la vigne. Revue horticole de l'Algérie, n°71. 63p.
7. **Ammouche Y., Cherfioui T., 2008.** Contribution à l'étude phénologique de 41 cépages autochtones de la collection ampélographique de l'ITAFV de Benchicao (Médéa). Thèse d'ing. en Sci. Agro. UMMTO. 92p.
8. **Amrani-joutei K., Glories Y., Mercier, M. 1994.** Localisation des tanins dans la pellicule de baies de raisin. *Vitis* 33, pp :133-138.
9. **Arnold C., Guillet F., Gobat J.M., 1998.** Situation de la vigne sauvage *Vitis vinifera* ssp *Silvestris* en Europe. *Vitis* 37, pp: 159-170.
10. **Anonyme, 2007.** Production mondiale de raisin et de vin, FAO, Rome.
11. **Anonyme, 2012.** Statistiques de production vitivinicole MADR. Algérie.
12. **Anonyme, 2012.** Statistiques de production de raisin, DSA wilaya de Boumerdes.
13. **Anonyme, 2013.** Composition du vin. [www. Abrégé. Com/vinif.html](http://www.Abrégé.Com/vinif.html)
14. **Augustin M., 1971.** Cours de vinification, l'analyse des vins. I.N.A. El-harrach, Alger.
15. **Inaki G., Brisson N., Jacquet O., Payan J.C. 2005.** Dynamiques de la maturation du raisin (*Vitis vinifera* L).
16. **Isnard H., 1951.** La vigne en Algérie, étude géographique. Tome 1 Ophysgop.278p.

17. **Basler A., 2000.** L'environnement international pour le développement de l'arboriculture et de la viticulture en Algérie. 70p.
18. **Baggiolini, 1952. In Reynier, 2000.** Manuel du viticulteur. 5^{ème} Edition. J.L . Bailliere, Paris.
19. **Balik J., Kumsta M., Rop O. 2013.** Comparison of anthocyanins present in grapes of 9 varieties and hybrids grown in the Czech republic, Chemical papers, 67 (10), pp: 1285-1292.
20. **Bisson J., 1999.** Essai de classement des cépages français en éco-géo-groupes phénotypique. Journal Int. Sci. Vigne 33 (3), pp : 105-110.
21. **Blouin J. et Peynaud E., 2001.** Connaissance et travail du vin. 3^{ème} Edition, Dunod, Paris. 355 p.
22. **Bowers J.E. and Meredith C.P., 1996.** Genetic similarities among wine grape cultivars revealed by Restriction Fragment-Length Polymorphism (RELP) Analysis. Journal of American Soc. Hort. Sci. 121 (4), pp: 620-624.
23. **Bourziex., 1970;** Les colorants du raisin et du vin.
24. **Braconnier, R. , Dillandard, J., Lenieg, M. 1952.** Viticulture in nouveau Larousse Agricole. Librairie Larousse, pp : 497-528.
25. **Branas J, Bernon G et Levadoux., 1946.** Eléments de viticulture générale. Ed : Nation agri, Montpellier.
26. **Bourgeois C. M. et Larpent J.P., 1996.** Microbiologie Alimentaire. Tome 2 : Les fermentations alimentaires. Edition, technique et documentation- Lavoisier.
27. **Bouquet A. et Boursiquot J.M., 1996.** La conservation des ressources génétiques de la vigne. Journal International des sciences de la vigne et du vin. N^o Hors série : pp : 41-45.
28. **Bourzeix M., 1970.** Les colorants du raisin et du vin. Station d'œnologie et de technologie végétale de Narbonne (Aude), I.N.R.A.
29. **Boursiquot J.M., Faber M.P., Blachier O., Truel P., 1987.** Utilisation par l'informatique et traitement statistique d'un fichier ampélographique. Agronomie 7, pp : 13-20.
30. **Boursiquot J.M. et This P., 1996.** Vigne et vin. Publication internationale-Martillac. 33, pp :13-19.
31. **Bourquin J.C., Otten L. et Walter B., 1995.** PCR-RFLP analysis of Vitis, Ampelopsis and Pathenocissus and its applications to the identification of rootstocks-Vitis 34: pp: 103-108.

32. **Bretaudeau, J-Faure, 1990** . Atlas de l'arboriculture fruitière. Vol.4. 263 p.
33. **Bucher N., Zyprain E. et Blaich R.,1993**. Identifiacion of grapevine cultivars by DNA analysis : Pitfalls of Random Amplified Polymorphic DNA technics using 10-Mer primers. *Vitis* 32, pp:187-188.
34. **Bugnan F. and Besis R., 1968.** . Biologie de la vigne. Acquisitions recentes et problèmes actuels, Masson et Cie.
35. **Cadot Y., 2007**. Les tanins des pépins de raisin : évolution et importance œnologique. conférence SIVAL, 19 janvier 2007.
36. **Cadot Y., Bottois N., Barbeau G., Goulet E., MiñanaCastelló M.T., Champenois R., 2006**. Relation between the environmental factors of the terroir system and flavan-3-ol composition of grape berry seeds and skin at preveraison stage and harvest. Influence of dedicate viticultural management. 6ème Congrès international des terroirs viticoles.Bordeaux, 3-5/07/2006 et Montpellier 6-7/07/2006.
37. **Carbonneau A., 1991**. Observation sur vigne : codification des données agronomiques. *Riv. Vit. Eonol*, N.4 : 37-47 pp.
38. **Carles J., 1984**. La chimie du vin. Que sais-je ? édition Presses Univer. de France.
39. **Champagnol F., 1984** . Elément de physiologie de la vigne et de la viticulture générale.
40. **Cauvet M., Reynier A., 1979**. Manuel de viticulture coll. D'enseignement agricole. Ned. Paris J.L.Bailliere, 351p.
41. **Chevalier M., Miñana Castelló M.T., Bernard C., Bouvier L., Taglioni J.P. Cadot Y. 2006**. L'histologie et l'histochimie, des outils d'étude des composés phénoliques de la baie de raisin et de leur impact sur la qualité des vins.XII Colloque National de la Recherche dans les IUT 1-2 juin 2006, Brest. Communication orale.
42. **Charaz J., 1984**. Stabilisation tartrique des vins. Optimisation de l'usage d'équipement de réfrigération déjà existant en cave. *Connaissances vigne Vin*, 18, (3), pp : 185-194.
43. **Crespy A., 1987**. Viticulture d'aujourd'hui. Ed: Tech et Doc Lavoisier, pp 34-35.
44. **Conde C, Silva P, Fontes N., 2007**. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Americ. J Enol Vitic* , 67, pp: 425-433.
45. **Coombe B.G. and McCarthy, M.G., 2000**. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of grape and wine research* 6: pp: 131-135.
46. **Columela L.J.M., 1959**. de rerusticaTraducc C.J. Castro como los docelibros de agricultura. Ed. Iberia Barcelona Vol III. Cap.II: pp : 81-86.

47. **Cuisset C., 1998.** Etude de la diversité génétique de la vigne (*Vitis vinifera L.*) par les marqueurs morphologiques et moléculaires. Thèse de doctorat en sciences agronomiques de l'école nationale supérieure agronomique de Montpellier. 141 p.
48. **Davaux F., ITV 2001.** L'acidité du mout au vin : D'autres alternatives à l'acidification par l'acide tartrique. France Midi- Pyrénées,,29 Novembre 7p.
49. **Delarze R., 2009 .** *Vitis vinifera subsp. Sylvestris*. Plan d'action pour (C.C.GMEL) HEGL (vigne sauvage). Version 1b. Cantons de Fribourg. Genève, Neuchâtel, Vaud.
50. **Delanoe D., Maillard C. et Maisondieu.D., 1987.** Le vin de l'analyse à l'élaboration. Ed. Technique et documentation-Lavoisier.
51. **Delluc L., 2004.** Identification et caractérisation fonctionnelle de deux gènes régulateurs du métabolisme des composés phénoliques de la baie de raisin. Thèse de doctorat de l'université Bordeaux. 310 p.
52. **Divies. C. et Cavin. F., 2005.** In sciences des aliments. Editions, Technique et Documentation- Lavoisier.Paris.
53. **Di Vecchi S., 2007.** Caractérisation moléculaire des cépages autochtones Italiens. Thèse doctorat. Université de Florence (Italie). 132p.
54. **Divol B., 2004.** La microbiologie des vins issus de raisins botrytisés au cours de l'élevage. Caractérisation des souches de *Saccharomyces cerevisiae* responsables de fermentations. Thèse de doctorat de l'Institut Nationale Polytechnique de Toulouse. 234 p.
55. **Dufourq T., Charrier F., Guérin-Schnieder., 2006.** Effet de l'exposition des grappes sur le potentiel aromatique des raisins et des vins de colombar B et melon B.7p.
56. **Duchez J. et Ioy M., 2005.** Projet d'Analyse de données. La classification ascendante hiérarchique.
57. **Duchêne E., Huard F., Dumas V., Schneider C., Merdinoglu D., 2010.** The challenge of adapting grapevine varieties to climate change. *Clim. Res.* 41, pp : 193–204.
58. **El Heit K. et al., en préparation ;** Genetic analysis of autochthonous cultivars from Algeria.
59. **Galet P., 1971.** Précis de viticulture. 2^{ème} édition. Dehan. Montpellier. 584 p.
60. **Galet P., 1967.** Recherche sur les méthodes d'identification et de classification des vitacées des zones tempérées, 2 tomes, 526 p. (thèses doctorat des sciences).
61. **Galet P., 1977.** Les maladies et les parasites de la vigne (T2) : les parasites animaux ; Nématodes, acariens, insectes, oiseaux, mammifères. Imp. Du Paysan du midi. Montpellier. 147p.

62. **Galet P., 1988** . Cépages et vignobles de France : Les vignes américaines. 2^{ème} édition. T1. Dehan. Montpellier.
63. **Galet P., 1993** . Précis de viticulture. 6^{ème} édition. Dehan. Montpellier. 612 p.
64. **Galet P., 2000** . Dictionnaire encyclopédique des cépages, Hachette.935p.
65. **Galet P., 2001** . Grands cépages. Hachette.159 p.
66. **Girard G., 2001** . Base scientifique et technique de la viticulture. Technique et documentation. Lavoisier. Hondres, paris, New York, pp :221-275.
67. **Galet., P., 1998**. Précis de viticulture. 7^{ème} ed. Déhan. Montpellier. 561p.
68. **Gorgorcena Y., Arusekar S., Danddekar A.M. et Parfitt D.E., 1993** ; Molecular markers for grape charaterization. *Vitis* 32, pp: 181-185.
69. **Gomez C., Terrier N., Torregrosa L, Vialet S., Fournier-Level A., Verriès C., Souquet JM., Mazauric JP., Cheynier V.2004**. Type proteins act as vacuolar H+-dependent acylated anthocyanin transporters. *Plant physiology*, 150(1) , pp: 402–15,
70. **Ghrai F., Lahouar L., El arem A., Faten B., Ferchichi A., Lotfi A., Salem S.. 2013**. Physico chemical composition of different varieties of raisins (*Vitis vinifera* L.) from Tunisia. *Industrial crops and products*, 43, pp: 73-77.
71. **Grouzis M, 1991**.Phénologie des deux espèces ligneuses sahéliennes : aspects méthodologiques et influence des facteurs du milieu. *In* phénologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, Paris, 489 p.
72. **Guiraud J. et Galzy P., 1980.** ; Analyses microbiologiques dans les industries agro alimentaires. Edition, Robert Laffont.
73. **Huglin P. et Scheider T., 1998**. Biologie et écologie de la vigne. Ed. payot. Lausanne. 370 p.
74. **IFV, 2009**. Méthodes d'analyses : Institut Français de la Vigne et du Vin de Midi-Pyrénées- Vinnopoles- BP 22- 81310, Lisle sur tarn.
75. **I.N.R.A., 2000**. Botanique de la vigne : Position taxonomique, Présentation de la biodiversité des Vitacées et de *Vitis vinefera*. Réalisation G.L.L, équipe communication I.N.R.A.Montpellier.6p.
76. **Inaki G., Brison N., Olivier jacquet. Payan JC., 2005**. Dynamiques de la maturation du raisin (*Vitis vinifera* L).
77. **Jančarova I., Jančar L., Naplavov A., Kuban V. 2013**. Changes of organic acids and phenolic compounds in grapevine berries during ripening.*European Journal of chemistry*, 11(10), pp: 1575-1582.
78. **Johnson H., 1990**. Une histoire mondiale du vin de l'antiquité à nos jours. Hachette.

- 79. Joly D., 2005.** Génétique moléculaire de la floraison de la vigne. Thèse doctorale en Aspects Moléculaires et Cellulaires de la Biologie. Ecole doctorale : Sciences de la Vie et de la Santé. Université Louis Pasteur de Strasbourg. 143p.
- 80. Kappel C D., 2010.** Biologie intégrative du métabolisme de la baie de raisin. Thèse de doctorat. Université de Vector Segalen Bordeaux.177p.
- 81. Kennedy J., 2002.** Understanding grape berry development. Daprtment of food science and technology. Oregan State University. Corvallis. OR.
- 82. Kenndy J. A., Troup G.J., Pilbrow J.R., Hutton D. R., Hewitt D., Hunter C.A., Ristic R., Iland P.G. and Jones, G.P., 2000.** Development of seed polyphenols in berries from *Vitis vinefera L. CV. Shiraz*. Australian journal of grape and wine research 6, pp: 244-254.
- 83. Koundouras S., 1999.** Incidence des sols et du climat de la région viticole de Nemé (Grèce) sur le régime hydrique et la physiologie du cépage Agiorgitico (Saint- Georges) ; relations avec la maturation du raisin et la composition des vins. Thèse de doctorat de l'université de Bordeaux.
- 84. Lacombe T., Laucou V., Di Vecchi M., Bordenavel., Bourse T., Siret R., David J., Boursiqot J. M., Bronner A., Merdioglu D., This p., 2003.** Contribution à la caractérisation et à la protection in situ des populations de *Vitis vinifera L.ssp. Selvestris* (gmelin) hegi, en France. Les actes du BRG, 4, pp : 381-404.
- 85. Lacompagne S., 2010.** Localisation et caractérisation des tanins dans la pellicule du raisin : Etude de l'impact de l'organisation physico-chimique des parois cellulaires sur la composante tannique, la qualité du fruit et la typicité des raisins de Bordeaux. Thèse de doctorat de l'université de Victor Seglan Bordeaux 2.
- 86. Levadoux L., 1967.** Possibilité naturelles offertes à la culture des raisins de table en Algérie.
- 87. Long J.,1979.** Vignes et vignobles. Ed. Hachette, pp : 9-29.
- 88. Maheut J.P. and Griffe M., 1997.** Le vin 50 siècles de passion, C.L.C.D.M. Griffe, TSH, lacannete.
- 89. Maigre D., 2001.** Identification des cépages dans les raisins, les moûts et les vins: Possibilités actuelles et perspective offertes par marqueurs moléculaires, 92, (6), pp: 632-640.
- 90. Marchal L.,1950.** Eléments de physiologie végétale. Ed : Librairie. Agri. De la Maison Rustique, Paris, 343 p.

91. **Marchal L., 1989.** Value and utilization in different agro. Ecological zones. Edited by W.A. Verheyne, pp: 83-116.
92. **Marchive C., 2006.** Identification et caractérisation fonctionnelle d'un gène codant un facteur de transcription de type WRKY chez la vigne, VvWRKY1. Implication dans les mécanismes de défense. Thèse doctorale en sciences du vivant, sciences de l'environnement, option sciences des aliments. Université Bordeaux 1. 137p.
93. **Marsais M., 1939.** Réglementation des normes de la maturité du raisin et du jus de raisin, Rabat, pp : 35-43.
94. **Mathieu C., 2003.** Analyse physique des sols. pp : 19-20.
95. **Maugé C., 2010.** Biosynthèse des Flavan-3-ols chez *Vitis vinifera* : structure, mécanisme catalytique et première approche cinétique de la leucoanthocyanidine réductase. Thèse de doctorat en sciences de la vie et de la santé. Université de Bordeaux. 270p.
96. **Mullins M.G., Bouquet A., Williams L.E., 1992.** Biology of grapevine: Cambridge University Press.
97. **Navarre C., 1994.** L'oenologie. Agriculture, Aujourd'hui, Sciences, Techniques, application. 3^{ème} édition, Technique et Documentation-Lavoisier, pp : 78-93.
98. **O.I.V., 2003.** Norme internationale pour l'étiquetage des vins et des eaux-de-vie d'origine vitivinicole.
99. **O.I.V. 2010.** Statistiques de viticulture mondiale.
100. **O.I.V., 2011.** Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts.
101. **O.I.V., 2005.** Statistiques mondiales de production. Paris.
102. **Pallioti A., Panara F., Sabbattini F., Howell J.S. 2013.** Post veraison application of an anti transpirant di 1p-dimethene to control sugar accumulation in Sangiovese grapevines. American Journal of Enology and Viticulture, 64(3), pp:378-385.
103. **Pavlovšek P. et Kumšta M., 2011.** Profiling of primary metabolites in grapes of interspecific grapevine varieties: sugars and organic acids, Czech Journal of Food Science, 29(24), pp: 361-372.
104. **Peypaud E., 1997.** Connaissance et travail du vin. Edition, Dunod, Paris.
105. **Pereira E., 1971.** Contribution de la chimométrie à la caractérisation des fruits : application des profils métaboliques du raisin à l'étude des effets du climat, de sol et de cépages. Thèse de doctorat de l'Université Bordeaux 2. 178 p.
106. **Reynaud E., 1997.** Connaissance et travail du vin. Edition, Dunod, Paris.
107. **Reynier A., 1989.** Manuel de viticulture. 5^e édition. J.L. Baillière. Paris. 406p.

108. **Reynier A., 1991** . Manuel de viticulteur. 4^{ème} édition J.L.Bailliere, Paris.
109. **Reynier A., 2000**.Manuel de viticulteur.5^{ème} édition. J.L.Bailliere, Paris.
110. **Reynier A., 2003**. Manuel de viticulture. 9^e édition. J.L Bailliere. Paris. 548p.
111. **Ribereau-Gayon G. et Peynaud E., 1975**. Traité d'œnologie. Sciences et techniques du vin. Tome 2 : Analyse et contrôle des vins. Dunod, Paris.
112. **Ribereau-Gayon G. et Peynaude E., 1971**. Sciences et technique de la vigne, T1, biologie de la vigne, sol de vignoble. Ed: Dunaud, Paris. 722p.
113. **Simon J., 1974** . Viticulture. Imp. Déhan Montpellier. 990 p.
114. **Shellie K., 2006**. Production systems to promote yield and quality of grapes in the pacific northwest. Amer. Journal of Enology and viticulture, 57(4), pp : 514-518.
115. **Sirot, 1963**. Le vin. Edition, Hachette.
116. **Siret R., 2001**. Etude de polymorphisme génétique de la vigne cultivée (*Vitis vinifera* L.) à l'aide de marqueurs microsattellites : application à la caractérisation des cépages dans les vins. Thèse de doctorat en sciences des aliments. Université de Montpellier. 130p.
117. **Song J., Krista C.S., .Hua W., Qian M.C., 2012**. Influence of deficit irrigation and kaolin particle film on grape composition and volatile compounds in Merlot grape (*Vitis vinifera* L.). Food chemistry, 134, pp: 841-850.
118. **Souquet et Coll, in Blouin J. et Peynaud E., 2001**. Connaissance et travail du vin. 3^{ème} Edition, Dunod, paris, 355 p.
119. **This P., Cuisset C., et Boursiquot J.R., 1997**. Development of stable RAPD Markers for the identification of grapevine rootstocks and the analysis of genetic relationships. Am. J. Enol.Vitic., 48,(4), pp: 492-501.
120. **This P., Dettweiler E., 2003**. EU- project-genrs CT96 N°81: European vitis data base and results regarding the use of a common set of microsattelite markers. Acta. Hortic. 603, pp:59-61.
121. **Toumi M., 2006**. Evaluation de l'état nutritionnel du vignoble de table. Thèse de doctorat d'Etat en sciences agronomiques. Institut National Agronomique El Harrach. Alger.
122. **Ussiglio-Tomasset L., 1995**. Chimie œnologique. 2^{ème} édition, Technique et Documentation- Lavoisier.
123. **Villa P., 2005** ; La culture de la vigne. Ed Vecchi S.A. Montmartre. 75002 Paris. 151p.
124. **Vivas N., St-Criq de gaulejac N., Demptos T., Glories Y.,1998**.Faculté d'œnologie de Bordeaux II. Maturation phénolique : definition et contrôle.10 p.

- 125. Vidal J. P., 1965.** Viticulture. Ecole marocaine d'agriculture de Méknès. T2. 106 pp.
- 126. Vidaud J.,1993.** Raisins de tables. 236 p.
- 127. Vivas N., St-Criq de gaulejac N., Demptos T., Glories Y., 1998.** Faculté d'œnologie de Bordeaux II. Maturation phénolique : définition et contrôle.10 p.
- 128. Williams J.G.K., Kuberlik A.R., Livak K.J., Rafalski J.A. and Tingey S.V., 1990.** DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic acids Res.18, pp: 6531-6535.
- 129. Winkler A.J., 1974.** Viticultura. Compañía Editorial Continental, S.A., Mexico. 792p.

L'Algérie est un pays très riche en biodiversité de la vigne. Sa culture existait depuis l'antiquité bien avant la colonisation. En dehors des cépages connus mondialement qui sont cultivés, l'Algérie est aussi dotée d'un patrimoine viticole très diversifié constitué, hormis les cépages classiques, d'un grand nombre de variétés autochtones réparties essentiellement en zone de montagnes. On assiste malheureusement à une forte régression de ces vignes locales où elles n'existent actuellement que sous forme de vieilles collections (germoplasmes), situées dans des stations expérimentales telle que l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (ITAF) de Benchicao à Médéa. Face à cette régression, le patrimoine viticole doit faire l'objet d'une réhabilitation des cépages autochtones à travers un programme d'actions de caractérisation, de sélection, et de valorisation. Dans ce contexte, nous avons procédé à l'étude de plusieurs paramètres physiques, et biochimiques de 21 cépages, en vue de contribuer à définir leurs différentes caractéristiques comme il a été fait pour les variétés de raisins de table ou de cuve cataloguées à travers le monde. Les 21 cépages autochtones qui ont fait l'objet d'une telle étude sont : Ahmar de Benchicao, Muscat d'El Adda, Muscat de Foundouk, Muscat de gustave, Ferrana de Mascara, Ferrana Noire, Cherchali, Bezoul El Khadem, Chaouche, Ain El Kouma, Valenci Blanc, Valenci Noire, Toutrisine, Aberkan, Amghar, Torki, Ahmar de Mascara, Ahchichen, Aneb El Kadi, Sbaa Tolba. A partir d'un prélèvement des baies de chaque cépage, on a fait les pesées pour les 100 baies, la baie et les pépins des 100 baies de chaque cépage. Une partie des baies prélevées (200) est pressée manuellement à l'aide d'un fouloir, le jus et le marc sont séparés. Sur le jus, on a déterminé : la teneur en sucres totaux, la teneur en sucre réducteurs, la teneur en saccharose, l'acidité totale, l'acidité titrable, l'indice des polyphénols totaux, la teneur en tanins, la teneur en anthocyane et le degré alcoométrique. Les méthodes d'analyse OIV étaient notre principale référence. La détermination de taux de sucres et l'acidité a permis de dire de trouver des cépages très sucrés (plus de 215 g/l) tels que Muscat de Foundouk et Torki et d'autres cépages qui sont vraiment acides tel que aberkan (plus de 5 g/l d' H_2SO_4). La mesure de l'indice des polyphénols totaux a donné des bons résultats pour l'ensemble des cépages qui varie entre 10 % et 21%. Les résultats de l'analyse de la variance au seuil de 5% ont révélé des différences très hautement significatives pour la majorité des paramètres étudiés. Dans la représentation graphique des cépages étudiés, on a scindé 4 groupes de cépages : le groupe A qui regroupe les individus à poids de la grappe très élevé (Aneb El Kadi, Ahchichen, Valenci Noir, Ferrana de Mascara, Muscat de gustave) ce groupe est en opposition avec le groupe B qui se caractérise par des teneurs élevées en sucres totaux, en saccharose et ils ont un degré alcoométrique très élevé, il regroupe les cépages (Ferrana Noire, Bezoul El Khadem, Valenci Blanc, Torki, Chaouche et Muscat de Foundouk). Le groupe C qui se caractérise par un poids de la grappe, de baie très élevé et une forte acidité, il regroupe les cépages (Aberkan, Ahmar de Mascara, Ain El Bouma, Amghar) ce groupe est en opposition avec le groupe D qui rassemble les individus à bonnes teneurs en anthocyanes (Toutrisine, Ahmar Benchicao, Ferrana, Cherchali, Sbaa Tolba). La classification hiérarchique ascendante classe le cépage Aberkan en un seul groupe à cause de son acidité importante. L'interprétation des résultats obtenus par ce travail fait ressortir les meilleurs cépages ayant des propriétés remarquables qui peuvent servir à la recherche de la meilleure typicité des cépages mineurs qui peuvent éventuellement être valorisés au détriment des cépages étrangers d'introduction récente.

Mots clés : caractérisation, *Vitis vinifera*, physique, biochimique, cépages, autochtones, jus.