

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



Département de Biologie et Ecologie Végétale

N° d'ordre : 46/DS/2017

N° de série :06/Eco/2017

THÈSE

Présentée à l'université des Frères Mentouri Constantine 1 pour l'obtention
du Diplôme de **Doctorat en Sciences**

Option : **Biologie et Physiologie Végétale**

Soutenue publiquement par

BENMEHAIA Radhouane

APPROCHE MORPHOLOGIQUE, PHYSIOLOGIQUE ET
BIOCHIMIQUE DE LA FERTILITÉ DES BOURGEONS
LATENTS DE LA VIGNE (*Vitis vinifera* L.)

Devant le jury :

Président :	BENLARIBI Mostafa	Prof. Université Constantine 1
Rapporteur :	BENTCHIKOU M. El Moncef	Prof. Université Constantine 1
Examineurs :	BAHLOULI Fayçal	Prof. Université M ^{ed} Boudiaf, M'sila
	BENAZIZA Abdelaziz	MCA. Université M ^{ed} Kheider, Biskra
	LAYADHI Ziane	MCA. Université M ^{ed} Kheider, Biskra

Année Universitaire : 2016/2017

*À ma mère, mon père
Mon épouse et mes quatre enfants
Sans oublier les esprits de Amar Benabedrabou et Manine*

REMERCIEMENTS

Je remercie le Bon Dieu, Le Tout Puissant, Le Miséricordieux, pour m'avoir apprêté ce cheminement.

Mes vifs remerciements vont à mon encadreur Bentchikou Mohamed El Moncif, pour la confiance qu'il m'a accordée, l'encadrement qu'il m'a offert pour ce travail et tout le soutien qui m'a permis d'achever ce travail à terme.

Je remercie Mr. Benlaribi Mostafa de m'avoir fait l'honneur de présider le jury et que je lui manifeste la marque de mon profond respect.

Je remercie chaleureusement Bahlouli Fayçal et Layadhi Ziane et Benaziza Abdelaziz de m'avoir fait l'honneur d'évaluer ce travail.

Mes remerciements vont ensuite à tout le staff de l'institut technique de l'arboriculture fruitière (ITAFV) de Emdjez-Eddechiche (Skikda) pour leur soutien et leur aide précieuse.

Je remercie aussi tout le personnel de groupe *Viticultura* de la *Mision Biologica* de Galicia qui m'ont accueilli, particulièrement : Maria Carmen Martinez, Jose Luis Santiago, Suzana Boso et Pilar Gago pour leurs précieuses aides dans mon travail.

Je ne terminerai pas sans adresser un immense merci à mes proches, spécialement mon ami Ahmed Simezrag, mes frères Ibrahim et Amine pour avoir été présents dans les moments de doute et pour le soutien qu'ils m'ont apporté.

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

INTRODUCTION ----- 1

CHAPITRE I : Concepts fondamentaux sur la biologie du bourgeon ----- 3

I.1. Description morphologique des différents types de bourgeon.----- 3

a) Prompt-bourgeon----- 3

b) Bourgeons de la couronne ----- 3

c) Bourgeons du vieux bois :----- 3

d) Bourgeon latent : ----- 4

I. 1. 1. Approche descriptive du bourgeon latent ----- 5

I. 1. 2. Morphologie de l'ébauche inflorescentielle. ----- 7

I. 2. Éléments sur le cycle de développement de la vigne. ----- 7

I. 2. 1. Description des stades de développement chez la vigne. ----- 7

I. 2. 2. Initiation florale. ----- 8

I. 2. 3. Floraison. ----- 10

I. 2. 4. Nouaison et coulure. ----- 10

I. 2. 5. Véraison et maturation ----- 12

CHAPITRE II : Fertilité des bourgeons latents de la vigne----- 13

II. 1. Définition de la fertilité du bourgeon latent. ----- 13

II.2. Expressions de la fertilité du bourgeon latent. ----- 13

II. 2. 1. Indice de la fertilité de Laporte. ----- 13

II. 2. 2. Sortie. ----- 14

II. 2. 3. Expressions de la fertilité de Bessis. ----- 14

II. 3. Détermination anticipée de la fertilité : ----- 16

II. 4. Variation et fluctuation de la fertilité ----- 17

II. 4. 1. Variation de la fertilité. -----	17
II. 4. 2. Fluctuation de la fertilité.-----	18
II. 4. 2. 1. Fluctuation en fonction du rang du bourgeon-----	18
II. 4. 2. 2. Fluctuation en fonction de la vigueur -----	19
II. 4. 2. 3. Fluctuation en fonction des conditions climatiques -----	20
a) Effet de la lumière. -----	20
b) Effet de la température. -----	20
c) Eau-----	21
II. 4. 2. 4. Fluctuation en fonction des autres facteurs. -----	21
CHAPITRE III : Matériels et méthodes -----	23
III. 1. Matériel végétal -----	23
III. 2. Méthodologie suivie -----	24
III. 2. 1. Fertilité potentielle réelle-----	24
III. 2. 2. Fertilité potentielle apparente -----	25
III. 2. 3. Fertilité pratique -----	25
III. 2. 4. Les composantes de rendement -----	25
III. 3. Analyses statistiques -----	25
III. 4. Méthode de comptage des boutons floraux par traitement d'image -----	26
III. 4. 1. Difficultés liées au comptage manuel -----	27
III. 4. 2. Difficultés liées au comptage automatique -----	28
III. 4. 3. Présentation de l'algorithme de comptage automatique-----	28
a) Prétraitement de l'image -----	29
b) Algorithme de comptage par la ligne de partage des eaux (LPE) -----	29
III. 4. 4. Sensibilité de la méthode-----	30
a) Sensibilité à l'éclairage (contraste) -----	30
b) Sensibilité à l'échelle de niveaux de gris -----	30
c) Sensibilité aux opérations morphologiques -----	30
d) Sensibilité aux bruits -----	30
CHAPITRE IV : Resultats et discussions-----	31
IV. 1. Analyse exploratoire de la fertilité des bourgeons latents -----	31
IV. 1. 1. Pourcentage de débourrement -----	31
IV. 1. 2. Variation de la fertilité par rang de bourgeon latent -----	33

a) Variation de la fertilité potentielle apparente et pratique par rang-----	33
b) Variation de la fertilité potentielle réelle par rang-----	36
IV. 1. 3. Analyse préliminaire -----	39
IV. 1. 4. Analyse inter et intra-variétale de la fertilité-----	39
IV. 2. Composantes de rendement -----	44
IV.2.1. Poids des baies -----	44
IV.2.2. Poids des grappes -----	46
IV.2.3. Longueur et largeur des baies -----	46
IV.2.4. Taux de réfraction -----	49
IV. 3. Synthèse récapitulative -----	51
IV. 4. Analyse des différentes formulations de la fertilité-----	55
IV.5. Résultats sur la méthode de comptage des boutons -----	59
IV. 5. 1. Prétraitement des images-----	59
IV. 5. 2. Test de modèle issu de LPE -----	62
CONCLUSION -----	65
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES-----	67
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classement de cépages par la fertilité potentielle réelle à base de Test t(LSD)-----	41
Tableau 2 : Classement de cépages par la fertilité potentielle apparente à base de Test t(LSD)-----	42
Tableau 3 : Classement de cépages par la fertilité pratique à base de Test t(LSD)-----	43
Tableau 4 : Tableau de classement de cépages par poids de baies à base de Test t(LSD) -----	45
Tableau 5 : Classement des cépages par rapport la longueur et la largeur des baies -----	48
Tableau 6 : Classement de cépages par taux de réfraction à base de Test t(LSD)-----	50
Tableau 7 : Corrélations entre les trois types de fertilité-----	55
Tableau 8 : Résultat de la régression MCO -----	57
Tableau 9 : Coefficient de la régression Variable dépendante : Mesures effectives -----	63

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Différents types de bourgeons sur un pied de vigne -----	4
Figure 2 : Emplacement et coupe longitudinale d'un bourgeon latent-----	5
Figure 3: Diagramme d'Eichler, constitution du complexe gemmaire de la vigne. -----	6
Figure 4 : Dynamique de la croissance des bourgeons de la souche-----	9
Figure 5 : Étude de la chute des fleurs et fruits en fonction du temps, principalement au voisinage de la floraison -----	11
Figure 6 : Variation de la fertilité, exprimée en nombre de grappes (G), le long d'un bois porteur à 14 bourgeons (R), chez le Riesling (Huglin, <i>in</i> Bugnon et Bessis, 1968)-----	18
Figure 7 : Variation du nombre moyen des fleurs (F) en fonction du rang d'insertion (R) des bourgeons sur sarments de vigueur donnée.-----	19
Figure 8 : Localisation de la zone d'étude -----	23
Figure 9 : Différentes étapes de la détermination de la FPR-----	24
Figure 10 : Pourcentage de débourrement de vignoble en fonction du rang de bourgeons sur le cep---	31
Figure 11 : Variation de taux de débourrement en fonction de l'année et des cépages. -----	32
Figure 12 : Pourcentage de débourrement global en fonction des cépages étudiés-----	32
Figure 13 : Variation de la FPA et FP des cépages en fonction de rang du bourgeon -----	35
Figure 14 : Variation de la FPR des cépages selon le rang du bourgeon-----	38
Figure 15 : Fertilité potentielle apparente et fertilité pratique des différents cépages -----	39

Figure 16 : Fertilité potentielle réelle des différents cépages -----	40
Figure 17 : Poids moyen (en g) des baies par cépage-----	44
Figure 18 : Poids moyen (en g) des grappes par cépages -----	46
Figure 19 : Longueur et largeur moyennes (en mm) des baies par cépages -----	47
Figure 20 : Taux de réfraction moyen (en Brix) par cépage-----	49
Figure 21 : Régression entre le taux de réfraction et le poids de baies -----	49
Figure 22 : Tracé des coordonnées factorielles des variables -----	51
Figure 23 : Représentation graphique de l'ACP pour tous les cépages à la base de la matrice globale---	52
Figure 24 : Tracé des coordonnées factorielles des variables -----	53
Figure 25 : Représentation graphique de l'ACP de l'ensemble des cépages sur la base de la matrice de la fertilité -----	54
Figure 26 : Régression entre la fertilité pratique en fonction de la fertilité potentielle réelle-----	55
Figure 27 : Régression entre la fertilité pratique en fonction de la fertilité potentielle apparente -----	56
Figure 28 : Régression entre la fertilité potentielle apparente en fonction de la fertilité potentielle réelle -----	57
Figure 29 : Résultat de l'estimateur MCO entre la fertilité potentielle réelle et la fertilité potentielle apparente -----	58
Figure 30 : Photographie initiale-----	59
Figure 31 : Image convertie en niveaux de gris -----	59
Figure 32 : Image après élimination du fond -----	60
Figure 33 : Image après binarisation -----	60
Figure 34 : L'image après répartition des objets -----	60
Figure 35 : Image après séparation des catégories -----	61
Figure 36 : Image finale de traitement -----	61
Figure 37 : Représentation des mesures comptées manuellement et celles estimées par LPE. -----	62
Figure 38 : Droite de régression des deux mesures-----	63

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACP	Analyse en Composantes Principales
ANOVA	Analyse de la Variance
FAO	Food and Agriculture Organization
FP	Fertilité Pratique
FPA	Fertilité Potentielle Apparente
FPR	Fertilité Potentielle Réelle
IFI	Integrated Fertility Index
IPGRI	International Plant Genetic Research Institute
ITAFV	Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne
LPE	Ligne de Partage des Eaux
LSD	Least Significant Difference
MCO	Moindre Carrée Ordinaire
OIV	Office International de Vigne et de Vin
PPDS	Plus Petite Différence Significative
UPOV	Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La culture de la vigne s'est surtout illustrée durant la période coloniale par la viticulture de cuve qui s'est caractérisée par l'introduction massive de nouveaux cépages d'origine diverse en vue de l'amélioration qualitative des crus de la métropole.

Il s'en est suivi un bouleversement de l'encépagement originel de notre patrimoine viticole.

Les variétés locales (autochtones) furent délaissées, reléguées ou confinées à certains emplacements (collection). Certaines d'entre-elles (comme le Farrana) ont été utilisées pour cette fin.

Après l'indépendance et la décision d'arrachage qui s'en est suivie, suite aux difficultés d'écoulement de la production vinicole, la priorité a été axée sur le développement du vignoble de table et de séchage. La politique suivie était l'introduction des cépages les plus connus à l'échelle internationale ainsi que ceux nouvellement sélectionnées, qui s'est faite au détriment des variétés locales et qui se poursuit jusqu'à ce jour par ignorance, négligence ou désintérêt de ce patrimoine mal connu et inexploité de la part de nos décideurs ayant en charge le secteur de notre agriculture. Il s'ensuit une perte irrémédiable et irréversible de certains génotypes.

Notre démarche s'inscrit dans le cadre d'une valorisation et de développement de nos ressources phytogénétiques viticoles en vue de faire sortir de l'oubli ces variétés locales dont certaines d'entre-elles (comme Ahmar bou Aneur) ont acquis une notoriété internationale.

En vue de leur exploitation agronomique et leur participation dans le renouveau et le développement de la viticulture de table de notre pays, une connaissance biologique de ces variétés autochtones est une condition sine qua non pour leur utilisation et intégration comme variété à part entière de notre diversité variétale (cycle végétatif, reproducteur).

L'objectif principal de cette contribution est de mettre en évidence les différences intervariétales d'une particularité du cycle reproducteur de la vigne relative à la fertilité des bourgeons latents de quelques cépages autochtones et introduits (*Vitis vinifera* L.) de notre pays.

L'expérimentation de cette thèse s'est réalisée au sein des vignobles de l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (ITAFV) à Emdjez-Eddechiche (Skikda) où nous avons retenu et suivi pendant trois années successives treize cépages autochtones et cinq introduits.

Nous essayerons d'atteindre ce but par la détermination de différentes mesures de la fertilité des bourgeons latents et de composantes de rendement. La connaissance de ces paramètres de point de vue agronomique et pratique est très importante pour l'adoption, le choix et la mise en culture de certains de ces cépages locaux.

CHAPITRE I :
CONCEPTS FONDAMENTAUX
SUR LA BIOLOGIE
DU BOURGEON

CHAPITRE I : CONCEPTS FONDAMENTAUX SUR LA BIOLOGIE DU BOURGEON

I.1. Description morphologique des différents types de bourgeon.

Nous présenterons dans ce point les aspects morphologiques des différents types de bourgeons de la vigne et ses constituants.

Les bourgeons de la vigne présentent une typologie claire. On en distingue quatre : le bourgeon latent, le prompt-bourgeon, les bourgeons de la couronne et les bourgeons du vieux bois.

Sur la base de l'emplacement, nous distinguons : les bourgeons sur-sarment et les bourgeons hors-sarment. Les bourgeons sur-sarment sont : le bourgeon latent et le prompt-bourgeon. Les bourgeons hors-sarment sont les bourgeons du vieux bois et les bourgeons de la couronne (Figure 1).

a) Prompt-bourgeon

Il se situe à côté du bourgeon latent. Ce bourgeon se développe durant son année de formation. Il donne naissance à un rameau court ou entre-cœur, encore appelé 'rameau anticipé' (Bouard, 1971). Son développement n'est pas obligatoire et la structure de son axe est identique à celle de la pousse issue de bourgeon latent à l'exception des dimensions des mérithalles de la base (Huglin et Schneider, 1998).

Il peut porter des petites grappes, appelés 'grappillons' qui fleurissent et mûrissent tardivement (Bouard, 1971). Leur nombre diffère selon la variété.

b) Bourgeons de la couronne

Ils sont un peu moins visibles par rapport aux deux précédents et situé à la base du sarment dont on trouve quelques-uns. Ceux sont des bourgeons dormants, appelés aussi 'bourgeons de l'empatement' où le plus développé porte le nom de 'bourillon' (Bouard, 1971). Ce dernier a une structure plus complexe et renferme souvent une grappe (Huglin et Schneider, 1998). Ils ne se développent généralement pas et deviennent par la suite des bourgeons du vieux bois (Bouard, 1971).

c) Bourgeons du vieux bois :

C'est un bourgeon situé dans le bois de plusieurs années. Il est la conséquence de la latence des bourgeons précédents. Sa structure est semblable au bourgeon latent typique.

Certains restent à l'état latent pendant toute la durée de la vie du pied de vigne, ils peuvent être progressivement recouverts par le bois ou bien s'allonger légèrement de telle sorte qu'ils restent visibles (Bouard, 1971). Dans certaines circonstances, ils peuvent donner naissance à des pousses nommées 'gourmands' (Huglin et Schneider, 1998).

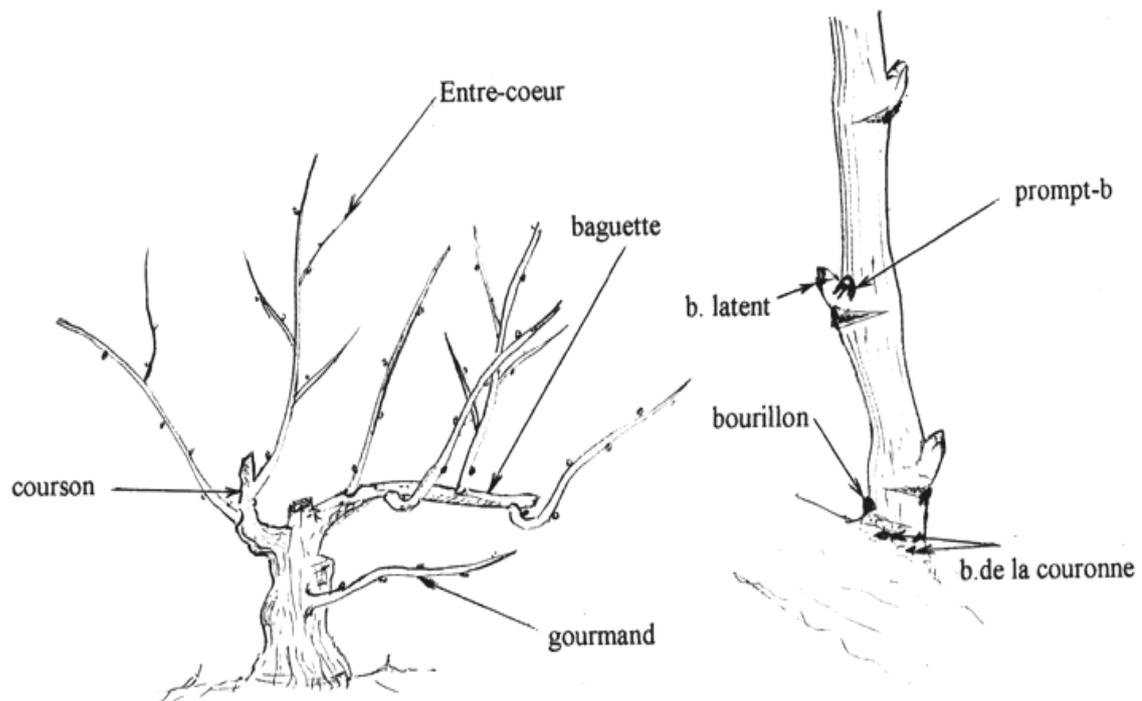


Figure 1 : Différents types de bourgeons sur un pied de vigne (Benmechaia, 2005)

d) Bourgeon latent :

C'est celui-ci qui nous intéresse dans ce travail. Nous tâcherons de le distinguer des autres types. C'est un bourgeon, appelé communément 'œil latent', qui nécessite une phase de dormance pour qu'il puisse débourrer (Galet, 1970). Morphologiquement, il est extérieurement protégé par des écailles (Galet, 1970 ; Bouard, 1971), de volume variable évoluant au cours du cycle végétatif lors de sa formation et d'une structure complexe renfermant plusieurs bourgeons (Bouard, 1971). Les Figures 1 et 2 montrent schématiquement et d'une manière détaillée la structure d'un œil latent.

I. 1. 1. Approche descriptive du bourgeon latent

Chez la vigne, le bourgeon latent constitue un potentiel végétatif et reproducteur qui assure son développement au printemps suivant. Bouard (1971) le définit comme étant : « un rameau feuillé embryonnaire, miniature, constitué essentiellement par un petit axe très court, garni d'ébauches de feuilles et terminé par un méristème ». Cette définition ne tient pas compte du fait que le bourgeon contient aussi la partie reproductrice de la vigne (l'inflorescence) qui se présente comme une masse hyaline (Branas *et al.*, 1946 ; Winkler *et al.*, 1974 ; Galet, 1970, 1993) ou masses florales. Le bourgeon de la vigne est donc un bourgeon mixte.

Galet (1970) a observé que « chez les variétés de *Vitis vinifera*, les bourgeons latents sont en général gros, coniques et plus au moins proéminents sur le sarment ; par rapport aux vignes américaines (*V. riparia*, *rupestris*), où ils sont moins saillants, plus petits et pointus, ressemblant à des dards, mais il ne s'agit là uniquement que de différences morphologiques spécifiques, sans relation avec la fertilité. »

La Figure 2 représente l'emplacement et une coupe longitudinale d'un bourgeon latent.

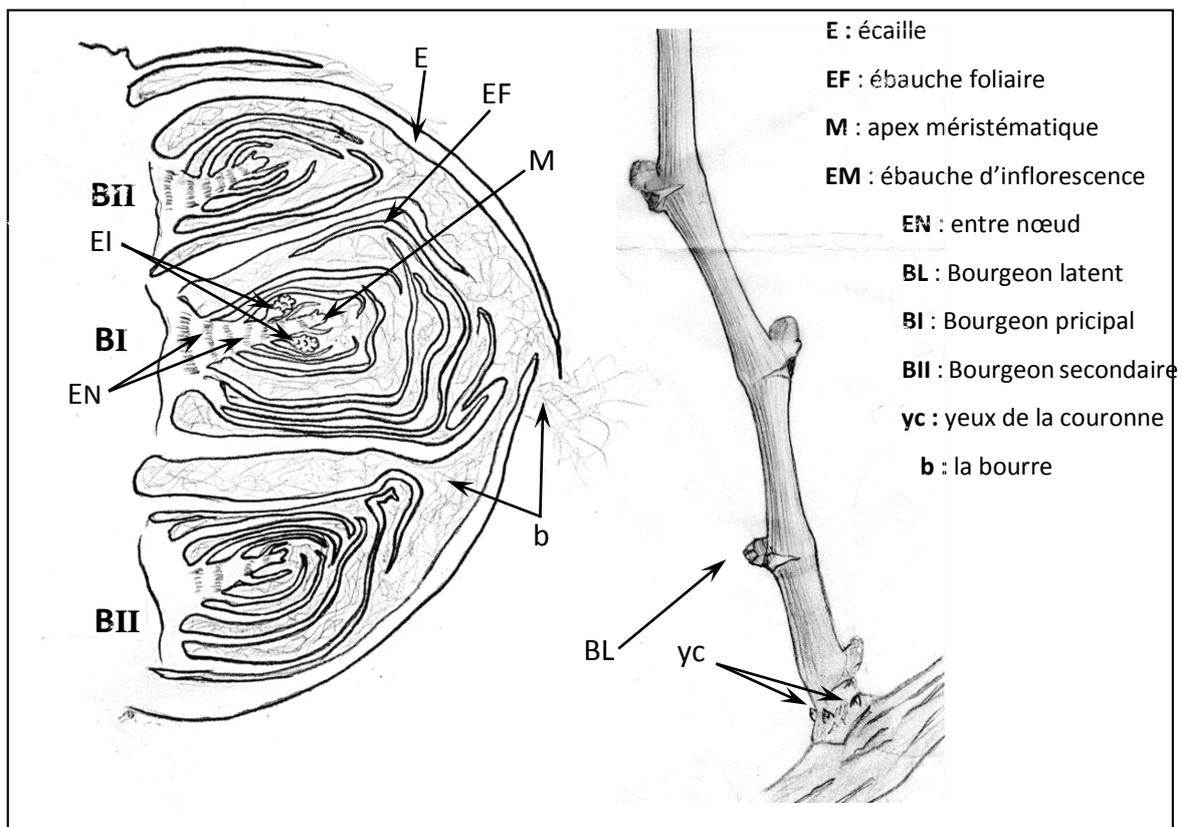


Figure 2 : Emplacement et coupe longitudinale d'un bourgeon latent

La représentation du bourgeon latent présente un certain degré de complexité. C'est le concept de la complexité gemmaire du bourgeon latent. Cette structure est basée sur le fait qu'un 'œil' contiendrait plusieurs bourgeons jusqu'à l'ordre tertiaire, comme le montre la Figure 2. Galet (1970) et Bouard (1971) ont décrit la complexité des yeux latents qui sont constitués souvent de plusieurs bourgeons secondaires. Cette complexité dépend du rang du bourgeon sur le sarment. Dans un œil, on distingue un bourgeon principal appelé aussi primaire, qui contient des masses hyalines correspondant aux futures grappes. Sur son axe sont insérés un ou deux bourgeons secondaires encore bien développés, appelé bourgeon de remplacement ou contre-bourgeon. Sur sa base, pourraient se trouver des bourgeons tertiaires qui sont beaucoup moins développés.

Le bourgeon principal possède un cône végétatif vert caractérisé par des zones alternativement plus foncées correspondant aux futurs nœuds, d'où partent à droite et à gauche les ébauches des futures feuilles (Galet, 1971).

Huglin et Schneider (1998) présentent une conception plus élaborée. Ils incluent dans leur définition le prompt-bourgeon et l'œil latent. L'œil latent se distingue uniquement par son volume par rapport au prompt-bourgeon au cours de cycle végétatif. Le prompt-bourgeon se compose d'un seul bourgeon, alors que l'œil latent présente une structure plus complexe.

L'observation précise du développement des deux bourgeons et la présence d'une préfeuille en forme d'écaille à la base du bourgeon latent, montre que ce dernier est en réalité un bourgeon axillaire du prompt-bourgeon. La Figure 3 montre la constitution de ce complexe.

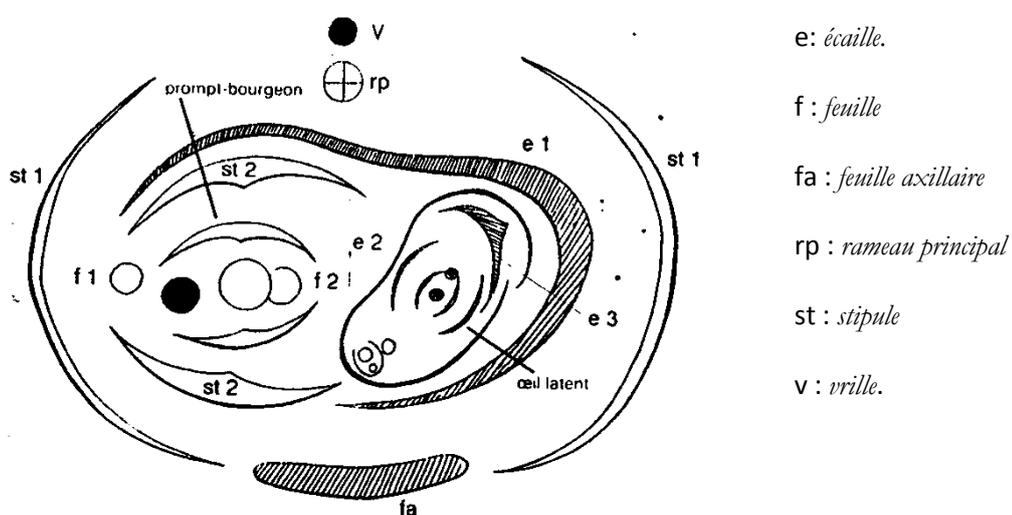


Figure 3: Diagramme d'Eichler, constitution du complexe gemmaire de la vigne. (D'après Eichler, In : Viala et Vermorel, 1909)

En haut, sont représentés la vrille (v) et l'axe du rameau principal (rp). En bas, la feuille axillaire (fa) avec ses deux stipules (stl). L'ensemble du complexe est entouré par une première écaille éphémère (e1), à l'opposé se trouve une vraie feuille (f1) avec ses stipules (st2), et à la suite, en situation distique, une série de vraies feuilles (f2) dont le plan d'insertion se croise avec celui du rameau principal (rp). L'écaille (e1) protège le bourgeon latent, c'est-à-dire un bourgeon de rameau principal, qui est entouré de deux écailles (e2, e3).

Le plan d'insertion des feuilles de ce bourgeon latent se croise avec celui des feuilles de l'entre-cœur (pousse produite par le prompt-bourgeon) et coïncide par conséquent avec celui des feuilles du rameau principal.

I. 1. 2. Morphologie de l'ébauche inflorescentielle.

Les ébauches inflorescentielles sont présentes sous forme de masses hyalines latérales sur le cône végétatif. Le travail de Snyder (1933) est original en la matière. Il décrivait en détail l'organogénèse florale du cépage Concord.

Fougère-Rifot *et al.* (1995) ont suivi l'ontogénèse du gynécée du Chardonnay, du Merlot et du Cabernet Sauvignon qui est comparable et qui se réalise en vingt stades. Chaque stade a été étudié du point de vue morphologique et cytologique.

Bugnon et Bessis (1968) précisent que les grappes sont « les premiers organes oppositifoliés, formés vers les quatrièmes et cinquièmes nœuds et que l'on est sûr qu'à partir de l'apparition de la première vrille on ne trouvera plus de grappe à un niveau plus élevé.

I. 2. Éléments sur le cycle de développement de la vigne.

Dans cette partie, nous aborderons la question du développement chez la vigne. Nous présenterons un bref historique des travaux faits sur les différents stades du développement en insistant sur le cycle reproducteur (initiation florale, floraison, nouaison et coulure), véraison et maturation.

I. 2. 1. Description des stades de développement chez la vigne.

Du point de vue végétatif, le développement de la vigne se résume par une phase de croissance et une étape de maturation des organes végétatifs (aoûtement).

Du point de vue reproducteur, ce développement comporte quatre stades (floraison, nouaison, véraison et maturité) qui se déroulent dans l'inflorescence.

Manifestement, les deux cycles, végétatif et reproducteur, se déroulent sur une année, y compris le repos hivernal. Galet (1970) et Branas (1974) signalent que le cycle reproducteur d'une année commence lors de la floraison de l'année précédente au moment de la formation des ébauches inflorescentielles à l'intérieur des bourgeons latents, il devient donc plus long et s'étale pratiquement sur deux années donc deux cycles reproducteur successifs se chevauchent (Annexe 1).

Le premier travail décrivant les stades repères de la vigne (stades phénologiques) revient à Baggiolini (1952). Il mentionnait dix stades de A jusqu'à G, qu'il a complété jusqu'à P et a synchronisé avec ceux de Eichhorn et Lorenz et l'échelle BBCH (Baillod et Baggiolini, 1993). Ils sont mentionnés dans l'annexe (Annexe 2).

L'évolution du bourgeon latent s'insère dans une partie du cycle annuel comme le montre la Figure 4.

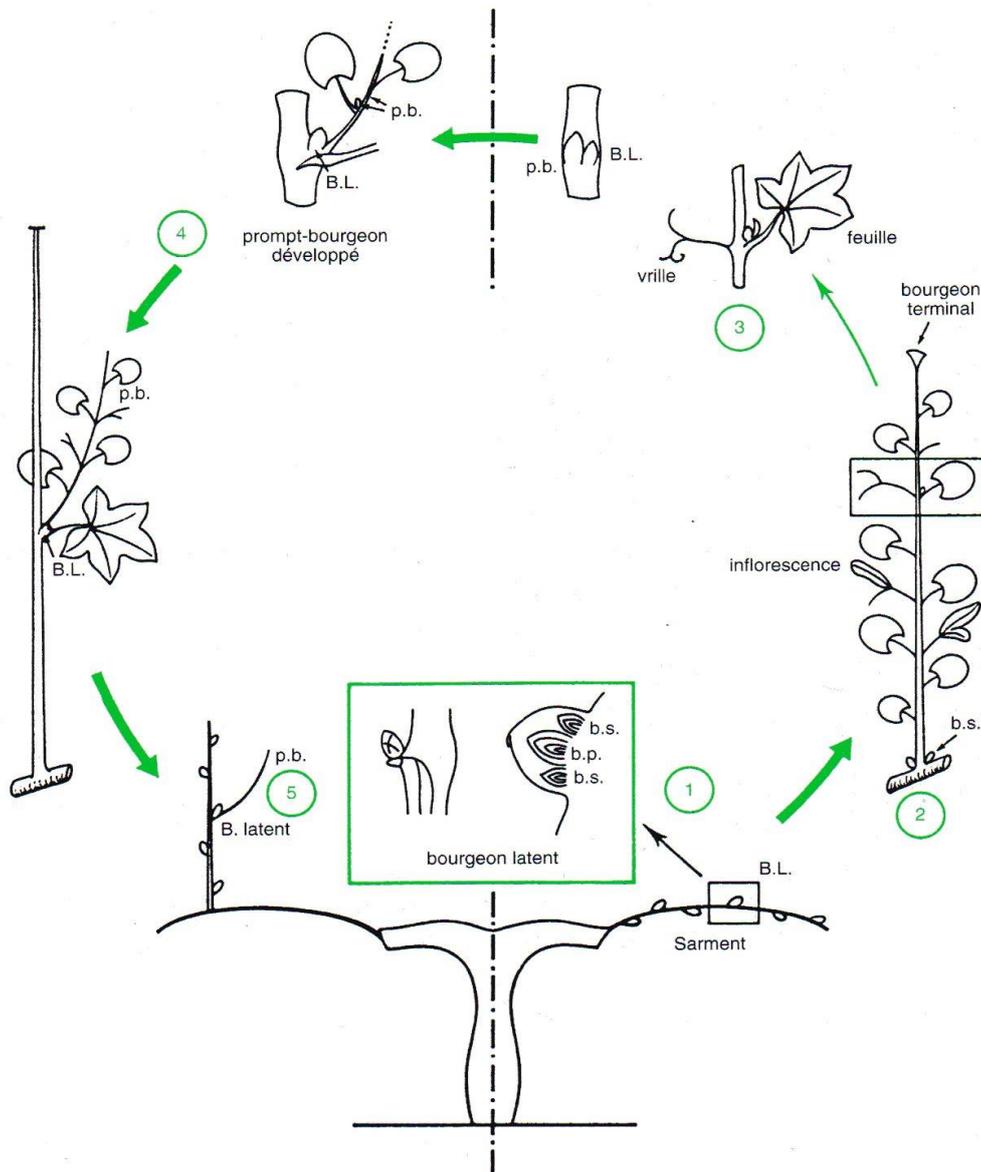
Du point de vue pratique, lors de débourrement, un nombre défini de bourgeons restent à l'état de dormance, la distribution de l'état de débourrement tenant à des configurations particulières de ceux-ci. Bugnon et Bessis (1968) concluaient que non seulement les bourgeons de la base du rameau ont un faible taux de débourrement, mais sont aussi caractérisés par un retard de quelques jours.

I. 2. 2. Initiation florale.

Concernant la première phase de son développement, le cycle reproducteur commence généralement avec l'initiation florale (Annexe 3). En effet, Pouget (1963) a suivi le cycle végétatif du bourgeon latent (comportant six phases) et a constaté que l'initiation florale se manifeste durant la première phase (pré-dormance).

Le déterminisme de la mise à fleur reste parmi les phénomènes les moins élucidés des végétaux. La question a été abordée de plusieurs façons et les éléments de réponse obtenus ne permettent pas encore de se faire une idée précise et synthétique des mécanismes fondamentaux entraînant l'apparition des primordiums inflorescentiels (Bugnon et Bessis, 1968)

Branas (1957a,b,c) a été parmi les premiers ayant traité ce phénomène. Benabedrabou (1972) a étudié la mise en fleur du Pinot en bourgogne, en vue de préciser l'époque de formation des inflorescences et les caractéristiques de leur différenciation. Selon Pouget (1963), l'initiation florale se déroule durant la phase pré-dormance. Les mécanismes de l'initiation florale ont été décrits par Reynier (2000).



- 1) L'œil latent ou bourgeon latent (B.L.), composé du bourgeon principal (b.p.) et des bourgeons secondaires (b.s.), est à l'état de dormance sur les sarments.
- 2) Au printemps, le bourgeon principal se développe en donnant un rameau feuillé, les bourgeons secondaires restent dormants.
- 3) Au niveau d'un nœud et à l'aisselle des feuilles se trouvent un prompt-bourgeon (p.b.) et un œil latent (B.L.).
- 4) Le p.b. se développe et le B.L. entre en dormance durant l'été.
- 5) À l'automne, la dormance des yeux latents se lève progressivement jusqu'au printemps suivant.

Figure 4 : Dynamique de la croissance des bourgeons de la souche (Reynier, 2000)

Madhava et Mukherjee (1970) ont constaté que la sévérité de la taille et les effets des fertilisants sur la formation de l'inflorescence chez *Pusa seedless* (proche de la Sultanine), n'ont aucune influence sur la période de l'initiation florale. Ils ont trouvé une légère différence entre le rendement obtenu et les prévisions établies par la détermination anticipée de la fertilité.

May (2000) a suivi la distribution des fleurs et des baies sur les inflorescences et les grappes. Il a notamment relevé la difficulté d'intégrer visuellement la variation de l'épanouissement des fleurs qui existe au sein et entre les inflorescences, que ce soit dans un cep ou plusieurs (particulièrement vis-à-vis de leur utilisation dans la modélisation de la réponse de la vigne aux conditions environnementales). A cette fin de modélisation, il a signalé l'importance de vérifier à nouveau le problème de l'initiation florale, par opposition à l'initiation de l'inflorescence et la différenciation.

Sur la variété Bolgare, Babrikov *et al.*, (1977) ont constaté que dans le bourgeon latent en phase de dormance, il n'y a pas de formation d'inflorescence avant le débourrement.

I. 2. 3. Floraison.

Swanepoel et Archer (1988) ont essayé de synchroniser les différentes étapes du développement des inflorescences avec les stades phénologiques de la vigne. Ils ont constaté qu'il est possible d'observer quand et comment le développement floral et inflorescentiel se mettait en place chez la vigne.

Olivain et Bessis (1986) ont affirmé que le forçage des bourgeons latents conduit à l'obtention de rameaux à croissance suffisante pour analyser le caractère de leur fertilité. En outre, la présence d'une ébauche de grappe au moment du forçage n'est pas un préalable nécessaire à la différenciation d'une grappe.

Joly *et al.* (2004) ont mis en évidence une image de l'expression temporelle et spatiale des gènes de la floraison de la vigne. Du stade juvénile à l'étape adulte, les phases de transition végétative, florale et inflorescentielle sont des processus distincts s'affectant les uns les autres et le mécanisme qui empêche certains méristèmes de l'induction florale n'est pas encore élucidé.

Srinivisan et Mullins (1978, 1979, 1981) ont étudié la conversion des vrilles en inflorescence, en constatant que certains régulateurs de croissance (deux types de cytokinine) déterminent la différenciation en fleurs.

I. 2. 4. Nouaison et coulure.

Bugnon et Bessis (1968) ont étudié les aspects physiologiques de la nouaison, de la croissance et de la chute des baies. Ils ont insisté sur l'idée que la richesse en fleurs doit intervenir dans l'étude de la fertilité (Figure 5).

Bessis (1965) a observé que pendant la floraison il y avait peu de perte de boutons floraux, mais que dans les 12 jours qui suivent, la chute atteignait 28 % et que finalement, dans le cas du

Pinot, le pourcentage de nouaison était de 72 % et le pourcentage de fructification de 60%. Pour Galet (1999), le taux de nouaison varie de 25% à 55% selon les cépages, l'année et la nutrition.

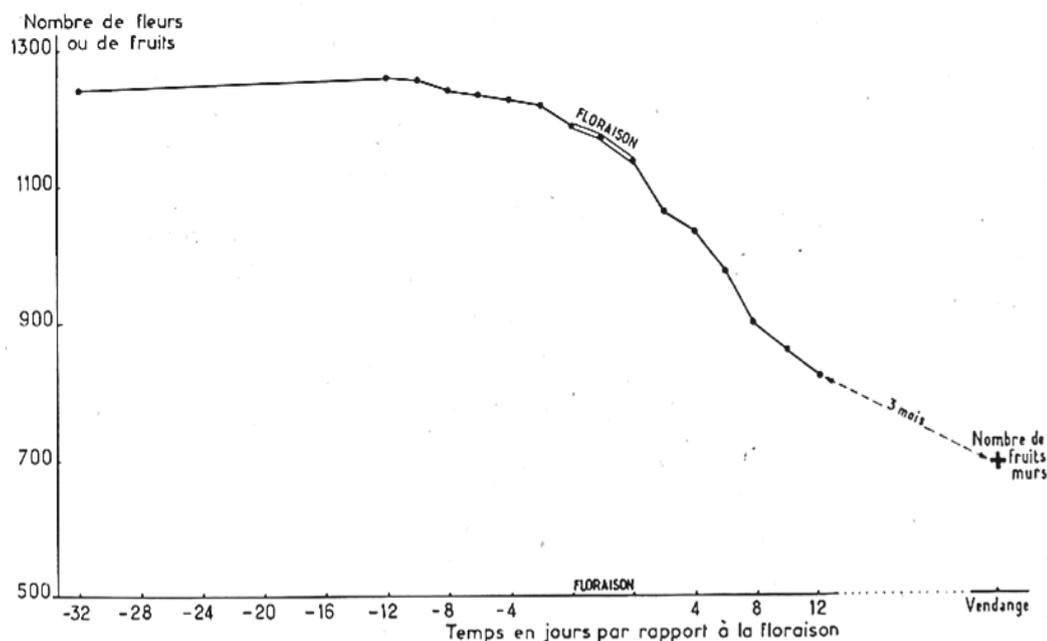


Figure 5 : Étude de la chute des fleurs et fruits en fonction du temps, principalement au voisinage de la floraison (Bessis, 1965).

Reynier (2000) a défini la coulure comme étant la chute des fleurs et des ovaires, et le taux de nouaison comme le rapport du nombre de baies restant sur la grappe et le nombre de fleurs de l'inflorescence qui est relativement faible même en l'absence de coulure. Il a constaté que le taux de nouaison des inflorescences d'un même rameau décroît en partant de la base vers le sommet.

On indique qu'il y a une coulure lorsque la proportion de baies tombées devient excessive, dépassant largement les normes citées par Bernon (1936). Galet (1999) distingue plusieurs types de coulure : physiologique, climatique, pathologique et constitutionnelle.

Le millerandage s'observe après la nouaison : certaines baies demeurent petites dans une grappe, tandis que les autres continuent de grossir normalement. Ces petites baies sont souvent apyrènes (apyrénie accidentelle du type corinthien). Le poids de la récolte est donc diminué (Gamay, Chardonnay) et la qualité est dépréciée dans le cas des raisins de table.

Le filage exprime la transformation des inflorescences en vrilles : c'est la coulure des boutons floraux avant la floraison. Le phénomène débute par un arrêt de la croissance des boutons floraux ensuite par la formation d'une couche de séparation à la base des pédicelles fini par la chute des boutons. On aboutit finalement à une vrille, plus ou moins ramifiée, qui peut encore porter parfois à son extrémité quelques boutons floraux rudimentaires, incapables de fleurir.

En outre, Huglin et Baltazard (1975) ont constaté qu'il existe une corrélation négative entre le nombre de fleurs par inflorescence et le pourcentage de nouaison.

Cependant, Vargas (1984) a montré que l'augmentation du taux de nouaison est due à l'inhibition temporelle de croissance du bourgeon apical.

Bernard et Vergnes (1982) ont étudié la relation entre le nombre des boutons floraux des inflorescences et le nombre des baies arrivant à la maturité. Ils ont conclu que la méthode du dénombrement à posteriori des boutons floraux est d'une mise en œuvre facile et que chez le Carignan et le Grenache, les pertes florales sont nulles jusqu'à l'anthèse. Elles surviennent essentiellement pendant les quinze jours qui suivent la pleine floraison.

I. 2. 5. Véraison et maturation

D'après Galet (1999), la véraison se définit comme étant le changement de coloration des baies pour les cépages rouges ou devient translucide pour les cépages blancs. En même temps qu'elle modifie sa couleur, la baie devient élastique et grossit à nouveau.

Branas (1974) a montré que la véraison est un phénomène transitoire qui ne se manifeste pas simultanément sur toutes les baies de la grappe

La maturité des baies est le terme naturel du développement annuel des grappes qui comprend plusieurs phases : la croissance des inflorescences commence au débourrement et s'achève à l'anthèse, elle est suivie par la croissance herbacée des baies et la véraison qui est la première manifestation de la maturation.

CHAPITRE II :
FERTILITE DES BOURGEONS
LATENTS DE LA VIGNE

CHAPITRE II : FERTILITE DES BOURGEONS LATENTS DE LA VIGNE

II. 1. Définition de la fertilité du bourgeon latent.

Généralement, le concept de la fertilité renvoie au taux de fructification d'un arbre fruitier dans un verger donné. Selon Larousse Agricole (2002), la fertilité en biologie est le potentiel reproductif d'un individu ou d'une population. Entre autre, chez les végétaux, elle est l'un des facteurs importants du rendement d'une espèce cultivée.

Plus précisément, il exprime chez la vigne le rendement en quantité de grappes saines par vignoble. Désignée souvent, par le viticulteur, par le rendement direct de la récolte sur le champ de culture. Pour une définition bien plus précise du concept, Castéran (1971) indique que la fertilité d'un bourgeon est le nombre d'inflorescences qu'il contient. Il a étendu le concept de fertilité des bourgeons de rang donné d'une souche et de même pour un cépage.

Huglin et Baltazard (1975) ont affirmé que dans un milieu défini, les possibilités de production d'un cépage sont déterminées par le nombre moyen d'inflorescences par rameau et par poids moyen des grappes à la récolte. May (2000) a noté que l'utilisation du nombre de grappes comme un facteur dans l'analyse de rendement semble avoir peu de valeur si la taille de la grappe n'est pas également prise en compte.

II.2. Expressions de la fertilité du bourgeon latent.

Plusieurs formules ont été proposées chronologiquement pour donner à la fertilité une mesure fiable, avec lesquelles a été évalué la fertilité des cépages et sa variation.

II. 2. 1. Indice de la fertilité de Laporte.

Il est à signaler que Bernon (1932) a réalisé le premier travail s'intéressant à la fertilité des yeux de la vigne à travers une approche plutôt descriptive, sans qu'il puisse donner une expression ainsi que Winkler et Shemsettin (1937).

Laporte (1937) fut le premier à élaborer une expression simple mesurant la fertilité de bourgeons latents de la vigne, connu par l'indice de fertilité de Laporte qui exprime la richesse en grappes sur un certain nombre de sarments par cep. Son étude originale sur l'Aramon a permis de quantifier la fertilité des ceps et sa variation en fonction du rang des yeux sur les sarments sur deux années successives. Tout simplement, la fertilité α est exprimée par le nombre moyen de grappes (N) par cep. Autrement dit :

$$\alpha = N/cep$$

Cet indice permet de comparer des cépages entre eux ou de suivre les variations de la sortie (Bessis, 1965) et du nombre de grappes par pousse selon les années (Benabedrabou, 1971).

II. 2. 2. Sortie.

Devant la difficulté de cet indice d'appréhender la fertilité des bourgeons sur le long d'un sarment qui s'est avérée variable en fonction du rang de ceux-ci, Branas *et al.* (1943) ont initié le concept de la sortie dans la détermination de la fertilité. Ils ont défini la fertilité par le rapport du nombre de grappes (N) contenues dans un nombre (x) d'yeux occupant des positions identiques sur des individus différents d'un même cépage selon la formule suivante :

$$\alpha = N/x$$

Une précision de cette formule a été faite par le même auteur en 1974 où la sortie est constatée dès que les inflorescences sont dégagées du bourgeonnement, exprimée par le rapport du nombre des inflorescences ou celui des grappes à la charge et qui varie pour un même cépage, dans le temps et dans l'espace, d'une année à une autre en fonction de la vigueur, de l'éclaircissement des bourgeons et de l'alimentation minérale :

$$\alpha = 10 \cdot N/x$$

Huglin (1958) a observé que seul le nombre de grappe par bourgeon compte dans l'étude de la fertilité. Il a utilisé l'appellation "la fertilité moyenne des bourgeons" comme étant le dénombrement d'inflorescences sur les rameaux issus des bourgeons laissés à la taille.

II. 2. 3. Expressions de la fertilité de Bessis.

Les travaux de Bessis (1960-1965) sont novateurs dans la compréhension du concept de la fertilité de la vigne, il traite la fertilité par une méthode plus complexe en distinguant la fertilité évaluée avant le débourrement et celle observée au champ. Il baptisa la première comme fertilité potentielle réelle et celle in-situ il la subdivisa en deux : fertilité potentielle apparente et fertilité pratique.

a) Fertilité potentielle réelle :

La fertilité potentielle réelle (FPR) a été formulée la première fois en 1960 par Bessis (1965). Elle exprime le nombre moyen des grappes dans tous les bourgeons laissés à la taille avant le débourrement.

$$FPR = \frac{N_1}{x_1}$$

Où, N_1 représente le nombre d'inflorescences existant dans un nombre (x_1) de tous les bourgeons latents si on pouvait avoir effectivement les "grappes" contenues dans tous les bourgeons, soit en les obligeant à débourrer, soit en y pratiquant des coupes (Benabedrabou, 1971). Donc, la FPR n'est mesurable que par les méthodes de la détermination anticipée de la fertilité (forçage des bourgeons ou dissection expliqués plus loin).

La FPR est la valeur exprimant la fertilité moyenne d'un bourgeon de rang déterminé sans faire intervenir le pourcentage de bourgeon restant latent.

Elle ne reflète pas suffisamment l'état de fertilité d'une parcelle de vignobles (Bessis, 1960). Elle devrait tenir compte de : la richesse en fleurs des grappes et les bourgeons restant latent (incluant le pourcentage de débourrement). Ce dernier facteur implique (pour Bessis, 1965) une autre mesure de la fertilité qu'il appelle la fertilité potentielle apparente (FPA).

b) Fertilité potentielle apparente :

La fertilité potentielle apparente (FPA) reflète aussi une fertilité potentielle observable après le débourrement des bourgeons, appréciée à travers les bourgeons effectivement débourrés. Sa valeur exprime le rapport de nombre des grappes visibles après de débourrement par rapport au nombre de pousses qui les portent, soit :

$$FPA = \frac{N_1}{x_2}$$

Où, N_1 exprime toujours le nombre d'inflorescences existant (visibles) dans les bourgeons effectivement débourrés (x_2). La valeur de la FPA est différente de celle de la FPR, car il n'est pas certain que la moyenne obtenue pour les bourgeons qui ont évolué en pousses puissent être étendue à ceux qui ne se développent pas (Benabedrabou, 1971).

Là, le pourcentage de débourrement intervient sur les valeurs de la FPR, tout en donnant une valeur différente qui devrait être inférieure à la FPA. Mais parfois, il est constaté qu'elle soit supérieure car « seuls débourent parmi les bourgeons de rang inférieur ceux qui contiennent le nombre de grappes le plus élevé, c'est-à-dire, les bourgeons dont la complexité morphologique est la plus grande » (Bugnon et Bessis, 1968).

c) Fertilité Pratique :

Comme le débourrement des bourgeons est un phénomène localisé et reparti de façon comparable suivant leur position sur le sarment, la fertilité potentielle apparente d'un bourgeon latent de rang déterminé est différente de la fertilité que le viticulteur attend.

Le rapport du nombre total de grappes apparues sur des pousses issues d'yeux de rang donné par rapport au nombre de bourgeons laissés à la taille, représente la fertilité pratique (FP) soit :

$$FP = \frac{N_1}{x}$$

Le principal avantage de la FP est que les valeurs obtenues reflètent beaucoup plus fidèlement l'aspect de la fertilité dans le vignoble (Bessis, 1965). Elle peut être exprimée en nombre de fleurs pour chaque bourgeon d'un rang donné, comme étant une caractérisation plus précise de la sortie, soit :

$$FP = \frac{f_i}{x} ; \quad f_i \in \{N_i\}$$

f_i étant le nombre de fleurs contenu dans une grappe donnée.

D'autres indices ont été énoncés mais moins utilisés, il s'agit de l'indice de production développé par Branas (1974) qui donne une idée sur la production future tout en multipliant la fertilité par la dimension des grappes. D'autres chercheurs (Ciobanu et al., 2011 ; Lopez Miranda 2000) proposent un coefficient de fertilité absolu ou relative (CFa CFr) et l'indice de fertilité intégré (IFI) proposé par Sanchez et Dokoozlian (2005).

II. 3. Détermination anticipée de la fertilité :

La détermination de la fertilité des bourgeons latents pourrait être anticipée uniquement chez la vigne, pour trois raisons : premièrement, les inflorescences de la vigne, comme celle des autres arbres fruitiers, sont formées dans le cycle végétatif précédant. Deuxièmement, les opérations de la taille laissent un nombre constant de bourgeons repartis de manière identique sur chaque cep, ce qui rend possible l'évaluation du nombre et des caractéristiques des inflorescences d'un cep ou d'une parcelle. Troisièmement, il est assez facile d'examiner au laboratoire la fertilité des bourgeons par trois méthodes expérimentales : forçage, dissection et coupe longitudinale de ceux-ci.

La technique de forçage des bourgeons consiste à mettre en bouture des sarments de vigne de telle façon à obtenir un pourcentage de débourrement le plus élevé possible. Il s'agit, d'après

Benabedrabou (1971), d'utiliser des sarments d'aspect comparable à ceux conservés après la taille. Selon Gervais et Schneider (1981) cette dernière est en parfaite concordance avec la fertilité des souches en plein champs et la plus facile par rapport au deux autres suivantes.

La technique de dissection des bourgeons consiste à repérer les ébauches d'inflorescences pour pouvoir les compter. A l'aide d'une pince et d'une aiguille, les bourgeons sont disséqués sous binoculaire (x20). On peut faire bouillir les bourgeons dans l'eau pendant dix minutes pour les ramollir avant la l'opération. Cette méthode est préconisée par May et Antclif (1973)

Celle des coupes longitudinales des bourgeons, consistent à faire des coupes sur les bourgeons selon le plan phyllotaxique sous binoculaire (x10 à x20), à main levée avec le rasoir.

La distinction du primordium de la grappe inférieure du deuxième est possible, mais les éventuels troisièmes et quatrièmes primordium se confondent avec le point végétatif du bourgeon. Si la coupe ne passe pas exactement dans le plan des primordiums, certains risquent de ne pas être visibles et donc de ne pas être comptés. (Gervais et Schneider, 1981)

Swanepoel et Baard (1989) recommandent l'utilisation des deux techniques (forçage et dissection) pour la détermination de la fertilité au cours de l'hiver.

Ces méthodes sont utiles pour la détermination de la charge, donc les résultats doivent être forcément obtenus avant la taille. Par conséquent, ils doivent être considérés comme un guide de la sévérité de la taille et pour identifier les années à basse fertilité.

Par contre, Yadav *et al.* (1978) à partir d'une étude sur quatre cépages, ont confirmé que la fertilité obtenue par dissection sous-binoculaire est conforme à la fertilité réelle observée au champ.

II. 4. Variation et fluctuation de la fertilité

La plupart des auteurs spécialistes de la question font la distinction entre ces deux termes : le terme "variation" est réservé à la variabilité génotypique de la fertilité d'un cépage à un autre (différence variétale), alors que le terme "fluctuation" est relatif aux différences de fertilité à l'intérieur d'un même cépage (complexité gemmaire ou propriétés fixés selon le rang, le type et la nature des bourgeons)

II. 4. 1. Variation de la fertilité.

L'existence de différences variétales dans la fertilité est une évidence, on distingue depuis longtemps les cépages fertiles de ceux peu fertiles. Huglin (1958) a relevé cette particularité à partir de sept cépages locaux (Alsace) et a observé une certaine stabilité variétale dans le

classement de cette fertilité.

C'est aussi le cas de Castéran (1971), dans le bordelais, qui a mis en évidence des différences sensibles de fertilité entre les cépages cultivés.

Il existe des cépages réputés productifs et d'autres moyennement productifs, où le nombre de grappes par pousse varie de zéro à quatre, mais il est souvent voisin de deux (Benabedrabou, 1971).

Branas (1974) et Reynier (2011) considèrent la fertilité comme une caractéristique variétale génétiquement fixée (variétés fertiles dont tous les yeux portent une grappe ou deux et parfois davantage par rapport aux variétés peu fertiles dont les yeux de la base ne porte pas des grappes).

II. 4. 2. Fluctuation de la fertilité.

II. 4. 2. 1. Fluctuation en fonction du rang du bourgeon

La fertilité du bourgeon fluctue en fonction de sa position le long du sarment, comme l'a signalé Huglin (1958) chez le cépage Riesling où elle varie effectivement en fonction du rang du bourgeon (Figure 6). Elle est maximale à partir de 4^e jusqu'au 9^e bourgeon.

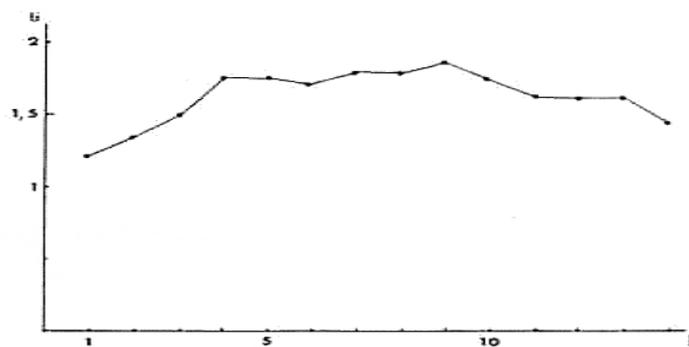


Figure 6 : Variation de la fertilité, exprimée en nombre de grappes (G), le long d'un bois porteur à 14 bourgeons (R), chez le Riesling (Huglin, *in* Bugnon et Bessis, 1968)

Pour Babrikov *et al.* (1977) sur la variété Bolgar, la fertilité potentielle est forte à partir du 5^{ème} jusqu'au 15^{ème} bourgeon alors qu'elle est faible dans ceux de la base.

Le pourcentage de débourrement des bourgeons varie aussi suivant le rang du bourgeon. Il constitue un facteur déterminant de la fertilité pratique. Bugnon et Bessis (1968) notent que si tous les bourgeons débourraient lors de la reprise de la végétation, il n'y aurait pas d'influence

du débourrement sur la fertilité d'un cep, mais ce n'est pas le cas, du moins dans un vignoble conduit en taille longue. Par contre, le problème ne se pose pas dans le cas de la taille courte à deux bourgeons. Chez la vigne, seuls débourent, parmi les bourgeons de rang inférieur, ceux qui contiennent le nombre de grappe le plus élevé, c'est-à-dire ceux dans la complexité gemmaire est la plus évoluée (Bugnon et Bessis, 1968).

Le nombre de fleurs varie aussi en fonction de la position de l'inflorescence (1^e ou 2^e) du bourgeon (Huglin et Baltazard, 1975) et du nombre de fleurs par inflorescence de même rang qui augmente considérablement avec le rang des rameaux sur le sarment. (Khelil, 1972 et Benmehaia, 2005).

II. 4. 2. 2. Fluctuation en fonction de la vigueur

L'hypothèse est que la fertilité du bourgeon fluctue en fonction de la vigueur. La vigueur est appréciée par le poids de bois de taille ou le diamètre du premier entre-nœud pour un rameau ou un sarment (Castéran, 1971), ou le diamètre d'un entre-nœud déterminé (Huglin, 1958). Elle reflète l'importance de la végétation d'une souche (Chauvet et Reynier, 1979). Benabedrabou (1971) a précisé qu'elle correspond à un état individuel apprécié par des mesures de caractères associés. Branas *et al.* (1946), Bugnon et Bessis (1968) et Branas (1974) relèvent une relation directe entre la fertilité (exprimée par la sortie) et la vigueur. Ezzili (1992) constate aussi un effet d'âge sur l'évolution du nombre de fleurs.

Bessis (1965) a observé que pour les rameaux de vigueur élevée, il y a une très forte augmentation du nombre de fleurs au niveau des bourgeons 3 à 5. Cette augmentation est beaucoup plus faible pour les rameaux de vigueur moyenne et elle devient presque nulle pour ceux de vigueur réduite (Figure 7).

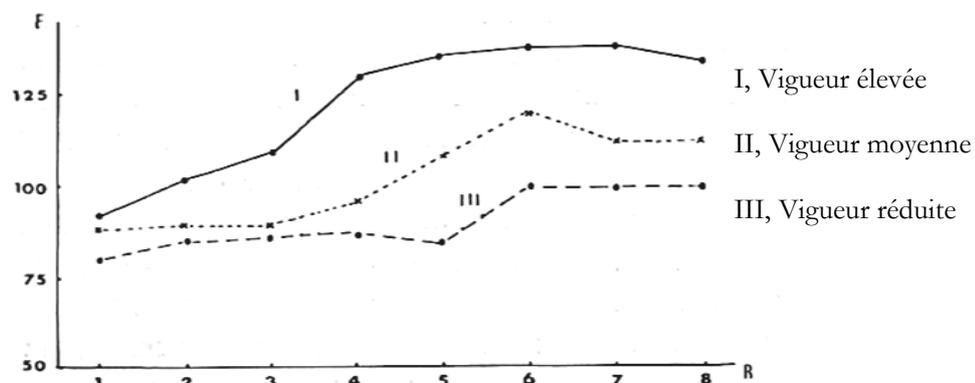


Figure 7 : Variation du nombre moyen des fleurs (F) en fonction du rang d'insertion (R) des bourgeons sur sarments de vigueur donnée (Bessis, 1965).

Zapata *et al.* (2003) ont étudié les conséquences d'une forte vigueur sur le développement reproducteur (nombre et taille des inflorescences, taux de nouaison) sur le Merlot et le Pinot noir. Ils n'ont observé aucune interaction entre la vigueur et le processus d'induction ou de nouaison. Cependant, la production de biomasse est négativement corrélée à la différenciation des fleurs chez le Merlot. Contrairement au Pinot noir où l'interaction n'est pas observée. Par conséquent, le constat est qu'une forte croissance végétative, induite dans des conditions sous-serre, n'affecte pas l'initiation inflorescentielle dans les bourgeons latents. Quoique chez le Merlot, elle interfère avec la différenciation des fleurs.

II. 4. 2. 3. Fluctuation en fonction des conditions climatiques

D'après Swanepoel et Baard (1989), les vignes de différentes régions diffèrent significativement vis-à-vis de la fertilité qui est sous la dépendance des variations saisonnières des facteurs climatiques (lumière, température et eau).

Watt *et al.* (2008) ont mis au point une méthode quantitative pour la compréhension des effets environnementaux sur la formation du rendement potentiel.

a) Effet de la lumière.

La lumière est considérée comme un facteur limitant de l'initiation florale des végétaux. Chez la vigne, plusieurs travaux ont été réalisés à ce sujet (Branas, 1957a,b,c).

Buttrose (1969) a étudié les effets de la lumière sous trois régimes de températures. Il concluait qu'au-dessus de 20°C, la lumière affecte positivement la fertilité exprimée en nombre de primordium par bourgeon. A 25°C, les bourgeons montrent une saturation à la lumière jusqu'à un certain niveau, alors qu'à 30°C un accroissement dans l'intensité de la lumière prolonge son influence au-delà de ce niveau. Par la suite, Buttrose (1970) a suivi simultanément l'action de l'intensité lumineuse, de la température et de la longueur du jour ; il en déduit qu'à partir d'un seuil de température minimum, la fertilité croît jusqu'à 35°C et que l'intensité lumineuse affecte positivement la fertilité dans un intervalle précis [9700-39000 Lux].

Sánchez et Dokoozlian (2005) sont arrivés aux mêmes conclusions et qu'effectivement, l'exposition des rameaux à la lumière affecte significativement la fertilité du bourgeon.

b) Effet de la température.

Si la lumière joue un rôle primordial sur l'initiation florale et par conséquent la fertilité des bourgeons, la température agit principalement sur l'organogénèse inflorescentielle.

Pouget (1981) a montré qu'une température basse de 12°C durant la phase de pré-débourrement influe négativement sur le nombre d'inflorescences dans le bourgeon latent et positivement sur le nombre des fleurs de celle-ci.

Par contre, Dunn et Martin (2000) ont observé une faible corrélation entre le nombre de fleurs par inflorescence en fonction de la température, lors du débourrement sur le Cabernet-sauvignon, alors que Keller *et al.* (2010) ont confirmé le contraire sur la même variété.

Un effet particulier de la température s'observe lors des gelées hivernales en agissant sur la viabilité des bourgeons. En effet, Ledet *et al.* (1993) ont suivi les effets d'un refroidissement progressif sur des bourgeons latents de Chardonnay avant le débourrement et ont montré que la cristallisation affecte successivement les tissus de la base du bourgeon (-12,9°C), ceux du bourgeon primaire (-17°C) et enfin ceux du bourgeon secondaire (-21,4°C).

Les gelées printanières ont aussi un effet négatif sur la fertilité des bourgeons latents. Bugnon et Bessis (1968) ont constaté que les gelées printanières peuvent détruire les jeunes pousses en voie de croissance (vignobles septentrionaux et d'Afrique du nord) qui peuvent être évitées par une taille tardive.

c) Eau

Buttrose (1974) a constaté que la fertilité (nombre et poids de primordia d'inflorescence par bourgeon) diminue progressivement avec l'accroissement du stress hydrique. L'excès ou le déficit d'eau ont des effets néfastes sur la fertilité et sur le développement de la vigne (Deloire *et al.*, 2004).

Carbonneau et Castéran (1979) ont affirmé qu'un stress hydrique peu sévère affecte négativement le rendement jusqu'à 30%. Alors que la fertilité, en nombre de grappes par bourgeon affectée par un stress hydrique 'déprimant', n'est pas compensée par le poids de baies stimulé par irrigation.

L'analyse des composantes du rendement a indiqué que la plus grande variation du rendement a été expliquée par la variation de poids de baies par grappe (Matthews et Anderson, 1989).

II. 4. 2. 4. Fluctuation en fonction des autres facteurs.

Il est évident qu'il y a plusieurs autres facteurs influençant la fertilité de bourgeons (Bessis, 1965). Ces facteurs s'articulent autour des pratiques culturales (mode de conduite, porte-greffe, fertilisation).

Archer et Swanepoel (1987) signalent que les pratiques culturales (la taille d'hiver et l'effeuillage d'été) influencent la fertilité de bourgeons et le rendement. Ferrer *et al.*(2004) ont observé que la taille pratiquée s'est révélée avoir une influence importante sur la fertilité et donc sur le rendement. En outre, sur plusieurs années, l'étude de la fertilité et du rendement selon la taille peut-être utilisée comme un outil d'estimation du volume de récolte.

Branas (1974) a constaté que le mode de conduite des variétés doit découler de leur fertilité : celles peu fertiles doivent recevoir une taille longue parce que les yeux de la base des sarments sont stériles alors que celles fertiles peuvent bénéficier d'une taille courte

L'influence physiologique des porte-greffes sur la fertilité des greffons a été signalée par Branas (1974) ainsi que la fertilisation qui, selon Pouget (1985) et Bell et Robson (1999), contribue à accroître et maintenir le niveau de production des souches. Cependant, la coulure est accrue par l'excès de fertilisation azotée. En fait, une fertilisation raisonnée permettra de contenir la coulure dans des limites raisonnables (Delas, 2000).

D'autres facteurs ont été signalés, tels que l'état physiologique de la plante (Lebon *et al.*, 2008 ; Barbeau *et al.*, 2004) et l'état sanitaire des grappes (Delassus *et al.*, 1933).

CHAPITRE III :
MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III. 1. Matériel végétal

Notre zone d'étude est localisée dans la wilaya de Skikda, au sein de l'Institut Technique d'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (ITAFV), nous avons commencé notre travail depuis janvier 2006 jusqu'à septembre 2008. La localisation de la zone d'étude est indiquée dans la Figure 8, sur deux vignobles (*Vitis vinifera* L.), l'un consacré aux cépages autochtones (collection) et l'autre aux cépages introduits.

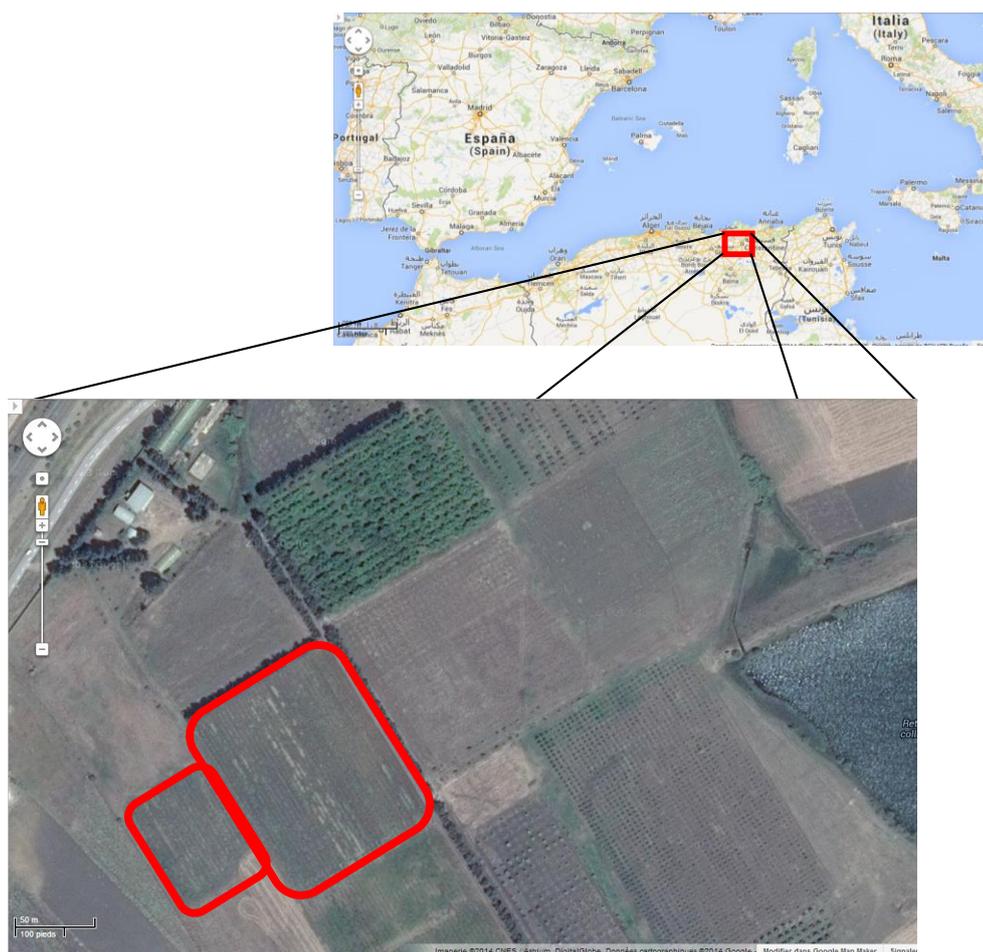


Figure 8 : Localisation de la zone d'étude (GoogleMaps)

Les cépages autochtones retenus sont les suivants : Ahchichène, Ahmar Mechtras 3, Ahmar de Mascara, Ain El Bouma, Ain El Kelb, Amokrane, Bezoul El Khadem, Bouabar des Aurès, Ghanèz, Kabyle Aldebert, Lakhdari, Muscat El Adda, Sbaa El Tolba et Alphonse Lavallée, Cardinal, Dattier de Beyrouth, Italia et Muscat de Hambourg pour les cépages introduits.

III. 2. Méthodologie suivie

Afin de procéder aux différentes mesures, nous avons envisagé certains protocoles expérimentaux pour chacune d'entre-elles, que nous décrirons ci-après.

La taille utilisée est de Guyot double, deux courson avec deux bourgeons de chacun (C_1 , C_2 ; C'_1 , C'_2) et deux baguettes de huit bourgeons pour chacune.

III. 2. 1. Fertilité potentielle réelle

Pour la détermination de la fertilité potentielle réelle (FPR), nous avons prélevé toutes les sarments de six ceps au cours du repos hivernal (fin février). Ces sarments ont été conservés dans des sacs en plastique dans une chambre froide à 4°C pendant 2 mois. Des coupes ont été réalisées, pour chaque bourgeon selon le plan phyllotaxique, à la main sous un microscope stéréoscopique au grossissement de 20X. De 5 à 7 coupes par bourgeon ont été étalées sur une lame à l'aide d'une goutte d'eau et recouvertes par une lamelle de grande taille, puis observées sous un microscope photonique au grossissement de 40X. (Figure 9)

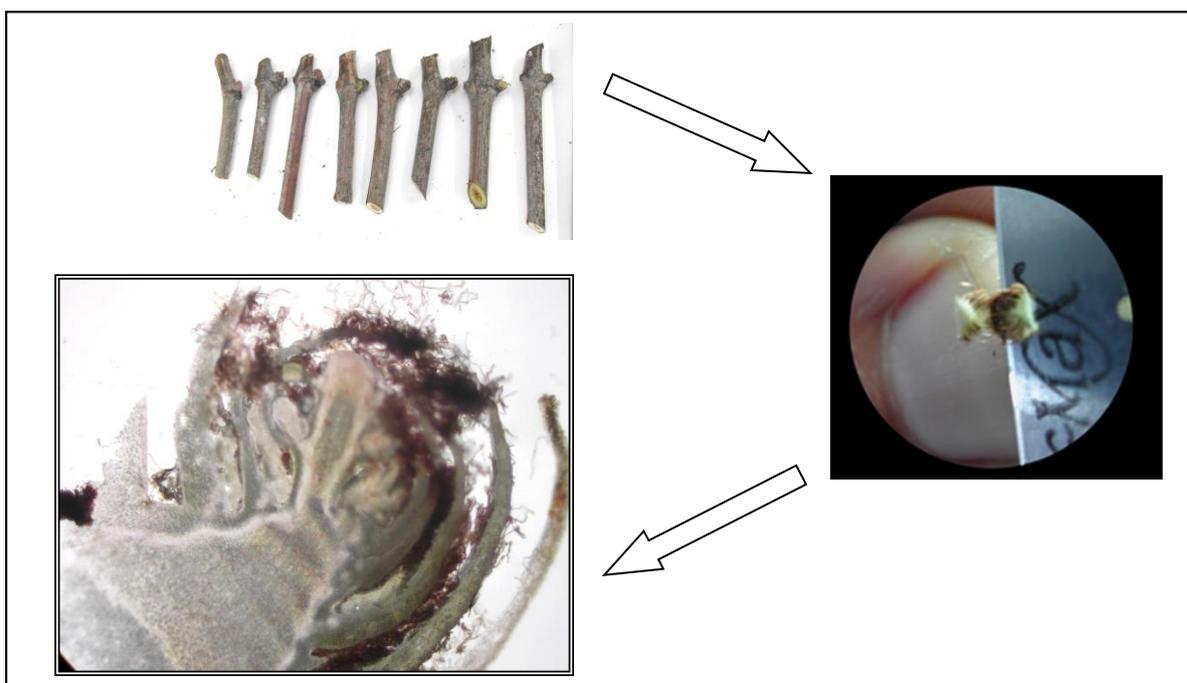


Figure 9 : Différentes étapes de la détermination de la FPR

III. 2. 2. Fertilité potentielle apparente

La fertilité potentielle apparente (FPA) a été déterminée *in situ* sur les mêmes souches qui ont été utilisées pour la fertilité potentielle réelle, après le débourrement lors du stade phénologique grappes séparées (stade G) de Baggiolini (1952), par l'utilisation de la formule de Bessis (1965) : N_1/x_2 où N_1 représente le nombre total de grappes apparues sur les pousses et x_2 le nombre des bourgeons débourrés.

III. 2. 3. Fertilité pratique

La détermination de la fertilité pratique (FP) a été réalisée en même temps que la fertilité potentielle apparente, sur les mêmes souches, après le débourrement lors du stade phénologique grappes séparées (stade G) de Baggiolini (1952), par l'utilisation de la formule de Bessis (1965) : N_1/x où N_1 représente le nombre total de grappes apparues sur les pousses et x le nombre d'yeux laissés à la taille (la charge).

III. 2. 4. Les composantes de rendement

Les composantes de rendement ont concerné principalement les baies et les grappes. Nous avons déterminé pour chaque variété le poids moyen d'une grappe à partir de 10 grappes issues des 6 ceps utilisés. Ainsi que le poids moyen d'une baie à partir de 30 baies sélectionnées de ces grappes à l'aide d'une balance de précision, ainsi que la longueur et la largeur des baies à l'aide d'un pied à coulisse.

Par ailleurs, nous avons mesuré le taux de réfraction (reflétant le taux de sucre) à l'aide d'un réfractomètre portable sur l'extrait de jus de ces mêmes baies par lecture directe.

III. 3. Analyses statistiques

Les résultats de notre recherche représentent différentes matrices de nos données expérimentales. La première est une matrice représentant les différentes mesures de la fertilité soit au total $6 \times 18 + 15 \times 18$ observations. Nous obtenons une matrice de la fertilité par cépage (nombre de bourgeons débourrés, pourcentage de débourrement, nombre de grappes, FPA, FPR et FP) par année (2006, 2007 et 2008) et pour chaque paramètre.

La deuxième matrice regroupe les différentes mesures des composantes de rendement (poids, longueur et largeur de baie, poids de grappe, taux de réfraction) soit 30×18 observations, c'est la matrice des mesures des composantes de rendement par cépage.

Ces deux matrices donnent au final une matrice globale, regroupant toutes les mesures expérimentales (Annexe 4).

Une analyse exploratoire à travers l'utilisation des outils de la statistique descriptive a été réalisée.

L'analyse des données a été approchée par : la méthode des moindres carrés ordinaire (MCO), l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) et l'analyse en composantes principales (ACP).

La méthode des MCO nous sera utile pour la réalisation des régressions linéaires nécessaires dans cette recherche, en se basant sur son estimateur. Nous nous baserons sur le coefficient de corrélation et le test de la valeur p pour son évaluation.

le coefficient de corrélation se définit comme suit :

$$\rho = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

On estime une forte corrélation quand : $|\rho| > 0,5$.

Le test de la valeur p donne une valeur de la probabilité d'obtenir la même valeur du test si l'hypothèse nulle était vraie. La valeur p se traduit par un seuil expérimental qui s'interprète comme suit :

<0,01	Très forte présomption contre l'hypothèse nulle
0,01-0,05	Forte présomption contre l'hypothèse nulle
0,5-0,1	Faible présomption contre l'hypothèse nulle
>0,1	Pas de présomption contre l'hypothèse nulle

L'ANOVA se base sur le test de Fisher. Elle est poursuivie par le test Lsd de Fisher pour identifier la différence la moins significative en vue de classement.

Une ACP nous sera très utile pour la représentation graphique de nos deux composantes.

III. 4. Méthode de comptage des boutons floraux par traitement d'image

Elle consiste à proposer un système automatique de comptage des boutons floraux d'une inflorescence afin de mettre à la disposition des utilisateurs un outil qui facilite leur travail. Ce système, basé sur le traitement d'image et la ligne de partage des eaux, est suivi d'une analyse statistique permettant d'obtenir une estimation du nombre des boutons floraux, la finalité étant la détermination du taux de nouaison d'un cépage donné.

La détermination du taux de nouaison nécessite un comptage au moment du stade boutons floraux séparés (H) et du stade nouaison (J) des stades phénologiques (Annexe 2) de Baggiolini (1952). Ces comptages s'effectuent délicatement, avec prudence et manuellement sur des dizaines de ceps avec toutes les contraintes techniques et spatio-temporelles inhérentes à cette opération.

Bessis (1960) a proposé une méthode d'appréciation du nombre de boutons floraux, basée sur une régression linéaire entre la longueur de grappe et sa richesse en boutons. Cette méthode facile et utilisée à ce jour pour le comptage des boutons.

Pour plus de facilité, nous avons adopté une méthode qui consiste à utiliser le traitement d'images sur des photographies qui sont prises sur les stades nécessaires pour la détermination du taux de nouaison.

Le comptage des objets est un problème important dans le domaine du traitement d'image. Girard et Charbonnier (2009) ont développé une méthode de comptage d'objets oblongs, flexible et pouvant se chevaucher. Cette méthode utilise une combinaison de traitement d'images par filtrage morphologique et statistique.

Vallotton et Thomas (2008) ont introduit un système basé sur les algorithmes de traitement d'image pour compter le nombre de poils et leur longueur. Sossa *et al.* (2003) ont proposé une technique pour compter les objets dans une image sans séparer les conglomerats des objets. Cette technique est basée sur la squelettisation. Par contre, Guérin *et al.* (2004) ont étudié la faisabilité du dénombrement d'épis de blé par imagerie couleur basée sur l'analyse de la texture.

Notre objectif est d'élaborer un système de comptage automatique basé sur le traitement d'image et la *ligne de partage des eaux* (LPE), poursuivi par une analyse statistique qui permet d'obtenir des estimations du nombre de boutons floraux chez la vigne, d'où son utilité pour la détermination du taux de nouaison.

III. 4. 1. Difficultés liées au comptage manuel

La méthode de comptage manuel est très difficile. Elle se confronte à de nombreux problèmes ayant une grande influence sur les résultats de la recherche demandée dont les plus importants sont les suivants :

- Le nombre de boutons floraux est élevé (de l'ordre de plusieurs centaines ou milliers).

- Les boutons floraux peuvent être regroupés en amas (superposition des boutons). Ceci pourrait engendrer des pertes en boutons lors de la manipulation.
- Les circonstances naturelles de l'expérimentation et contraintes du temps.

III. 4. 2. Difficultés liées au comptage automatique

La méthode de comptage automatique proposée, doit tenir compte des problèmes suivants :

- Les boutons floraux sont regroupés en amas (boutons contigus), ce qui échappe du cadre de simple comptage.
- La méthode doit être efficace pour tous les types d'inflorescences.
- Le volume des boutons diffère d'une image à une autre selon la distance entre l'appareil et l'inflorescence.
- Il y a des inflorescences qui contiennent des boutons de différentes tailles.
- Le contraste de l'image a une influence sur la séparation de l'inflorescence de l'arrière-plan.
- Mauvaise séparation des bras résultant d'une superposition des boutons.
- L'apparence des objets supplémentaires.

Ces difficultés exigent un changement dans les paramètres d'application pour chaque image, afin d'éliminer le contraste et les objets supplémentaires pour une bonne détection des boutons.

Le comptage se fait pour une seule surface (une vue verticale de l'image). Ce qui rend impossible le comptage total des boutons floraux d'une inflorescence. Ceci exige une mise en œuvre d'une méthode spécifique donnant une faible erreur de comptage (sans influence sur l'étude).

III. 4. 3. Présentation de l'algorithme de comptage automatique

L'algorithme proposé se décompose en deux parties : une étape de prétraitement est nécessaire pour préparer l'image, suivie d'une ligne de partage des eaux (LPE en anglais *Watershed*), appliquée sur les images traitées, permettant d'obtenir la segmentation finale des boutons.

Tous les traitements ont été réalisés par Matlab (v7.14) et en particulier L'Image Processing Toolbox. Les photos utilisées pour cette étude ont été prises avec un appareil photo numérique (SONY HX100, 16.1Mpx).

a) Prétraitement de l'image

Le prétraitement est basé sur le traitement d'images. Il s'agit d'un domaine très vaste qui trouve de plus en plus d'applications (Serra, 1982 ; Soille, 2002). Son objectif est de préparer l'image, soit en nettoyant la forme (élimination du bruit) ou en réduisant la quantité d'information à traiter pour ne garder que les informations les plus significatives.

Cette étape est basée sur la morphologie mathématique. En effet, l'idée de base est de comparer les objets que l'on veut analyser à un autre objet de forme connue appelé « élément structurant ».

Pour la préparation de notre image, les étapes suivantes ont été réalisées :

1. Les images sont converties en niveaux de gris.
2. Le fond de l'image est éliminé en utilisant l'opération d'ouverture avec l'élément structurant « disque » ou bien par l'opération *Top Hat* (chapeau haut de forme) qui représente un résidu destiné à amplifier les contrastes.
3. L'image obtenue est ensuite binarisée selon un seuil donné.
4. Les boutons floraux sont séparés par les opérations morphologiques (érosion, ouverture, remplissage, suppression, etc.)
5. Il est alors possible de labelliser les objets. Pour déterminer le nombre de boutons floraux sur l'image, il faut répartir les objets en trois catégories : les boutons, les objets à éliminés car trop petits, les objets indéterminés (rafles).

b) Algorithme de comptage par la ligne de partage des eaux (LPE)

La LPE introduite pour l'analyse de l'image, est l'une des méthodes les plus puissantes et rapides pour réaliser les étapes de délimitation dans les chaînes de segmentation d'image. La LPE permet de partitionner les pixels d'une image en un ensemble de régions connexes séparées par un contour fermé. Elle constitue donc, par nature, un outil bien adapté à la segmentation (Cousty, 2007).

Nous avons utilisé cette technique pour séparer les boutons contigus, afin d'obtenir une meilleure estimation du nombre des boutons. En éliminant la rafle, le nombre trouvé reflète une approximation de nombre calculé manuellement.

III. 4. 4. Sensibilité de la méthode

a) Sensibilité à l'éclairage (contraste)

L'éclairage change d'une image à une autre. L'élimination du fond rend la méthode indépendante de l'éclairage

b) Sensibilité à l'échelle de niveaux de gris

L'image est sombre ou brillante. Cela implique des changements dans l'échelle des niveaux de gris d'une image à une autre. La différence de luminosité entre les différentes images de la base de données montre que la méthode est robuste à ce facteur.

c) Sensibilité aux opérations morphologiques

Une étude de sensibilité à la forme et à la taille du filtre morphologique montre qu'un changement de taille de l'élément structurant « disques » est nécessaire pour chaque image à cause du volume des boutons floraux (à prendre en considération lors de la prise des photos).

d) Sensibilité aux bruits

Le bruit a pour effet de perturber la labellisation des objets (boutons floraux) par l'existence de nombreux objets supplémentaires. Cependant, ces objets, qui sont très petits pour être des boutons, sont facilement supprimés par le seuillage.

CHAPITRE IV :
RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV. 1. Analyse exploratoire de la fertilité des bourgeons latents

IV. 1. 1. Pourcentage de débourrement

La Figure 10 ci-dessous représente le pourcentage de débourrement de vignoble en fonction du rang des bourgeons sur le cep, indépendamment de la variété (deux coursons à deux bourgeons (C1 et C2) et deux baguettes à plusieurs bourgeons (de 1 à 8), chaque valeur représente une valeur globale de pourcentage de débourrement pour tous les cépages étudiés.

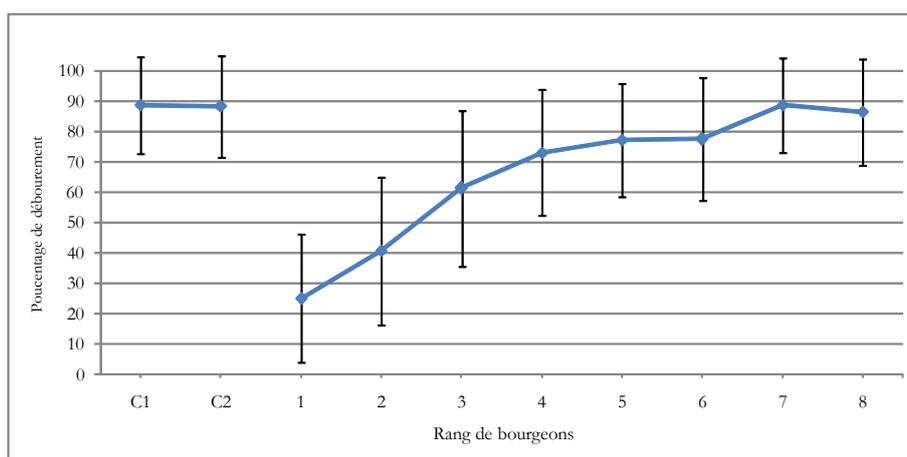


Figure 10 : Pourcentage de débourrement de vignoble en fonction du rang de bourgeons sur le cep

Nous remarquons que les bourgeons des deux coursons ont toujours un débourrement maximal ainsi que les bourgeons de l'extrémité de la baguette. Cela est dû à un phénomène connu sous le nom de « l'acrotonie ». Pour vérifier cela, nous avons fait recours au calcul du coefficient d'asymétrie de Fisher qui a donné le résultat : $\gamma_1 = -1.06$

Cela signifie que la distribution des valeurs de débourrement au long de la baguette est asymétrique. Ceci se conforme au graphique résultant (Figure 10).

Un phénomène d'inhibition par corrélation est observé sur la baguette selon la position des bourgeons (exercés fortement sur les bourgeons de la base). Comme l'a remarqué Bessis (1965), il y a une variation de débourrement assez notable au niveau des bourgeons 1, 2 et 3 de la

baguette et que les chances de débourrement d'un bourgeon sont très nettement en rapport avec son rang d'insertion sur le rameau.

La dynamique de pourcentage de débourrement en trois ans pour tous les cépages (Figure 11) nous a montré que la dernière année d'étude se caractérise généralement par les pourcentages de débourrement les plus élevés.

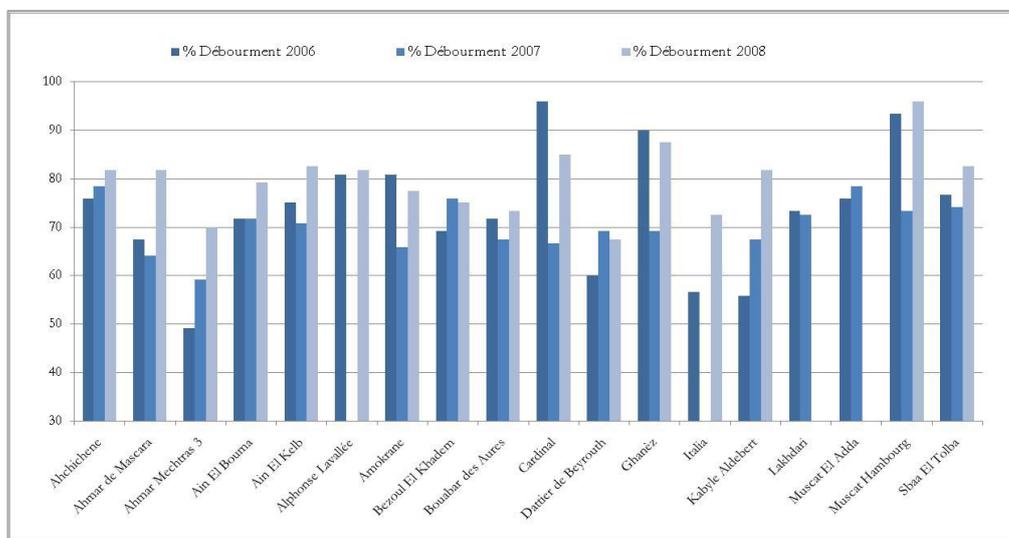


Figure 11 : Variation de taux de débourrement en fonction de l'année et des cépages.

La Figure 12 représente les variations de pourcentage de débourrement global en fonction des cépages étudiés : il varie entre 59 et 88 %.

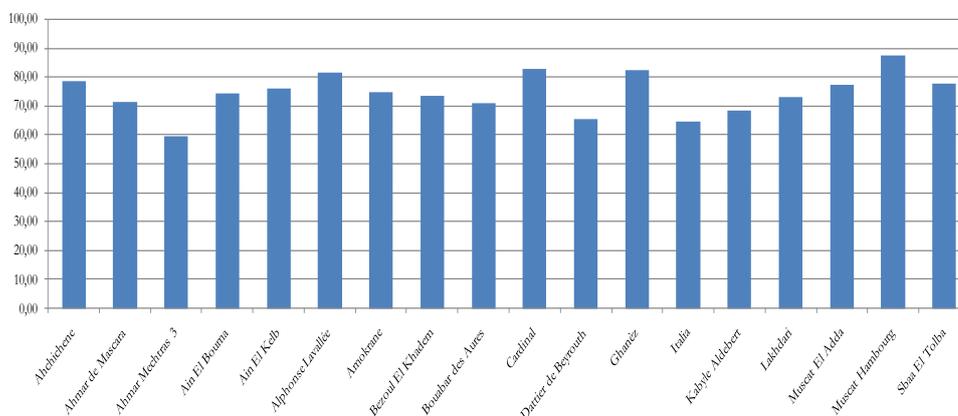


Figure 12 : Pourcentage de débourrement global en fonction des cépages étudiés

Seuls quatre cépages présentent des pourcentages de débourrement globaux inférieur à 70% (Ahmar Mechtras 3, Italia, Dattier de Beyrouth et Kabyle Aldebert), alors que quatre autres se caractérisent par des valeurs supérieures à 80% (Muscat de Hambourg, Ghanèz, Cardinal et Alphonse Lavallée), les autres variétés étant intermédiaires.

IV. 1. 2. Variation de la fertilité par rang de bourgeon latent

Nous présenterons l'évolution des différents types de fertilité des bourgeons selon leur rang pour chaque cépage et pour les trois années d'étude.

a) Variation de la fertilité potentielle apparente et pratique par rang

La variation de la fertilité potentielle apparente et pratique par rang et pour chaque variété sont représentées dans la série représentative de la Figure 13. Nous remarquons que la fertilité des bourgeons latents de la moitié terminale présente une fertilité plus élevée que la moitié basale. Nos résultats sont en adaptation avec ceux de Ferrer *et al.* (2004), étudiant la variété Tannat, ont constaté que la fertilité des bourgeons latents basale est faible et augmente à partir de bourgeon du rang 3 et que la fertilité des bourgeons latents du rang 1 et 2 présentent différentes valeurs de fertilité suivant le type de taille utilisée.

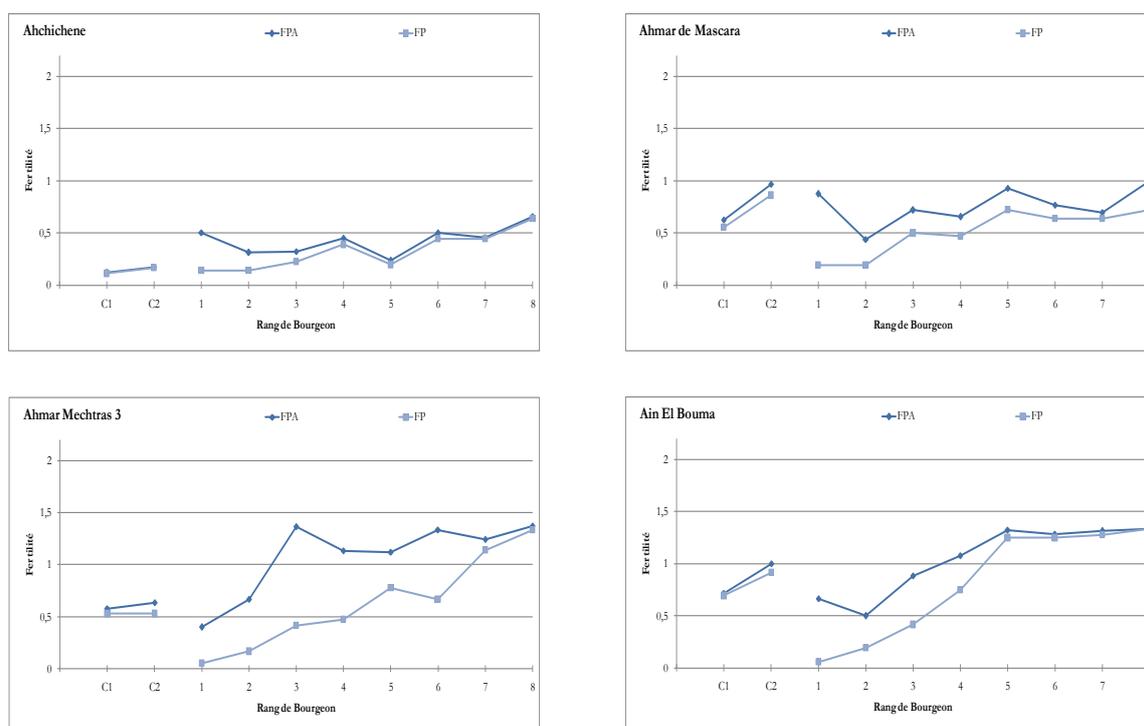


Figure 13: Variation de la FPA et FP des cépages en fonction de rang du bourgeon

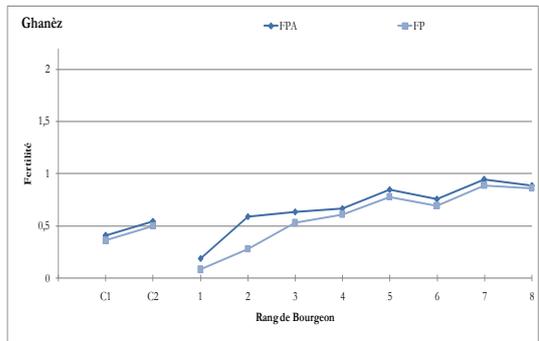
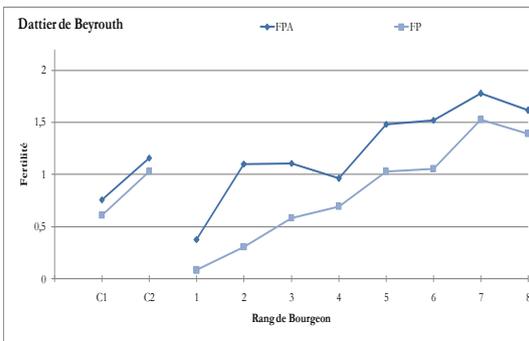
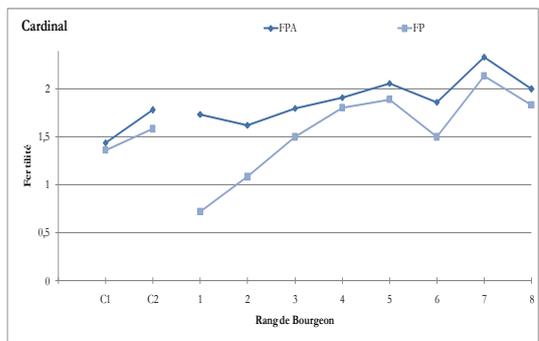
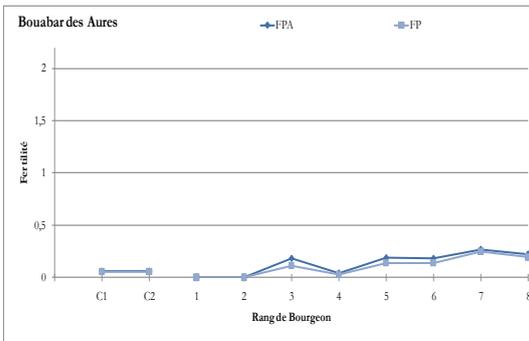
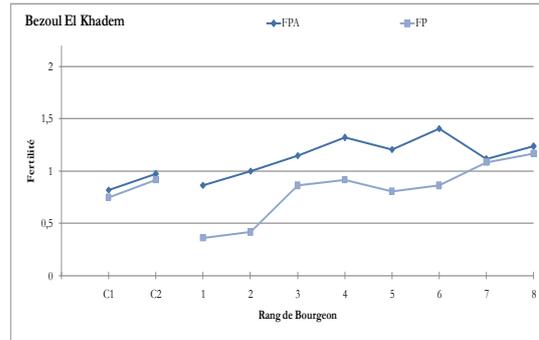
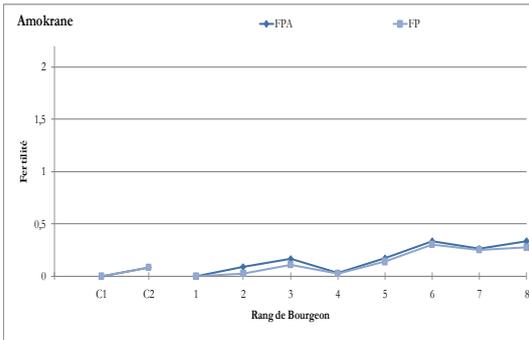
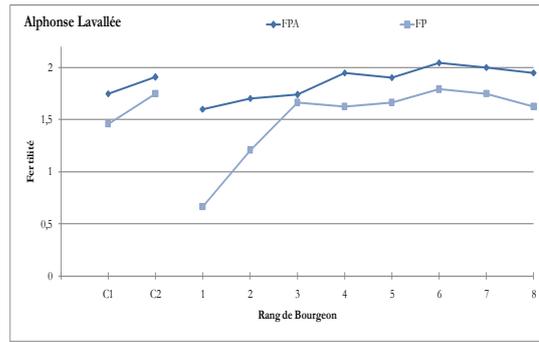
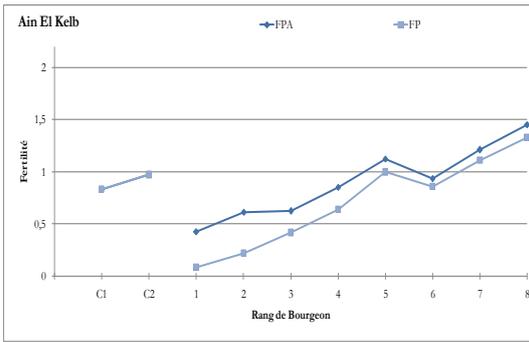


Figure 13: Variation de la FPA et FP des cépages en fonction de rang du bourgeois

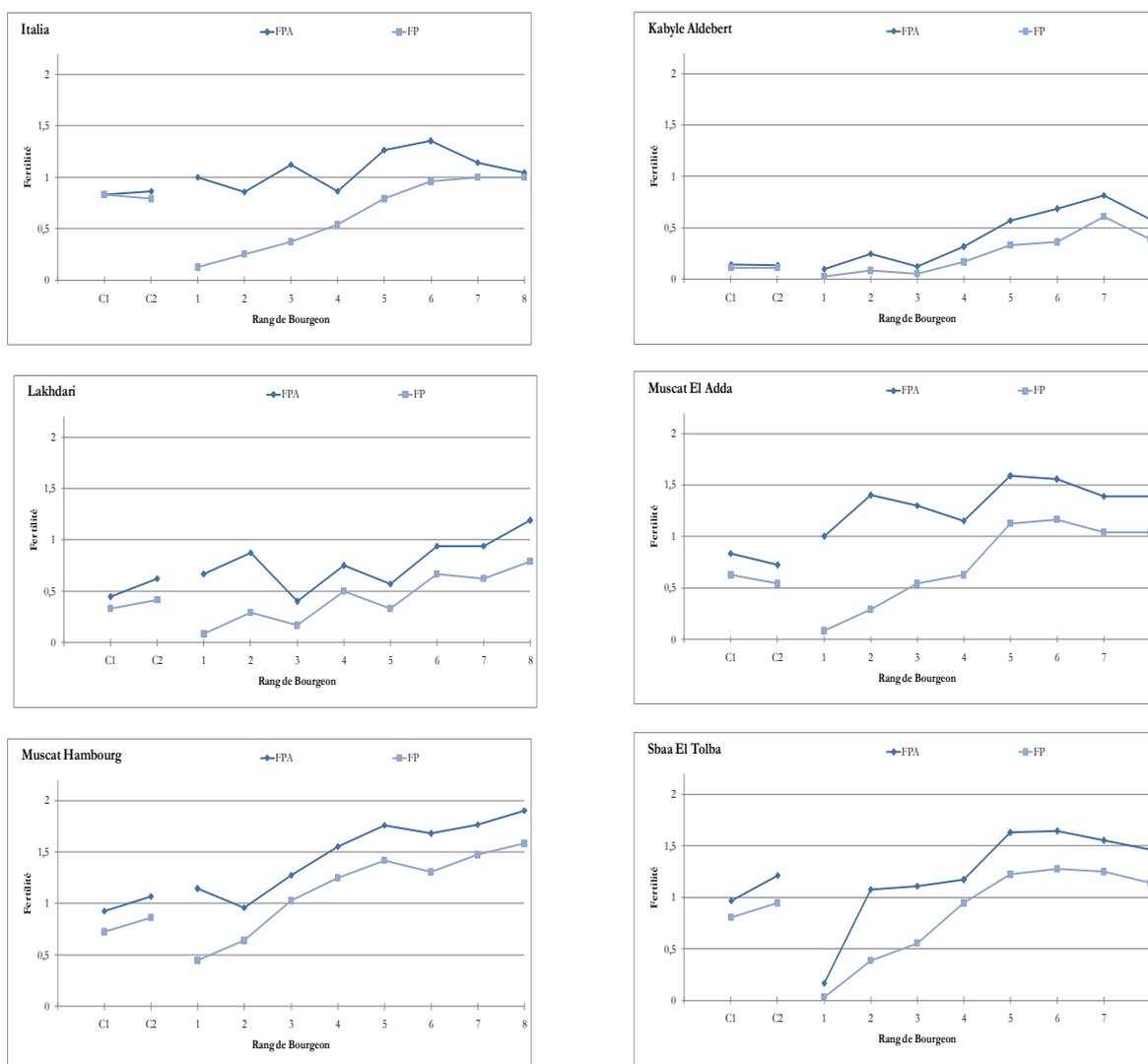


Figure 13 : Variation de la FPA et FP des cépages en fonction de rang du bourgeon

Il est à noter que les valeurs de la fertilité potentielle apparente des bourgeons des coursons est similaire aux valeurs de leurs homologues (1 et 2) sur la baguette pour l'ensemble des cépages. La fertilité potentielle apparente est relativement toujours supérieure à la fertilité pratique puisqu'on ne tient pas compte pour cette dernière que des bourgeons débouffés réellement. Ce qui est remarquable, c'est le chevauchement de ces 2 fertilités (égalité parfaite) presque identique et très net chez les cépages autochtones Amokrane et Bouabar des Aurès, auxquels rajouter Ahchichène, Ghanèz et Ain el Kelb.

b) Variation de la fertilité potentielle réelle par rang

Le suivi de la variation de la fertilité potentielle réelle par rang sur 14 bourgeons d'une baguette (sur 3 années) est indiqué dans la série de graphique de la Figure 14.

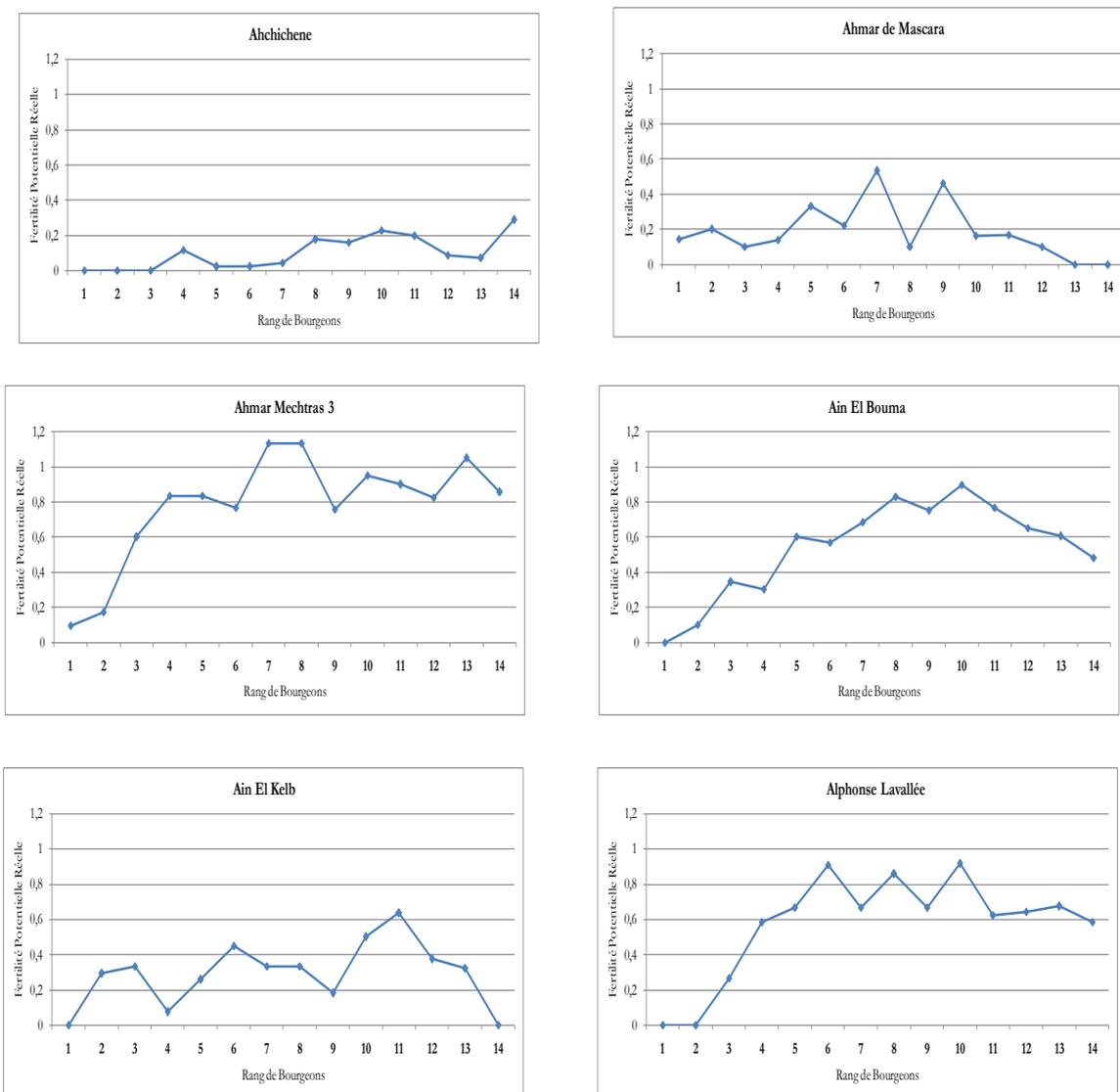


Figure 14: Variation de la FPR des cépages selon le rang du bourgeon

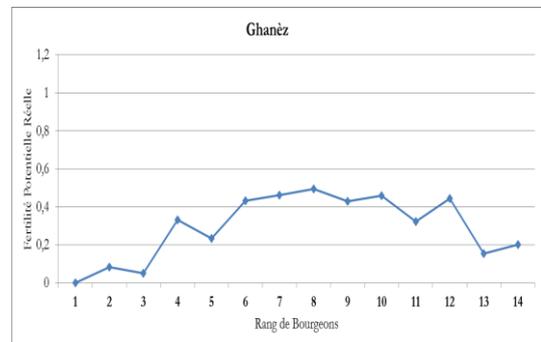
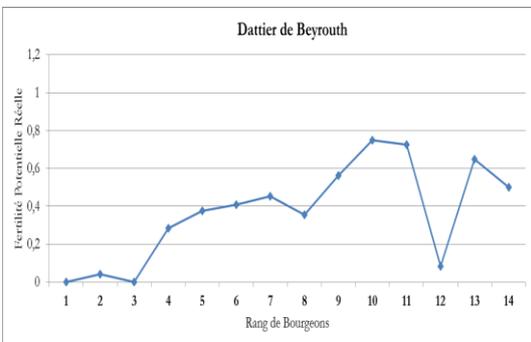
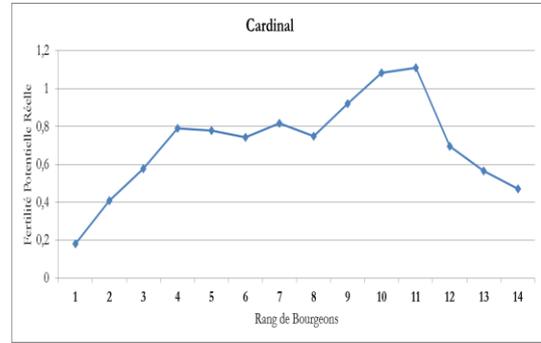
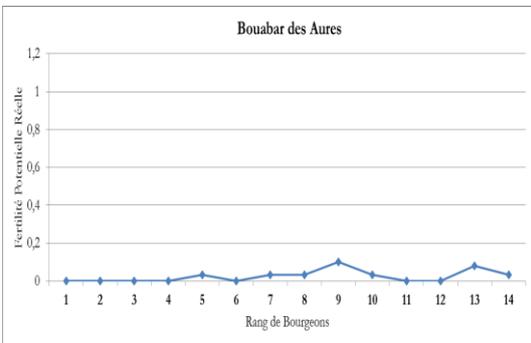
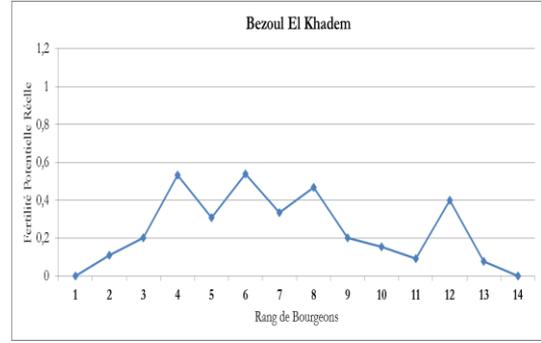
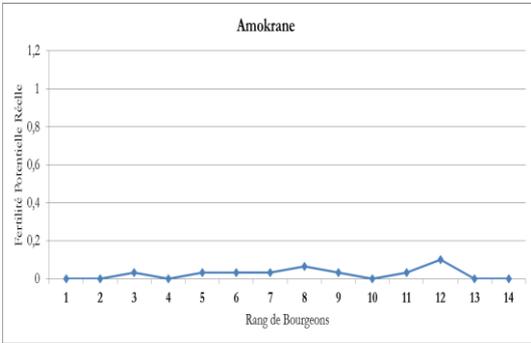
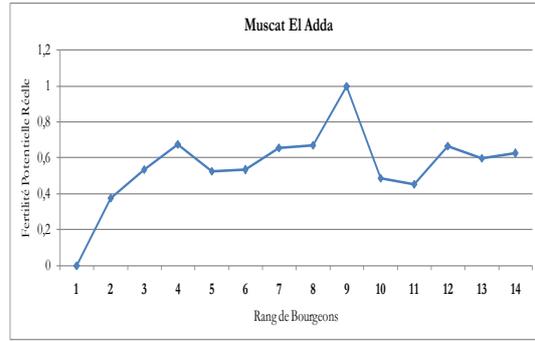
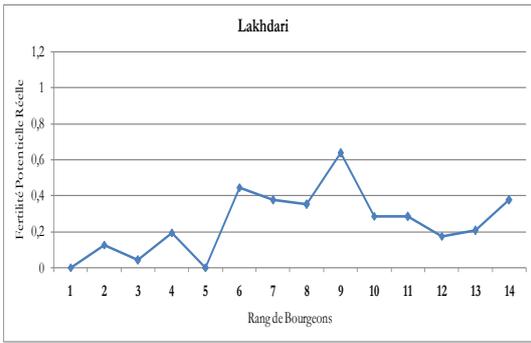


Figure 14: Variation de la FPR des cépages selon le rang du bourgeon



Figure 14 : Variation de la FPR des cépages selon le rang du bourgeon

L'observation des graphiques montrent une évolution en dents de scie comme ce fut le cas pour les deux précédents types de fertilité pour l'ensemble des cépages à l'exception des variétés Bouabar des Aurès, Amokrane, Ahchichène et Kabyle Aldebert. Ceci est remarquable aussi dans les résultats de Antcliff et Webster (1955) sur la Sultanine, Vlachos (1961) sur 5 cépages espagnols et Benmehaia (2005) sur quelques variétés autochtones.

Nous remarquons que la FPR augmente progressivement et relativement jusqu'aux bourgeons situés entre le sixième et le onzième rang.

IV. 1. 3. Analyse préliminaire

Nous présenterons dans ce premier point une analyse préliminaire et exploratoire de l'ensemble des résultats obtenus sur la base des matrices brutes. L'exploration sera à la fois simple et dynamique. Simple par une représentation graphique des résultats et dynamique en tenant compte de la fluctuation annuelle (sur trois ans).

La Figure 15 représente les résultats obtenus de la fertilité potentielle apparente (FPA) et pratique (FP) des différents cépages étudiés au cours de trois années d'étude. Nous remarquons que la moitié des cépages présentent une fertilité potentielle apparente supérieure à 1.

Il ressort nettement de l'observation de que 4 cépages se caractérisent par une faible fertilité au champ : Bouabar des Aurès, Amokrane, Ahchichène et Kabyle Aldebert (cépages autochtones), alors que 2 cépages : Alphonse Lavallée et le Cardinal s'illustrent par les valeurs de fertilité les plus élevées (cépages introduits), les autres variétés (mélange des deux) étant intermédiaires.

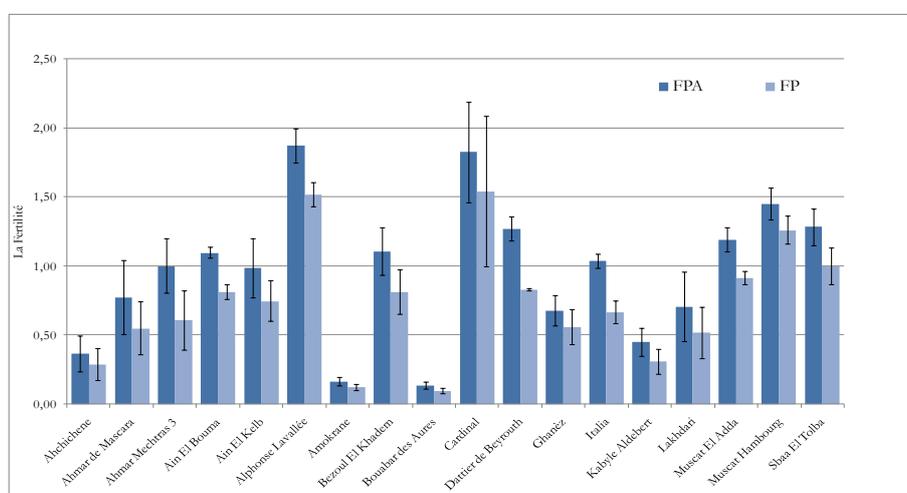


Figure 15 : Fertilité potentielle apparente et fertilité pratique des différents cépages

IV. 1. 4. Analyse inter et intra-variétale de la fertilité

Dans ce point, nous allons présenter une analyse exploratoire pour étudier les différents types de fertilité en fonction des cépages et sa variation dans un cépage.

Huglin (1958) a montré que la fluctuation de la fertilité des différentes variétés varie considérablement et certains cépages présentent une fertilité beaucoup plus régulière que d'autres. Comme ce fut le cas dans les résultats détaillés que nous avons obtenus.

D'après la Figure 15, Alphonse Lavallée, le Cardinal, et à un degré moindre le Muscat de Hambourg se démarquent nettement de tous les autres par leur fertilité potentielle apparente

élevée, alors que deux cépages autochtones (Amokrane et Bouabar des Aurès) se caractérisent par la plus faible FPA (auxquels on peut rajouter Ahchichène et Kabyle Aldebert).

Cela peut être expliqué par la non prise en compte des bourgeons non-débouffés dans son expression, ce qui fait amplifier sa valeurs. En prenant en compte des bourgeons non-débouffés nous obtenons notre expression de fertilité pratique, montrée dans la même Figure (Figure 15).

La fertilité pratique présente des valeurs inférieures à la fertilité potentielle apparente et cela est due à l'inclusion des bourgeons non-débouffés dans son expression de calcul.

La catégorie des cépages moyennement fertiles [0.40-0.80] comprend deux cépages introduits (Dattier de Beyrouth et Italia). Le reste (09 cépages) représente des cépages autochtones.

En ce qui concerne la fertilité potentielle réelle, la Figure 16 représente sa variation selon les cépages. Ils gardent la même allure d'agencement que les précédentes à l'exception d'Ahmar Mechtras 3 dont la fertilité est du même ordre de grandeur que le Cardinal (le plus fertile)

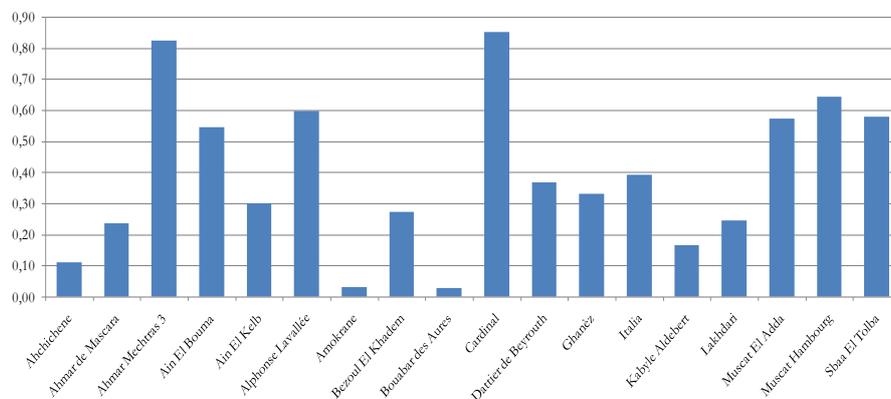


Figure 16 : Fertilité potentielle réelle des différents cépages

Les résultats que nous avons obtenus sont similaires à ceux de Benmehaia (2005) qui dans une étude antérieure a trouvé que les cépages Ahmar Mechtras 3, Ghanèz, Ahchichène, Ain El Kelb et Bouabar des Aurès ont relativement le même niveau de fertilité potentielle réelle, à l'exception de Kabyle Aldebert où elle est très faible. Il en est de même pour la fertilité potentielle apparente, où les valeurs sont relativement similaires sauf pour Kabyle Aldebert et Ain El Kelb où elles sont plus élevées. C'est au niveau de la fertilité pratique que les résultats de Benmehaia (2005) sont différents sauf pour Bouabar des Aurès qui garde le même niveau de fertilité.

L'analyse de la variance des résultats montre une différence significative de la fertilité potentielle réelle entre les cépages au seuil de 5% (Annexe 5.1). La comparaison des moyennes et le classement des cépages sont indiqués dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Classement de cépages par la fertilité potentielle réelle à base de Test t(LSD)

Cépages	Moyenne	T Groupement
Ahmar Mechtras 3	0.8011	A
Cardinal	0.7212	AB
Muscat de Hambourg	0.6508	ABC
Alphonse Lavallée	0.6005	ABC
Muscat El Adda	0.5751	ABCD
Ain El Bouma	0.5673	ABCD
Sbaa El Tolba	0.5332	ABCD
Italia	0.3983	BCDE
Dattier de Beyrouth	0.3447	CDEF
Ghanèz	0.3122	CDEF
Ain El Kelb	0.3028	CDEF
Lakhdari	0.2461	DEF
Ahmar de Mascara	0.2331	DEF
Kabyle Aldebert	0.1590	EF
Bezoul El Khadem	0.1523	EF
Ahchichène	0.0967	EF
Amokrane	0.0267	F
Bouabar des Aurès	0.0169	F
ppds (5%) = 0.3513		

L'ANOVA de la fertilité potentielle apparente a montré une différence significative au seuil 5% (Annexe 5.1). Nous avons effectué une comparaison des moyennes et un classement des cépages vis-à-vis de ce paramètre, mentionné dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Classement de cépages par la fertilité potentielle apparente à base de Test t(LSD)

Cépages	Moyenne	T Groupement
Alphonse Lavallée	1.8722	A
Cardinal	1.8262	A
Muscat de Hambourg	1.4512	B
Sbaa El Tolba	1.2840	BC
Dattier de Beyrouth	1.2714	BC
Muscat El Adda	1.1902	BC
Bezoul El Khadem	1.1054	C
Ain El Bouma	1.0975	C
Italia	1.0735	CD
Ahmar Mechtras 3	1.0016	CDE
Ain El Kelb	0.9871	CDE
Ahmar de Mascara	0.7729	DEF
Lakhdari	0.7075	EFG
Ghanèz	0.6780	FG
Kabyle Aldebert	0.4497	GH
Ahchichène	0.3644	HI
Amokrane	0.1640	HI
Bouabar des Aurès	0.1368	I

ppds (5%) = 0.3082

L'ANOVA de la fertilité pratique a montré aussi une différence significative au seuil de 5% (Annexe 5.1). La comparaison et le classement des cépages sont indiqués dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Classement de cépages par la fertilité pratique à base de Test t(LSD)

Cépages	Moyenne	T Groupement
Cardinal	1.5417	A
Alphonse Lavallée	1.5208	A
Muscat de Hambourg	1.2611	AB
Sbaa El Tolba	1.0000	BC
Muscat El Adda	0.9167	CD
Dattier de Beyrouth	0.8306	CDE
Ain El Bouma	0.8139	CDE
Bezoul El Khadem	0.8139	CDE
Ain El Kelb	0.7472	CDE
Italia	0.6667	DE
Ahmar Mechtras 3	0.6083	DEF
Ghanèz	0.5583	EFG
Ahmar de Mascara	0.5500	EFG
Lakhdari	0.5167	EFG
Kabyle Aldebert	0.3083	FGH
Ahchichène	0.2889	GH
Amokrane	0.1222	H
Bouabar des Aurès	0.0972	H
ppds (5%) = 0.3166		

IV. 2. Composantes de rendement

IV.2.1. Poids des baies

La Figure 17 représente le poids moyen des baies pour chaque cépage. Alphonse Lavallée présente le poids des baies le plus élevés, justifiant son appellation « Gros noir ».

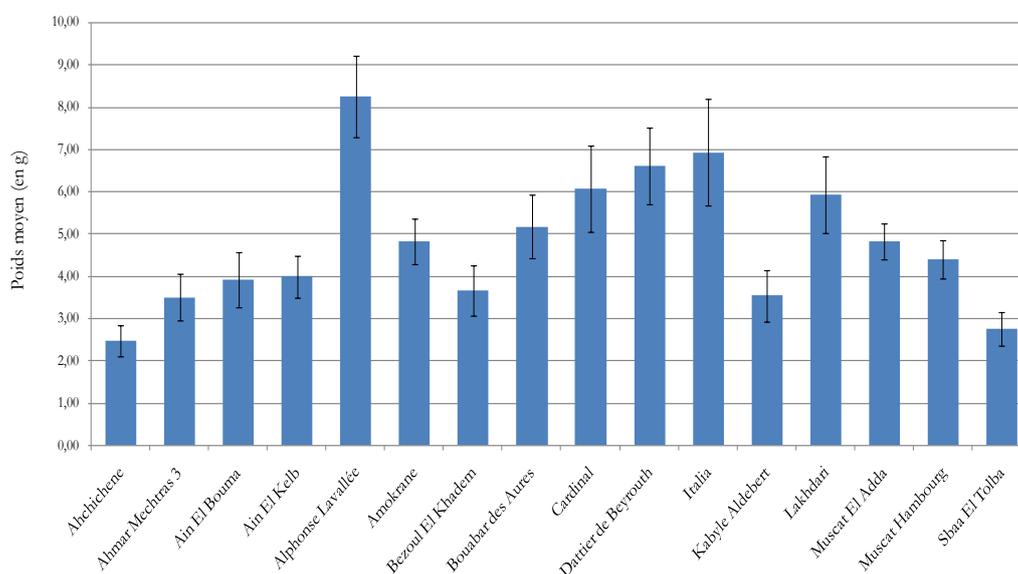


Figure 17 : Poids moyen (en g) des baies par cépage

Il est à signaler que 4 cépages parmi les 5 introduits se situent en premier. Parmi les cépages autochtones, Lakhdari se caractérise par le poids de baies le plus élevé (proche du cardinal) alors que Ahchichène et Sbaa El Tolba ont les poids de baies les plus faibles.

L'ANOVA a mis en évidence une différence significative au seuil de 5% (Annexe 5.2). La comparaison des moyennes et le classement de cépage à partir de ce paramètre est indiqué dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Tableau de classement de cépages par poids de baies à base de Test t(LSD)

Cépages	Moyenne	T Groupement
Alphonse Lavallée	8.2547	A
Italia	6.8848	B
Dattier de Beyrouth	6.5923	B
Cardinal	6.0673	C
Lakhdari	5.9655	C
Bouabar des Aurès	5.1383	D
Muscat El Adda	4.8213	D
Amokrane	4.7500	D
Muscat de Hambourg	4.3967	DEF
Ain El Kelb	3.9830	E
Ain El Bouma	3.9141	E
Bezoul El Khadem	3.7771	E
Kabyle Aldebert	3.5976	E
Ahmar Mechtras 3	3.4237	E
Sbaa El Tolba	2.7450	F
Ahchichène	2.4532	F

ppds (5%)=0.4308

Les valeurs de poids des baies obtenues de quelques cépages autochtones, (Ain El Kelb, Ahchichène, Kabyle Aldebert et Ahmar Mechtras 3) sont pratiquement similaires à celles indiquées par Benmehaia (2005).

Lopez-Miranda (2004) a montré que le poids de la baie a eu une influence moins importante pour estimer le rendement. Dans tous les cas, que l'on utilise le nombre de fleur par inflorescence ou le nombre de baie par grappe, le poids de baies au moment de la vendange devrait être la seule composante du rendement qui requiert une estimation, ce qui est plus généralement beaucoup plus simple à obtenir en cause de la variabilité plus réduite de ce paramètre.

IV.2.2. Poids des grappes

La Figure 18 regroupe le poids moyen des grappes pour chaque cépage. Il est intéressant et très curieux de signaler que le cépage Bouabar des Aurès, le moins fertile, s'est caractérisé par le poids de grappe le plus élevé, soit près du double de ceux des cépages réputés productifs (Alphonse Lavallée, Italia, Dattier de Beyrouth et Lakhdari).

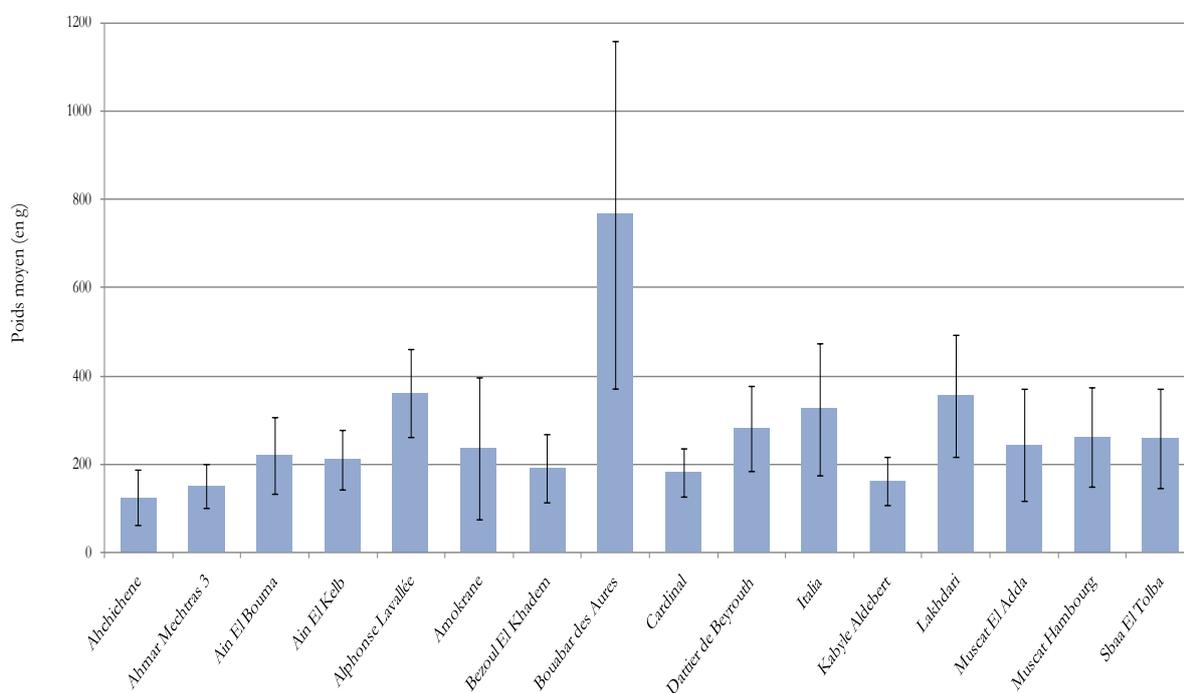


Figure 18 : Poids moyen (en g) des grappes par cépages

Les poids de grappes des cépages autochtones : Ain El Kelb, Ahchichène, Kabyle Aldebert et Ahmar Mechtras 3 sont similaires aux résultats de Benmehaia (2005) à l'exception de Ain El Kalb qui a une valeur double (de 101 à 208 g).

L'analyse de la variance (Annexe 5.2) montre une différence significative entre les variétés au seuil de 5%.

IV.2.3. Longueur et largeur des baies

La Figure 19 englobe les mensurations des baies (longueur et la largeur).

La longueur de baie la plus élevée a été enregistrée chez Bezoul El Khadem qui s'est aussi caractérisé par la plus grande différence de largeur (elle est presque le double de la largeur). Les cépages Ain El Bouma, Lakhdari, Dattier de Beyrouth et Italia se sont aussi signalés par des

longueurs relativement supérieures à celles de la largeur (nettement moins importantes que celle du premier), alors qu'elles sont très réduites pour les variétés Ahmar Mechtras3, Ain El Kelb, Kabyle Aldebert, Bouabar des Aurès et Amokrane. Le reste des cépages (Alphonse Lavallée, Muscat El Adda, Sbaa El Tolba, Cardinal et Muscat de Hambourg) présentant des valeurs équivalentes et les différences sont insignifiantes.

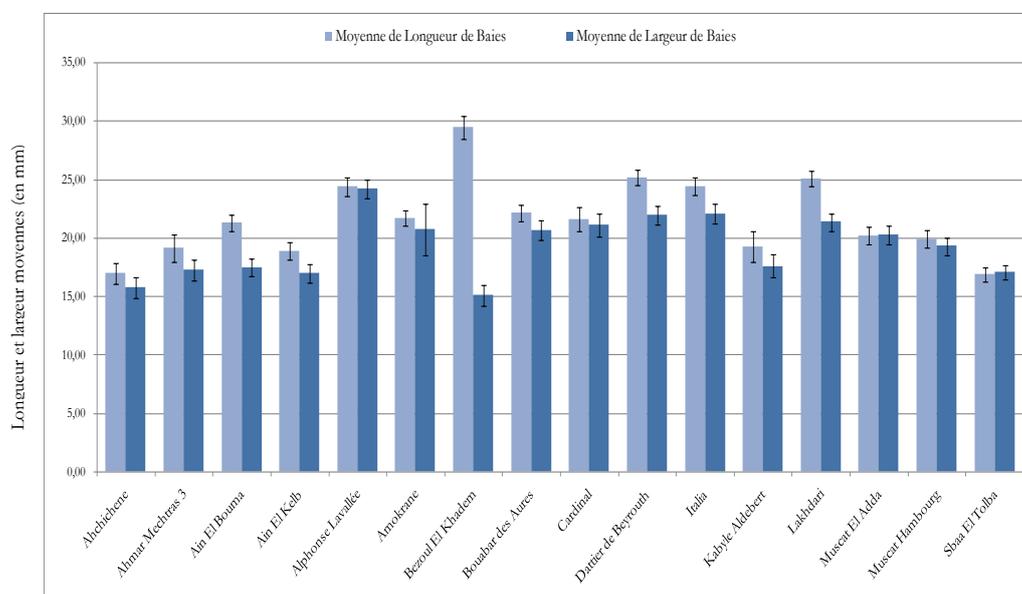


Figure 19 : Longueur et largeur moyennes (en mm) des baies par cépages

Afin de les classer sur la base de ces deux critères (longueur et largeur), l'ANOVA a montré une différence significative de 5% (Annexe 5.2).

En référence à l'OIV (2001), par rapport à la longueur nous pouvons classer nos variétés en 3 classes : une première classe à longueur moyenne (Ahchichène, Sbaa El Tolba et Ain El Kelb), une deuxième classe à longueur élevée (Ahmar Mechtras 3, Kabyle Aldebert, Muscat de Hambourg, Muscat El Adda, Ain El Bouma, Cardinal, Amokrane et Bouabar des Aurès). Le reste des cépages (Bezzoul El Khadem, Lakhdari, Dattier de Beyrouth, Italia et Alphonse Lavallée) se caractérisent par des baies très longues.

Par rapport à la largeur, on distingue aussi trois classes : baies très larges représentées par Alphonse Lavallée. La deuxième classe à baies larges comprenant Italia, Dattier de Beyrouth, Lakhdari, Cardinal, Amokrane, Bouabar des Aurès, Muscat El Adda et Muscat de Hambourg. Le reste des variétés constituent la classe des baies de largeur moyenne.

L'analyse de la variance a montré une différence significative au seuil de 5% (Annexe 5.2). Nous avons représenté la comparaison des moyennes et le classement des cépages dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Classement des cépages par rapport la longueur et la largeur des baies à base de Test t(LSD)

Longueur			Largeur		
Cépages	Moyenne	T Groupe	Cépages	Moyenne	T Groupe
Bezoul El Khadem	29.4353	A	Alphonse Lavallée	24.2033	A
Dattier de Beyrouth	25.1800	B	Italia	22.0889	B
Lakhdari	25.1276	B	Dattier de Beyrouth	21.9333	BC
Italia	24.4815	C	Lakhdari	21.3828	CD
Alphonse Lavallée	24.3767	C	Cardinal	21.0767	DE
Bouabar des Aurès	22.1778	D	Amokrane	20.9944	DE
Amokrane	21.7389	DE	Bouabar des Aurès	20.6444	EF
Cardinal	21.6000	E	Muscat El Adda	20.2667	F
Ain El Bouma	21.2897	E	Muscat Hambourg	19.2833	G
Muscat El Adda	20.1600	F	Kabyle Aldebert	17.6471	H
Muscat de Hambourg	19.9233	FG	Ain El Bouma	17.4759	HI
Kabyle Aldebert	19.5353	G	Ahmar Mechtras 3	17.2579	HI
Ahmar Mechtras 3	18.9263	H	Sbaa El Tolba	17.0633	I
Ain El Kelb	18.8933	H	Ain El Kelb	16.9667	I
Sbaa El Tolba	16.8700	I	Ahchichène	15.6211	J
Ahchichène	16.7684	I	Bezoul El Khadem	15.2176	J
ppds (5%) = 0.4597			ppds (5%) = 0.5586		

Les mensurations des variétés (Benmehaia, 2005) Ahmar Mechtras, Kabyle Aldebert, Ahchichène et Ain El Kelb corroborent nos résultats obtenus sur une seule saison.

IV.2.4. Taux de réfraction

La Figure 20 représente les taux de réfraction mesurés de l'ensemble des cépages (reflétant la richesse en sucre des baies). Nous pouvons classer par rapport à ce paramètre nos différents cépages en 3 catégories : supérieur (ou égale) à 20 comprenant Bezoul El Khadem, Sbaa El Tolba, Ain El Kelb, Muscat de Hambourg et Bouabar des Aurès ; inférieur à 17 regroupant Alphonse Lavallée et Italia ; le reste des variétés (11) étant intermédiaires.

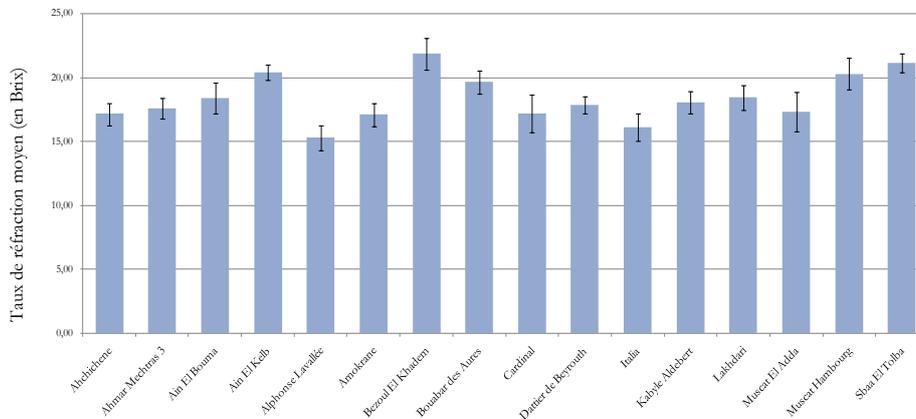


Figure 20 : Taux de réfraction moyen (en Brix) par cépage

Il est à signaler que la richesse en sucre des baies des différentes variétés est inversement proportionnelle aux poids des celles-ci comme la met en évidence la droite de régression de ces deux paramètres (Figure 21).

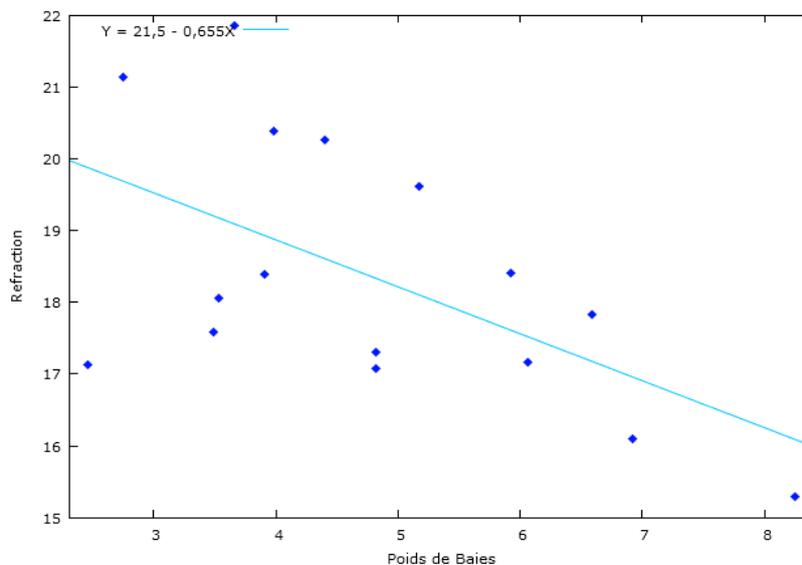


Figure 21 : Régression entre le taux de réfraction et le poids de baies

L'ANOVA a indiqué une différence significative en seuil de 5% (Annexe 5.2) et une comparaison de la moyenne de ce paramètre et un classement de nos cépages sont mentionnés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Classement de cépages par taux de réfraction à base de Test t(LSD)

Cépages	Moyenne	T Group
Bezoul El Khadem	21.900	A
Sbaa El Tolba	21.137	B
Ain El Kelb	20.383	C
Muscat de Hambourg	20.267	C
Bouabar des Aurès	19.483	D
Ain El Bouma	18.431	E
Lakhdari	18.417	EF
Kabyle Aldebert	18.053	EF
Dattier de Beyrouth	17.830	FG
Ahmar Mechtras 3	17.368	GH
Muscat El Adda	17.307	GH
Cardinal	17.167	H
Ahchichène	17.105	H
Amokrane	17.083	H
Italia	16.104	I
Alphonse Lavallée	15.283	J

ppds (5%) = 0.5964

IV. 3. Synthèse récapitulative

Nous avons procédé à une analyse en composantes principales (ACP). Les résultats montrent que les deux composantes (F1 et F2) participent à 67.14% de l'inertie totale.

La Figure 22 représente le tracé des coordonnées factorielles des variables en fonction de leur projection sur le plan des deux premières composantes par un cercle de corrélation sur la base de notre matrice récapitulative.

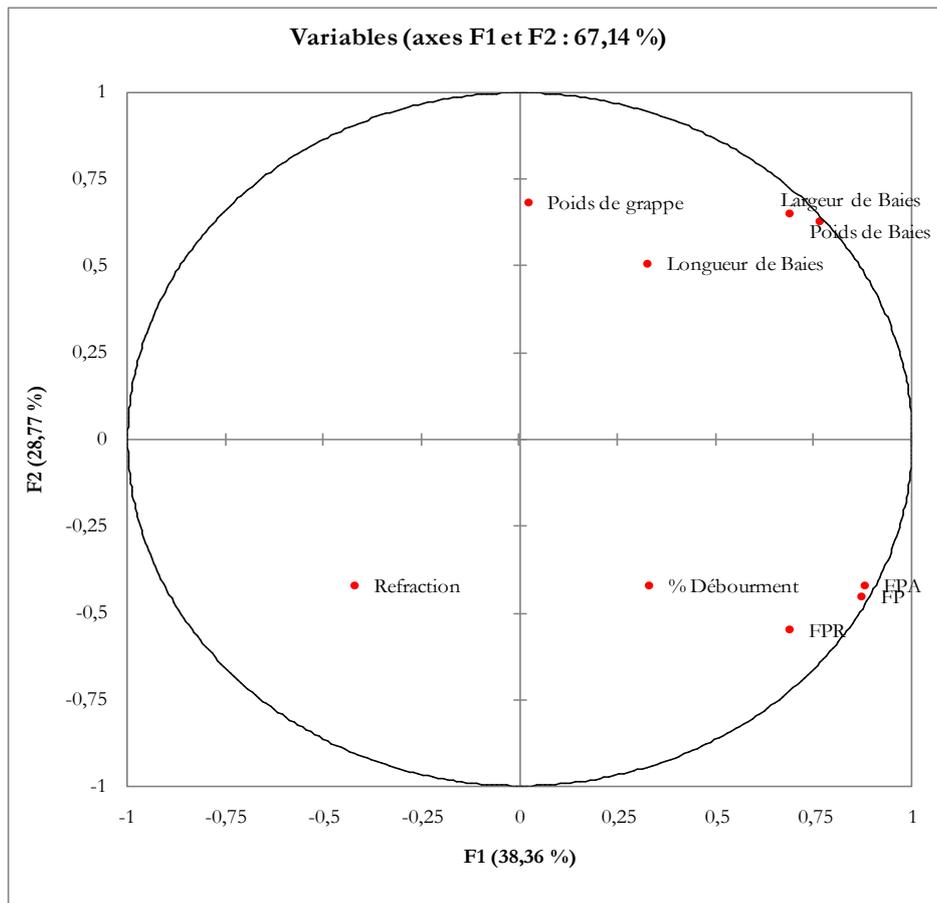


Figure 22 : Tracé des coordonnées factorielles des variables

Sur la base de l'angle formé par les variables représentées, nous pouvons discriminer trois variations majeures. Le premier bloc concerne les variables de la fertilité (FPR, FPA, FP, le débourrement). Le second représente les deux variables des composantes de rendement et le troisième celui de la réfraction.

Sur l'axe horizontal du cercle de corrélation, la première composante principale (F1) contient les trois types de fertilité et le poids de baie et sur l'axe vertical, la deuxième composante principale (F2) regroupe les quatre variables des composantes de rendement.

Nous avons représenté dans la Figure 23 l'ACP pour tous les cépages étudiés afin de mettre en relief une discrimination nette entre les cépages introduits et autochtones. Le premier bloc regroupe les cinq cépages introduits en premier lieu, avec une forte participation en F1, c'est-à-dire que les cépages introduits ont des valeurs élevées dans les trois formules de la fertilité et le poids de baie à la fois, tout en gardant la valeur de séparation en 1 dans la première composante principale

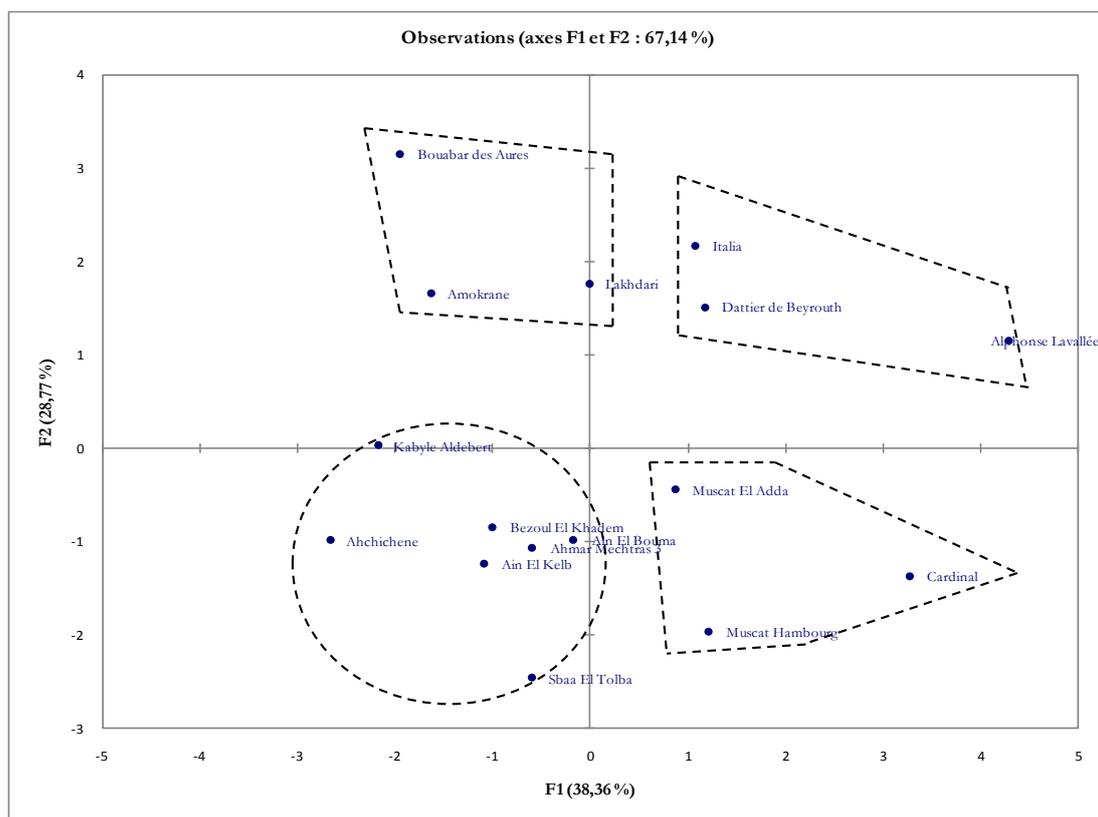


Figure 23 : Représentation graphique de l'ACP pour tous les cépages à la base de la matrice globale

Les cépages autochtones par contre ont une faible part dans la première composante principale formant un bloc entier (valeurs inférieures à 1). Vis-à-vis de la deuxième, six cépages se caractérisent par une forte participation, elle englobe les cépages essentiellement hyperdimensionnés (trois introduits et trois autochtones), caractérisées par des valeurs élevées du point de vue morphologique.

La prise en compte des deux composantes ensemble met en exergue quatre catégories variétales. Une première catégorie regroupe trois cépages introduits (Alphonse Lavallée, Dattier de Beyrouth et Italia). Elle se caractérise par une forte participation dans les deux composantes principales, autrement dit, une forme hyper-dimensionnée avec une fertilité importante. A l'inverse de la deuxième catégorie qui participe faiblement dans les deux composantes comprenant sept cépages autochtones (Kabyle Aldebert, Ahchichène, Bezoul El Khadem, Ain El Bouma, Ain El Kelb, Ahmar Mechtras 3, Sbaa El Tolba). Elle se caractérise par une faible fertilité et des caractéristiques de forme réduites.

Les deux autres catégories sont opposées. L'une d'elles, a une forte participation dans la deuxième composante et faible dans la première. Elle regroupe trois cépages autochtones (Bouabar des Aurès, Amokrane et Lakhdari). Ceux-ci ont une importante taille avec une faible fertilité. La dernière catégorie regroupe les cépages ayant une forte participation pour la première composante et faible dans la deuxième. Elle regroupe aussi trois cépages (Cardinal, Muscat de Hambourg et Muscat El Adda). Elle se caractérise par les cépages les plus fertiles et des caractéristiques de forme réduites.

Nous avons par la suite, procédé à une ACP regroupant les mesures de la fertilité et du pourcentage de débourrement. La Figure 24 représente le cercle de corrélation des variables en fonction de leur projection sur le plan des deux premières composantes sur la base de notre matrice de fertilité.

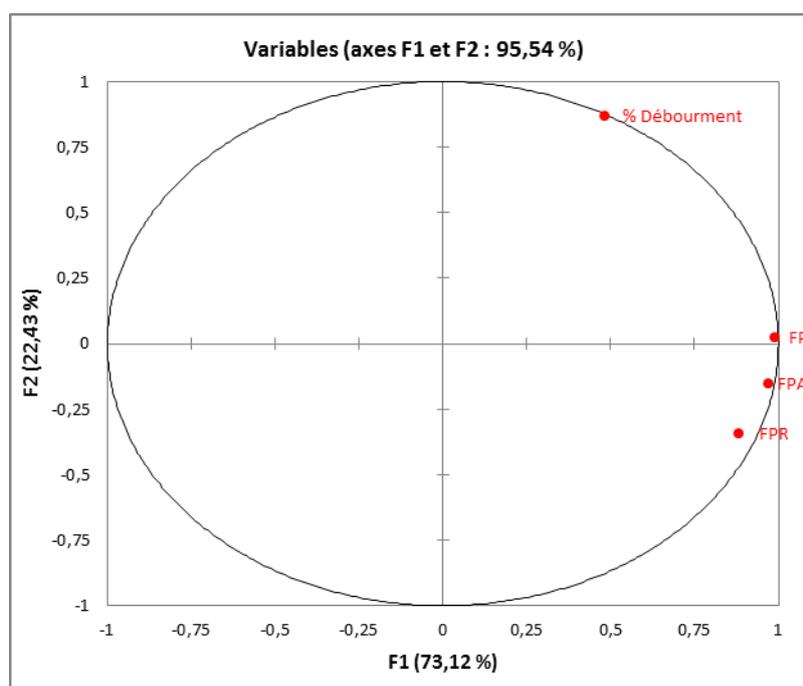


Figure 24 : Tracé des coordonnées factorielles des variables

La représentation de ces quatre mesures (Figure 25) permet d'obtenir un axe F1 représentant la fertilité pratique et la fertilité potentielle apparente d'une part et d'autre part, un axe F2 représentant les pourcentages de débourrement.

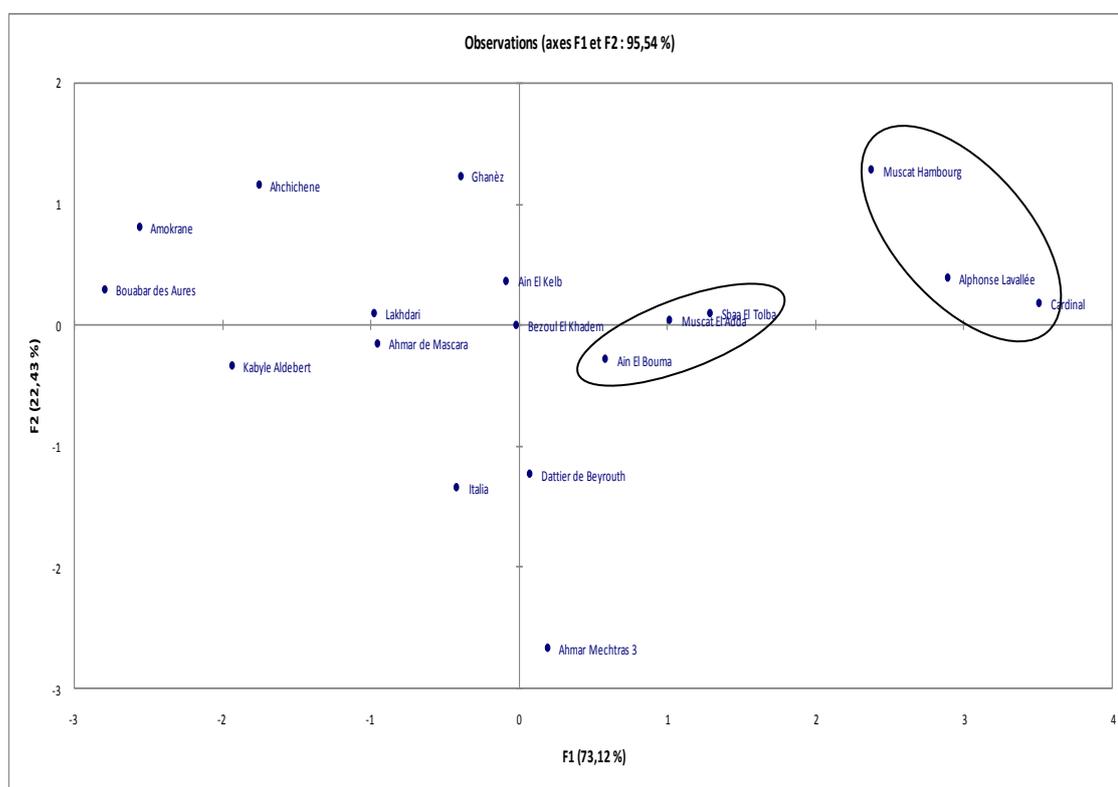


Figure 25 : Représentation graphique de l'ACP de l'ensemble des cépages sur la base de la matrice de la fertilité

Sur le premier axe, nous retrouvons les cépages les plus fertiles jusqu'aux cépages les moins fertiles. Nous pouvons conclure l'existence de deux ensembles de cépages fertiles. D'un côté, un ensemble contenant trois cépages introduits avec une contribution plus au moins forte en deuxième composante (Pourcentage de débourrement). Elle comprend le Muscat de Hambourg, l'Alphonse Lavallée et le Cardinal. D'un autre côté, le deuxième ensemble des cépages les plus fertiles contient trois cépages autochtones. Elle comprend le Sbaa EL Tolba, le Muscat El Adda et Ain El Bouma qui sont qualifiés comme étant les cépages ayant une forte contribution dans la première composante.

Sur le second reflétant le pourcentage de débourrement, il est remarquable de noter que la plupart des cépages ayant un pourcentage de débourrement élevé sont des cépages autochtones à l'exception du premier ensemble des trois cépages introduits les plus fertiles (par rapport la première composante)

IV. 4. Analyse des différentes formulations de la fertilité

Nous examinons dans ce dernier point les différentes expressions de la fertilité que nous avons évoqué depuis le début de ce travail. Les trois formules de la fertilité élaborées principalement par Bessis (1965) sont supposées en corrélation. Le Tableau 8 montre la corrélation entre les trois formules de la fertilité. Nous remarquons des fortes corrélations.

Tableau 7 : Corrélations entre les trois types de fertilité

	FPR	FPA	FP
FPR	1	-	-
FPA	0,844	1	-
FP	0,810	0,982	1

La plus forte étant la relation entre la fertilité potentielle apparente et la fertilité pratique. Cela est expliqué par la liaison entre les formules à travers lesquelles elles sont calculées, la différence est que la FP compte les bourgeons non débourrés que la FPA élimine.

En procédant une régression linéaire par une MCO (Annexe 6), nous pouvons affirmer l'existence d'une relation linéaire. Nous commençons par la relation entre la fertilité pratique en fonction de la fertilité potentielle réelle que montre la Figure 26.

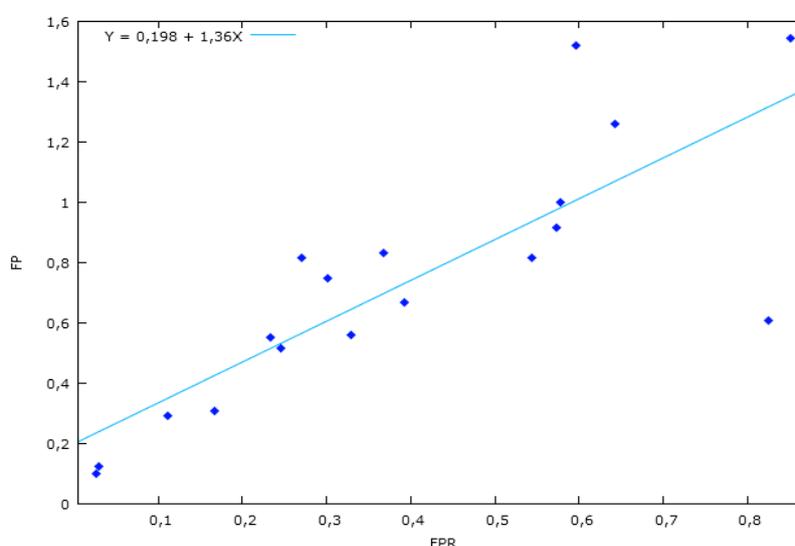


Figure 26 : Régression entre la fertilité pratique en fonction de la fertilité potentielle réelle

Une relation linéaire est confirmée. En se basant sur les résultats de régression, nous obtenons le modèle dans l'Annexe 6.1. Cela pourrait être exprimé par la relation suivante :

$FP = 1,35 FPR + 0,19$ avec une forte corrélation (exprimé par le coefficient de détermination de 0,63) et une p-value très significatif. Cela étant une meilleure estimation par une MCO.

D'un autre coté, la relation entre la fertilité pratique en fonction de la fertilité potentielle apparente est montrée par la Figure 27.

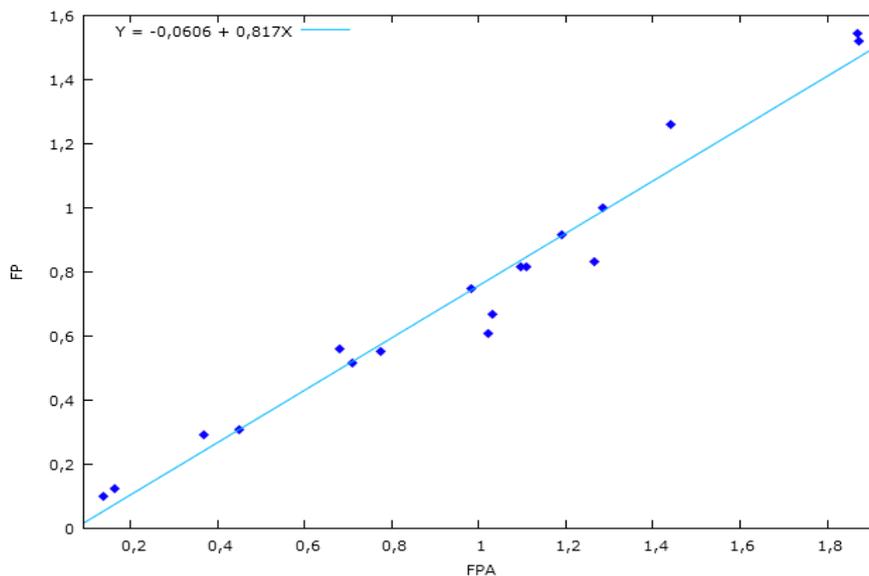


Figure 27 : Régression entre la fertilité pratique en fonction de la fertilité potentielle apparente

En procédant une MCO, nous obtenons un résultat présenté dans l'Annexe 6.2. La linéarité des deux mesures est affirmé par une corrélation de 0,96 avec une p-value très significatif. Nous pourrions la représenter dans l'équation :

$$FP = 0,81 FPA - 0,06$$

Les deux équations issues par voie expérimentale représentent la relation entre la fertilité pratique avec les deux autres types de fertilité en sujet. Autrement dit, la variation de la fertilité pratique par rapport à la FPR et la FPA. En se basant seulement sur ces deux formules, nous pourrions postuler une relation linéaire, au moins théoriquement entre les mesures de la fertilité potentielle réelle et la fertilité potentielle apparente. Nous avons déjà :

$$\begin{cases} FP = 1,35 FPR + 0,19 \\ FP = 0,81 FPA - 0,06 \end{cases}$$

Par une simple résolution mathématique, nous obtiendrons la formule déduite suivante :

$$\text{FPA} = 1,68 \text{ FPR} + 0,30$$

Pour vérifier cela, nous repassons par la voie empirique en procédant une MCO sur la fertilité potentielle réelle et la fertilité potentielle apparente qui se montre dans la Figure 28.

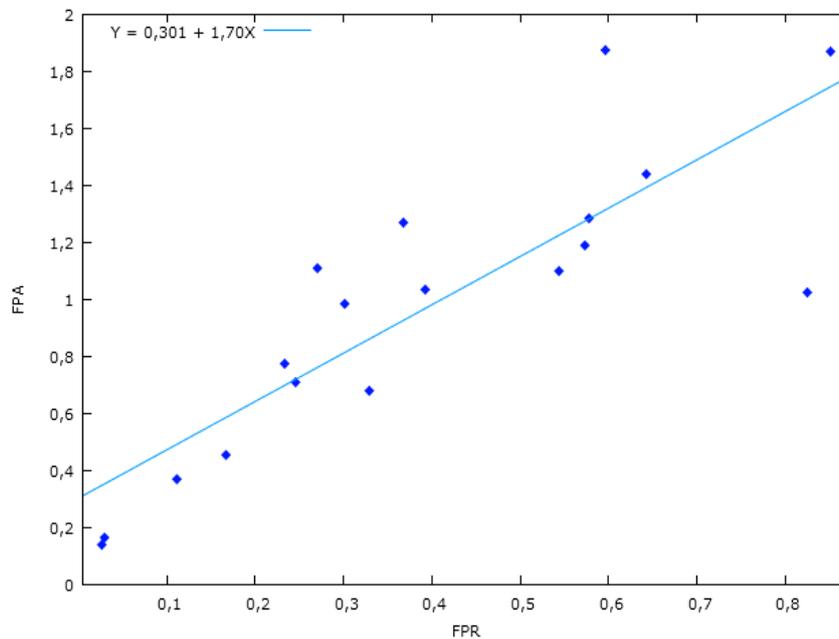


Figure 28 : Régression entre la fertilité potentielle apparente en fonction de la fertilité potentielle réelle

Les résultats nous donnent le modèle dans le Tableau suivant :

Tableau 8 : Résultat de la régression MCO

	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t
Const.	0,301	0,125	2,419	0,028
FPR	1,697	0,269	6,305	< 0,0001

Avec une forte corrélation [0,71] et un grand degré de signification (Annexe 6.3). Nous pouvons l'écrire sous la forme de l'équation déduite théoriquement. L'estimateur s'avère très adéquat pour affirmer la linéarité, comme la montre la Figure suivante :

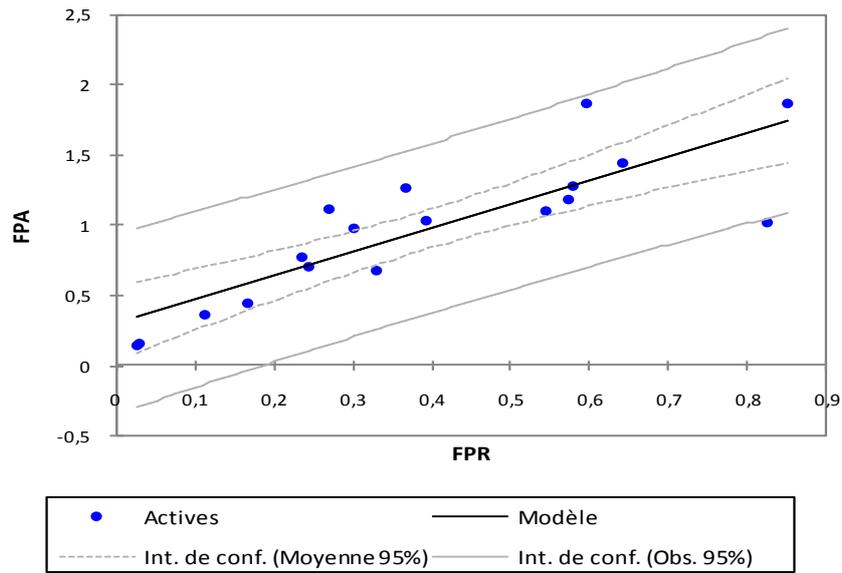


Figure 29 : Résultat de l'estimateur MCO entre la fertilité potentielle réelle et la fertilité potentielle apparente

Cela nous confirme l'hypothèse de linéarité dans cette relation, dont nous pouvons affirmer la cohérence des trois mesures de la fertilité. Cette constatation est corroborée par les résultats de Swanepoel et Baard (1989) qui ont établi des corrélations entre la fertilité potentielle et pratique.

IV.5. Résultats sur la méthode de comptage des boutons

IV. 5. 1. Prétraitement des images

La préparation des photographies des inflorescences doit passer par les étapes décrites à la section des méthodes.

L'image initiale de prétraitement est indiquée dans la Figure 30.



Figure 30 : Photographie initiale

1. La conversion de l'image initiale en niveaux de gris donne l'image suivante représentée dans la Figure 31.

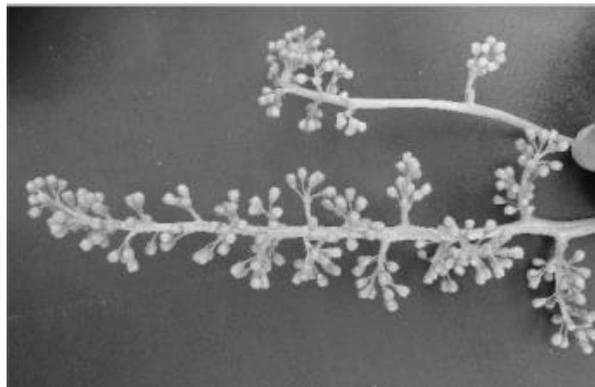


Figure 31 : Image convertie en niveaux de gris

2. Le fond de l'image est éliminé en utilisant l'opération d'ouverture avec l'élément structurant « disque » ou bien par l'opération Top Hat (chapeau haut de forme) qui représente un résidu destiné à amplifier les contrastes. L'image résultante obtenue est mentionnée dans la Figure 32.

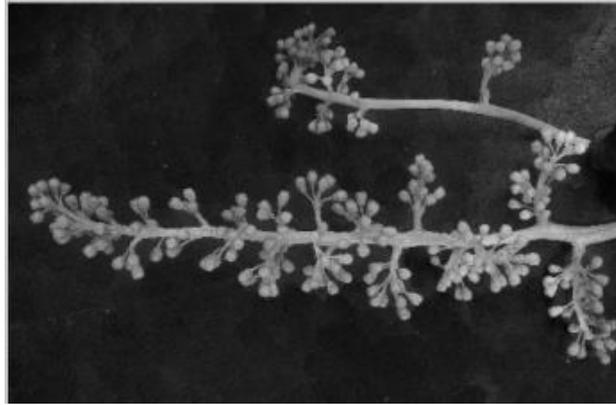


Figure 32 : Image après élimination du fond

3. Une binarisation selon un seuil donné nous donne l'image indiquée dans la Figure 33.

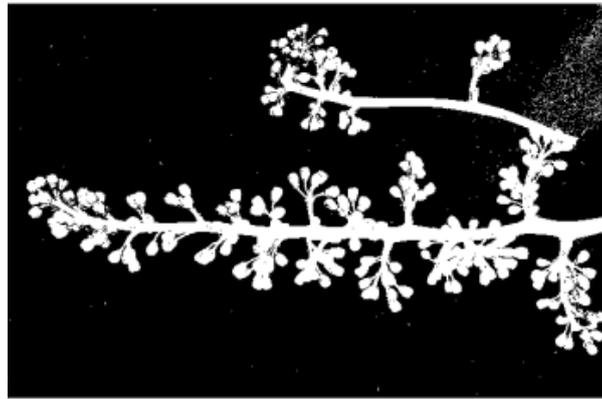


Figure 33 : Image après binarisation

4. La répartition des objets (les boutons, les objets à éliminer car trop petits, les objets indéterminés comme la rafle) est visualisée dans la Figure 34.



Figure 34 : L'image après répartition des objets

Afin d'obtenir une meilleure estimation du nombre des boutons, nous avons utilisé la technique permettant de séparer les boutons contigus (superposés) ce qui nous donne la représentation indiquée dans la Figure 35.



Figure 35 : Image après séparation des catégories

La représentation finale (Figure 36) résultante de ce traitement d'image est celle sur laquelle nous appliquerons l'algorithme de comptage par LPE (*Watershed*)

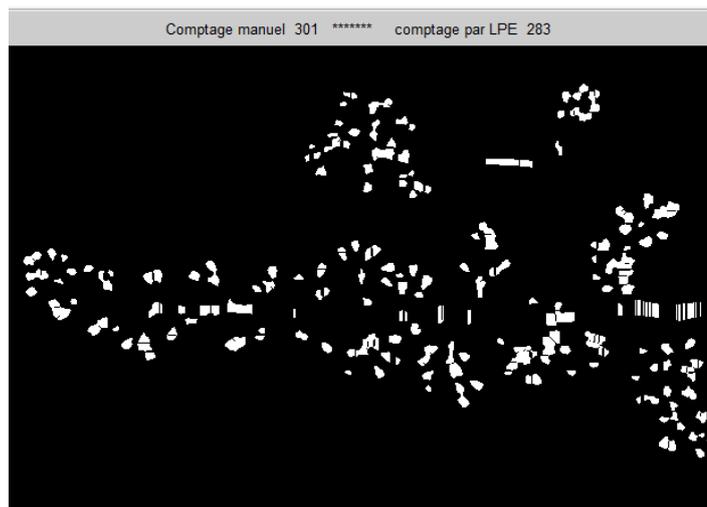


Figure 36 : Image finale de traitement

Le nombre de boutons floraux trouvé reflète une approximation du nombre calculé manuellement. Cette application est répétée sur un nombre considérable de photographies d'inflorescences. Dans notre cas, nous avons pris 80 images sur lesquelles nous avons déjà compté *in-situ* le nombre réel des boutons floraux pour chaque inflorescence.

Nous avons obtenu une matrice de 3x80 mesures. La première représente les mesures comptabilisées résultantes du comptage effectif, la deuxième représente les mesures résultantes du comptage par LPE et la troisième celle du modèle issu de l'algorithme.

IV. 5. 2. Test de modèle issu de LPE

L'idée d'améliorer le comptage s'appuie sur les 80 images qui sont considérées comme une base d'apprentissage. Après l'application de l'algorithme, nous avons pu avoir des résultats que nous appellerons les estimations par LPE. Ils sont représentés avec les mesures comptées manuellement (Figure 37).

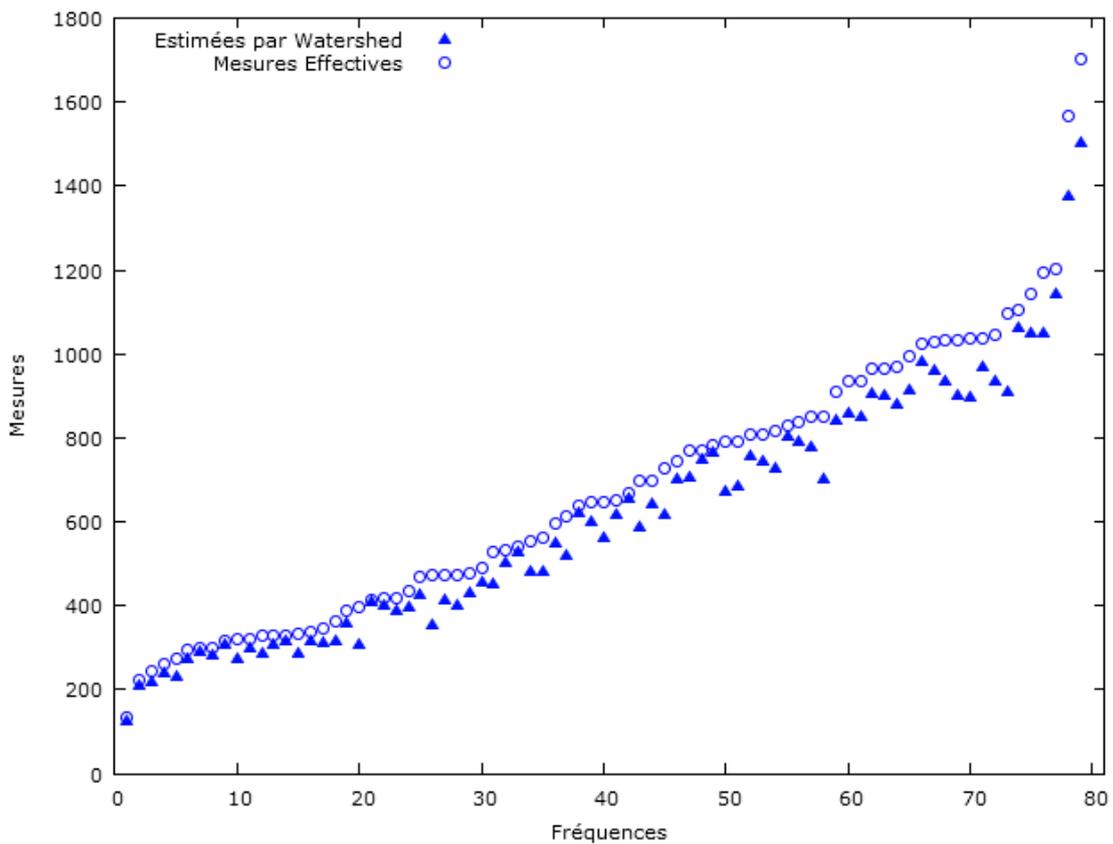


Figure 37 : Représentation des mesures comptées manuellement et celles estimées par LPE.

La représentation graphique des deux mesures est similaire (distribution identique). Cette relation est confirmée statistiquement par l'obtention d'un coefficient de corrélation très élevé ($R = 0.99$) concrétisé par la droite de régression de la Figure 38.

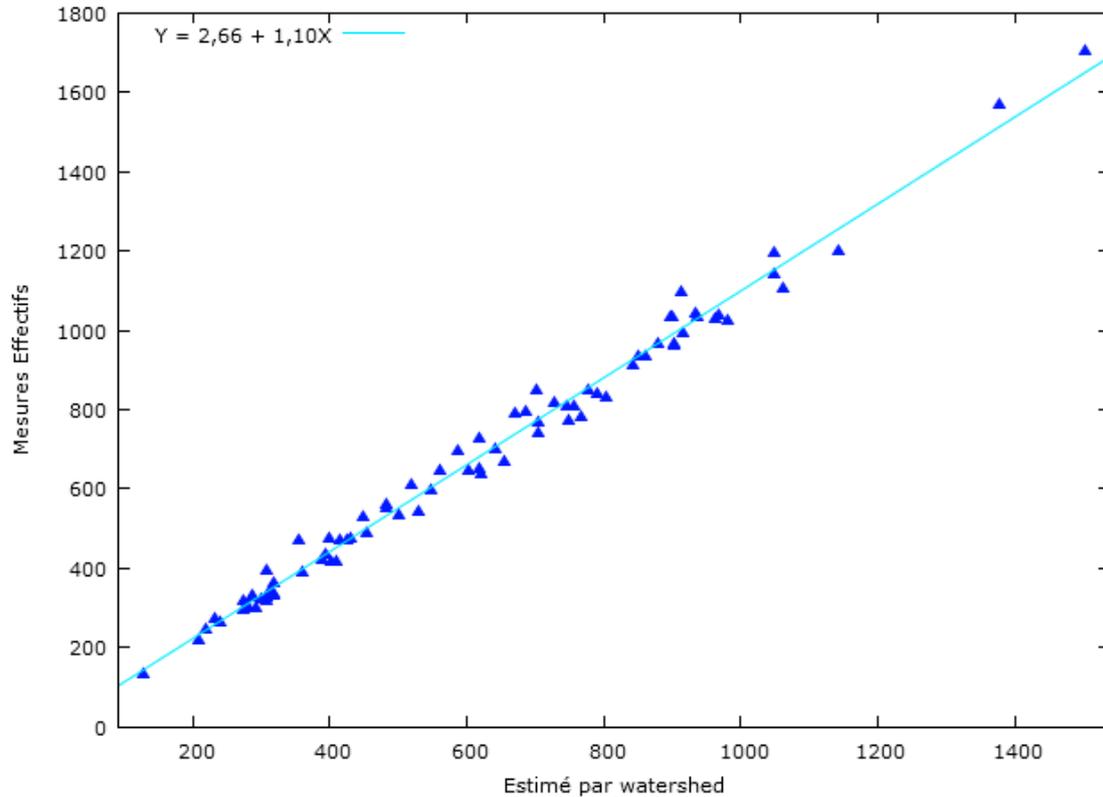


Figure 38 : Droite de régression des deux mesures

A travers le régresseur, nous avons pu obtenir des valeurs baptisées "valeurs régressées" (Annexe 7). Pour cela, nous avons adopté la méthode de moindres carrés ordinaire (Tableau 9).

Tableau 9 : Coefficient de la régression utilisant les 80 observations, Variable dépendante : Mesures effectives

	Coeff.	Erreur Std	t-Student	p-critique
Const.	2,6607	9,0714	0,2933	0,77007
Estimée par LPE	1,0963	0,0133	81,994	<0,00001 ***
Somme carrés résidus	91050,12	Éc. type de régression		34,38705
R2	0,988676	R2 ajusté		0,988529
F(1, 77)	6723,008	p-critique (F)		1,09e-76

En comparant les valeurs régressées avec celles calculées manuellement, nous trouvons qu'il y a une corrélation avec une très forte signification.

Les résultats que nous avons obtenus sont plus significatifs que ceux de Poni *et al.* (2006) qui à travers une régression entre le nombre réel de fleurs et le nombre de fleurs compté sur des photographies, ont établi un coefficient de détermination de 0,88 et 0,87 pour deux variétés. C'est aussi le cas avec Diago *et al.* (2015) qui ont trouvé un coefficient de détermination entre 0,76 et 0,89 pour quatre cultivars. Alors qu'ils sont similaires aux nôtres chez Diago *et al.* (2014), en utilisant le même logiciel.

CONCLUSION

CONCLUSION

Au terme de cette étude qui s'est déroulée dans la collection et les vignobles de l'ITAFV de Medjez Eddchiche (Skikda) et qui a concerné 18 cépages (autochtones et introduits) de *Vitis vinifera* L. pendant trois campagnes agricoles successives, nous pouvons faire les constatations suivantes.

Du point de vue phénologique, il n'existe pas de différence entre les cépages autochtones et introduits en ce qui concerne le taux de débourrement qui dépasse les 80% pour les bourgeons de l'extrémité de la baguette et ceux des coursons, confirmant le développement acrotone de la vigne (préséance des bourgeons de l'extrémité).

De point de vue de la fertilité des bourgeons latents, l'évolution des différentes expressions de la fertilité se caractérise par des variations en dents de scie par rapport au rang des bourgeons et cela pour tous les cépages à l'exception de 2 variétés autochtones : Amokrane et Bouabar des Aurès qui se sont caractérisées par des variations minimales et aussi par les plus faibles valeurs auxquelles, on peut rajouter Ahchichène.

La fertilité potentielle apparente est toujours supérieure à la fertilité pratique chez l'ensemble des cépages introduits (à l'exception d'Italia où elles se rejoignent au niveau de huitième bourgeon) et chez quelques cépages autochtones : Lakhdari, Sbaa El Tolba, Muscat El Adda, Ahmar de Mascara à l'exception de Ahmar Mechtras 3, Ain El Bouma et Bezoul El Khadem (où elles se rejoignent au niveau de dernier œil). Elles sont élevées chez le Cardinal, Alphonse Lavallée, Muscat de Hambourg et Dattier de Beyrouth (cépages introduits) et Sbaa El Tolba, Muscat El Adda, Ain El Bouma et Ahmar Mechtras 3 (cépages autochtones).

La fertilité potentielle réelle est particulièrement élevée chez Ahmar Mechtras 3, Cardinal, Muscat de Hambourg et Muscat El Adda.

Du point de vue du poids des baies, les cépages introduits sont supérieurs aux autochtones. Les cépages autochtones se caractérisent par les taux de réfraction les plus élevés par rapport aux introduits (présentant une forte teneur en sucres des premiers par rapport aux seconds).

La méthode de comptage des boutons floraux mise au point à partir de l'image d'une inflorescence a montré une très forte corrélation et une similitude des valeurs calculées

mathématiquement (algorithme) par rapport au comptage manuel. L'intérêt pratique pour les utilisateurs de cette méthode originale et permettra en plus du gain de temps, un effet de nuisance nul sur les délicats boutons floraux.

Les cépages autochtones représentent un patrimoine méconnu qu'il faut absolument préserver et propager pour les faire connaître aux consommateurs Algériens. Par leur rusticité, leur adaptation aux conditions pédoclimatiques, leur diversité de coloration et de forme, leur teneur en sucres, ces variétés présentent des attraits comparables et ou parfois supérieurs à celles introduites.

**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aldebert P., s.d. Les cépages indigènes en Kabylie et dans l'Aurès. *Imp C. Volland*, Alger, 11p.
- Antcliff A. J. et Webster W. J., 1955. Studies on the sultana vine. I. Fruit bud distribution and bud burst with reference to forecasting potential crop. *Crop and Pasture Science*, 6(4), 565-588.
- Archer E. et Swanepoel J.J., 1987. Bud fertility of grapevine and factors determining it. *Deciduous Fruit Grower*, 3: 101-105.
- Babrikov D., Braikov D. et Pandeliev S., 1977. The possibilities of forecasting grape yields based on the potential fertility of winter buds. III. Potential and actual fertility of the grapevine variety Bolgare in the winter-spring period. *Gardinarska i Lozarska Nauka*, 14 (7): 98-110.
- Baggiolini M., 1952. Les stades repères dans le déroulement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Rev. Romande Agric. Vitic.*, 8: 4-6.
- Baillod M. et Baggiolini M., 1993. Les stades repères de la vigne. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture*, 25: 7-9.
- Barbeau G., Bournand S., Champenois R., Bouvet M-H., Blin A. et Cosneau M., 2004. Comportement de quatre cépages rouge du Val De Loire en fonction des variables climatiques. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 38(1): 35-40.
- Bell S-J. et Robson A., 1999. Effect of nitrogen fertilization on growth, canopy density and yield of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.*, 50(3): 351-358.
- Benabedrabou A., 1972. Contribution à l'étude de la fertilité de la vigne. Mémoire de DEA, Université de Dijon, 40p.
- Benmehaia R., 2005. Etude de la fertilité des bourgeons latents chez quelques variétés de vigne autochtones (*Vitis vinifera* L.). Mém. Magister., Univ. Mentouri Constantine. 43p.
- Bernard A.C. et Vergnes A., 1982. Expression quantitative de l'évolution du nombre de boutons floraux et de baies du débourrement à la vendange chez deux cultivars de *Vitis vinifera* L., le Grenache et le Carignan. *Conn. Vigne Vin*, 16 (4): 233-240.

- Bernon G., 1932. Sur la fertilité des yeux de la vigne. *Prog. Agric. Vitic.*, 49: 159-162.
- Bernon G., 1936. Recherche sur la coulure. *Ann ENA*, Montpellier, T24, fasc. I. 12p.
- Bessis R., 1965. Recherches sur la fertilité et les corrélations de croissance entre bourgeons chez la vigne (*Vitis vinifera* L.). Thèse de Doctorat, Dijon, 236p.
- Bouard J., 1971. Tissus et organes de la vigne. Chapitre 1, in : Ribereau-Gayon J. et Peynaud E., *Sciences et Techniques de la Vigne*. T1, Ed. Dunod, Paris. pp. 3-130.
- Bouard J., 1986. La disposition des grappes sur les rameaux principaux de *Vitis vinifera* L. *Conn. Vigne Vin*, 20(4): 195-206.
- Branas J. 1957a. Sur l'initiation florale. *Prog. Agri. Viti.*, 148: 245-252.
- Branas J. 1957b. Sur quelques données ontogéniques. *Prog. Agri. Viti.*, 31/32: 58-67.
- Branas J. 1957c. Sur quelques données ontogéniques. *Prog. Agri. Viti.*, 33/34: 92-103.
- Branas J. et Truel P., 1965. *Variétés de Raisins de Table*. Tome I, Éditions d'Imprimerie Déhan, Montpellier, 457p.
- Branas J. et Truel P., 1965. *Variétés de Raisins de Table*. Tome II, Éditions d'Imprimerie Déhan, Montpellier, pp. 461-886.
- Branas J., 1969. Données théoriques fondamentales sur le mode de conduite de la vigne. *Symposium sur le mode de conduite haute de la vigne*, Montpellier, France.
- Branas J., 1974. *Viticulture*. Éditions d'Imprimerie Déhan, Montpellier, 990p.
- Branas J., Bernon G. et Levadoux L., 1943. La sortie. *Prog. Agri. Vitic.*, 18-19: 134-138.
- Branas J., Bernon G. et Levadoux L., 1946. *Éléments de Viticulture Générale*. Éditions d'Imprimerie Déhan, Montpellier, 400p.
- Bugnon F. et Bessis R., 1968. *Biologie de la Vigne, Acquisition Récente et Problèmes Actuels*. Éditions Masson et Cie, pp. 85-113.
- Buttrose M. S., 1969a. Fruitfulness in grapevines: Effects of changes in temperature and light regimes. *Botanical Gazette*, 130(3): 173-179.
- Buttrose M. S., 1969b. Fruitfulness in grapevines: Effects of light intensity and temperature. *Botanical Gazette*, 130(3): 166-173
- Buttrose M. S., 1969c. Vegetative growth of grapevine varieties under controlled temperature and light intensity. *Vitis*, 8: 280-285

- Carbonneau A. et Casteran P., 1979. Irrigation-depressing effect on floral initiation of Cabernet Sauvignon grapevines in Bordeaux area. *Am. J. Enol. Vitic.*, 30(1) : 3-7.
- Chauvet M. et Reynier A., 1979. *Manuel de Viticulture*. 3^{ème} Ed., Bailliere, Paris, 250p.
- Ciobanu F., Pop N., Iliesco M., Babes A., Calugar A., Hodor D. et Lung L., 2011. Fertility and productivity indexes at some grape varieties for white quality wine in climatic conditions vineyard Tarnave, during 2010. *Bulletin UASVM horticulture*, 68(1) : 129-132.
- Cousty J., 2007. Lignes de partage des eaux discrètes : Théorie et application à la segmentation d'images cardiaques. Thèse de Doctorat, Université de Marne-la-Vallée, France.
- Delas J., 2000. *La fertilisation de la Vigne*. Éditions Féret, France, 159p.
- Delassus M., Lepigre A. et Pasquier R., 1933. *Les ennemis de la vigne en Algérie et les moyens pratiques de les combattre, les parasites animaux*. Imprimerie Jules Carbonel, Alger, 249p.
- Deloire A., Carbonneau A., Wang Z. et Ojeda H., 2004. Vine and water. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 38(1): 1-13.
- Diago M.P., Sanz-Garcia A., Millan B., Blasco J. et Tardaguila J., (2014). Assessment of flower number per inflorescence in grapevine by image analysis under field conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(10): 1981-1987.
- Diago M.P., Tardaguila J., Aleixos N., Millan B., Prats-Montalban J.M., Cubero S. et Blasco J., (2015). Assessment of cluster yield components by image analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6): 1274-82.
- Doazan J.P., 1984. Pollinisation de la vigne. In : Pesson P. et Louveaux J., *Pollinisation et Production Végétale*. Ed. INRA, Paris, pp. 181-186
- Dunn G. M. et Martin S. R., 2000. Do temperature conditions at budburst affect flower number in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon?. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6: 116-124.
- Ezzili B., 1992. Effet de l'âge de vigne sur l'expression quantitative de l'évolution du nombre des fleurs des bourgeons d'Alicante Grenache noir cultivé à El Khanguet (Tunisie). *Bull. de l'O.I.V.*, 162: 733-734.
- Ferrer M., Abella J. M., Sibille I., Camussi G. et Gonzalez-Neves G., 2004. Determination of bud fertility as a simple method for the determination of harvesting volume in *Vitis vinifera* L. cv Tannat, using two pruning systems. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 38(1): 49-53.

- Galet P., 1999. *Précis de Pathologie Végétale*. Éditions Lavoisier, Paris, 264p.
- Gervais S. et Schneider C., 1981. Une méthode pour déterminer la fertilité des bourgeons dormants de la vigne. *Prog. Agric. Viti.*, 19: 486-490.
- Girard A., Charbonnier B. et Durso G., 2009. Une approche par traitement statistique d'images du comptage de poils de brosses à mascara. *GRETSI, Groupe d'Etudes du Traitement du Signal et des Images*.
- Huglin P. et Baltazard J., 1975. Variabilité et fluctuation de la composition des inflorescences et des grappes chez quelques variétés de *Vitis vinifera*. *Vitis*, 14: 6-13.
- Huglin P. et Schneider C. 1998. *Biologie et Ecologie de la Vigne*. Éditions Tec & doc, 370p.
- Huglin P., 1958. Recherche sur les bourgeons de la vigne : initiation florale et développement végétatif. Thèse de Doctorat, Strasbourg, 174p.
- I.P.G.R.I., 1997. Descripteurs de la vigne (*Vitis* sp.). International Plant Genetic Resources Institut, Rome, 62p.
- I.T.A.F., s.d. Fertilité des cépages, Bloc I : Fiches techniques. Institut Technique d'Arboriculture Fruitière, Station de Skikda.
- I.T.A.F., s.d. Fiches Cépages : Fiches techniques pour les cépages autochtones. Institut Technique d'Arboriculture Fruitière, Station de Skikda.
- Joly D., Perrin M., Gertz C., Kronenberger J., Demangeat G. et Masson J. E., 2004. Expression analysis of flowering genes from seedling-stage to vineyard life of grapevine cv. Riesling. *Plant Science*, 166: 1427-1436.
- Keller M., Tarara J. M. et Mills L. J., 2010. Spring temperatures alter reproductive development in grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16: 445-454.
- Khelil A., 1972. Étude de la fertilité des bourgeons latents de deux variétés de *Vitis vinifera* L. Dattier de Beyrouth et Ahmer Bou Amer. Mém. Ing., INA, Alger, 41p.
- Lafon J., Couilloud P. et Hude P., 1961. *Maladies et Parasites de la Vigne*. Tome II, Éditions J. B. Baillièrre et Fils, Paris, 288p.
- Laporte M., 1937. Remarques sur la fertilité des yeux de la vigne. *Rev. Vitic.*, LXXXVI: 215-21.
- Larousse Agricole, 2002. Editions Larousse, France, p. 289.

- Lebon G., Wojnarowicz G., Holzzapfel B., Fontaine F., Vaillant-Gaveau N. et Clement C., 2008. Sugars and flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Experimental Botany*, 59(10): 2565-2578.
- Ledet C., Audran J.C., Dereuddre J., Ait Barka E. et Brun O., 1993. Réponse de la vigne (*Vitis vinifera* L.) aux températures inférieures à 0°C. II. Effets d'un refroidissement contrôlé sur des bourgeons latents avant le débourrement. *Agronomie* 13: 499-508.
- Lopez-Miranda S., 2004. Influence du nombre de fleurs par grappe, pourcentage de nouaison et poids de la baie sur le poids de la grappe du cépage *Verdejo* (*Vitis vinifera* L.). *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 38(1): 41-47.
- Madhava Rao V.N. et Mukherjee S. K., 1970. Studies on pruning of grape: III. Fruit bud formation in Pusa Seedless grapes (*Vitis vinifera* L.) under Delhi conditions. *Vitis*, 9: 52-59.
- Matthews M. A. et Anderson M. M., 1989. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): Responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.*, 40(1): 52-60.
- May P. et Antclif A. J., 1973. Fruitfulness of grape buds. I. Measuring bud fruitfulness on forced single-node cuttings. *Annales de l'Amélioration des Plantes*.
- May P., 2000. From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6: 82-98.
- O.I.V., 2001. Code des caractères descriptifs des variétés et espèces de *Vitis*. Office International de la Vigne et du Vin, Paris, 233p.
- Olivain C. et Bessis R., 1986. Potentialités de croissance et de fertilité des bourgeons latents chez la vigne (*Vitis vinifera* L.), étude réalisée de l'initiation à l'entrée en dormance. *Connaissance Vigne Vin*, 20(3): 155-164.
- Poni S., Casalini L., Bernizzoni F., Civardi S. et Intrieri C., (2006). Effects of Early Defoliation on Shoot Photosynthesis, Yield Components, and Grape Composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57: 397-407
- Pouget R., 1963. Recherches sur le repos végétatif de la vigne (*Vitis vinifera* L.), la dormance des bourgeons et le mécanisme de sa disparition. Thèse de doctorat, Bordeaux, 236p.
- Pouget R., 1985. Eléments de réflexion pour une meilleure maîtrise de la production. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, 17(2) : 117-122.

- Pouget R., 1981. Action de la température sur la différenciation des inflorescences des fleurs durant les phases de pré-débourrement et de post-débourrement des bourgeons latents de la vigne. *Conn. Vigne Vin*, 15(2): 65-79.
- Reynier A., 2000. *Manuel de Viticulture*. 8^{ème} Édition, Tech & Doc, Paris., 514p.
- Sánchez L. A. et Dokoozlian N. K., 2005. Bud Microclimate and Fruitfulness in *Vitis vinifera* L. *Amer. J. Enol. Vitic.*, 56(4): 319-329.
- Serra J., 1982. *Image Analysis and Mathematical Morphology*. London Academic Press, 610p.
- Snyder J. C., 1933. Flower bud formation in the Concord grape. *Botanical Gazette*, 94(4): 771-779.
- Soille P., 2002. *Morphological Image Analysis: Principles and Application*. Springer, 2nd Edition, 392p.
- Sossa H., Guzm G., Pogrebnyak O. et Cuevas F., 2003. Object Counting without Conglomerate Separation. *Fourth Mexican International Conference on Computer Science IEEE*, pp. 216-220.
- Srinivisan C. et Mullins M. G., 1978. Control of flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.): Formation of inflorescences in vitro by isolated tendrils. *Plant Physiol.*, 61: 127-130.
- Srinivisan C. et Mullins M. G., 1979. Flowering in *Vitis*: Conversion of tendrils into inflorescences and bunches of grapes. *Planta*, 145: 187-192.
- Srinivisan C. et Mullins M.G., 1981. Physiology of flowering in grapevine: A review. *Amer. J. Enol. Vitic.*, 32(1) : 47-63.
- Swanepoel J.J. et Archer E., 1988. The ontogeny and development of *Vitis vinifera* L. cv. Chenin blanc inflorescence in relation to phenological stages. *Vitis*, 27: 133-141.
- Swanepoel J.J. et Baard F., 1989. The correlation between potential and actual fertility in the grapevine. *Deciduous fruit grower*, 38(7) : 231-235.
- U.P.O.V., 1999. Principes directeurs pour la conduite de l'examen des caractères distinctifs de l'homogénéité et de la stabilité de la vigne (*Vitis* L.). Genève, 46p.
- Vallotton P. et Thomas N., 2008. Automated body hair counting and length measurement. *Skin Research and Technology*, 14(4): 493-497.
- Vargas G. G., 1984. Efecto de la poda en verde y el cuajado del fruto en las vides 'Aplomes Lavallee' y 'Cardinal'. *Agronomía Tropical*, 34(4-6): 105-113.
- Viala P. et Vermorel V., 1909. *Ampélographie*. Tome I, Ed. Masson, Paris, p. 246.

- Watt A.M., Dunn G.M., May P.B., Crowford S.A. et Barlow E.W.R., 2008. Development of inflorescence primordial in *Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay from hot and cool climates. *Australian Journal of grape and Wine research*, 14: 46-53.
- Winkler A. J., Shemsettin E. M. et Smock R. M., (1937). Fruit-bud and flower formation in the Sultanina grape. *Journal of Agricultural Science*, University of California, (10)15: 589-611
- Yadav I. S., Pandey S. N. et Nath N., 1978. Use of bud-dissection technique for determining pruning requirement in grapes. *Progressive Horticulture*, 10(3): 15-25.
- Zapata C., Audran J-C. et Magné C., 2003. Grapevine culture in trenches: 2, Reproductive characteristics and interactions with vegetative growth. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 37(2): 85-90.

ANNEXES

ANNEXE 1. Cycles de développement de la vigne

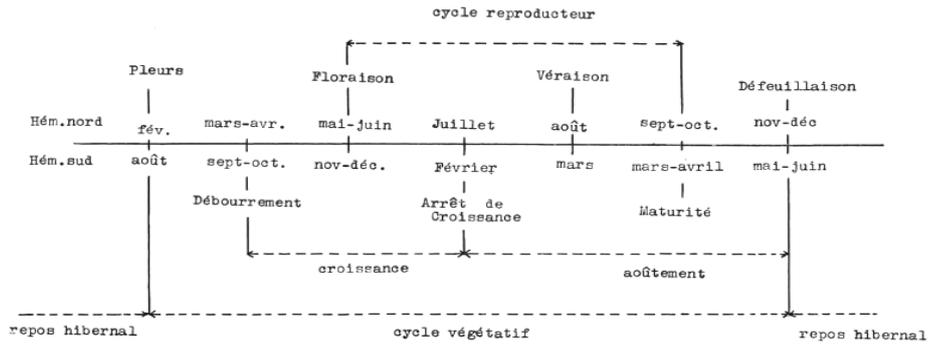


Figure A : Les rythmes de végétation (Galet, 1970)

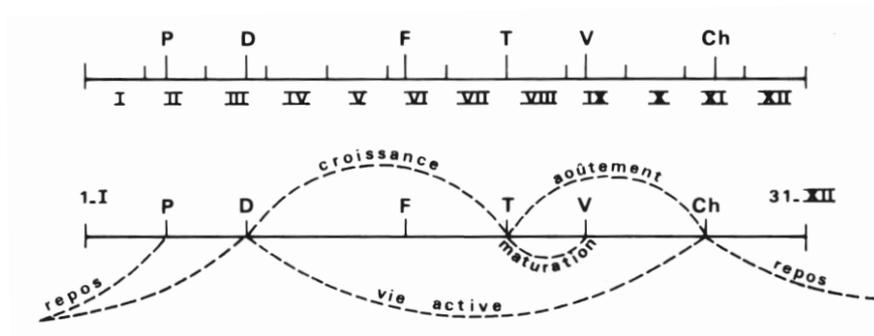


Figure B : Cycle végétatif annuel (Branas, 1974)

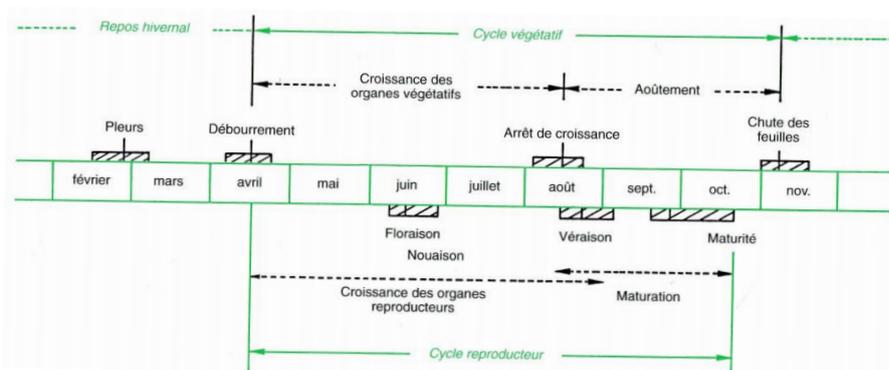
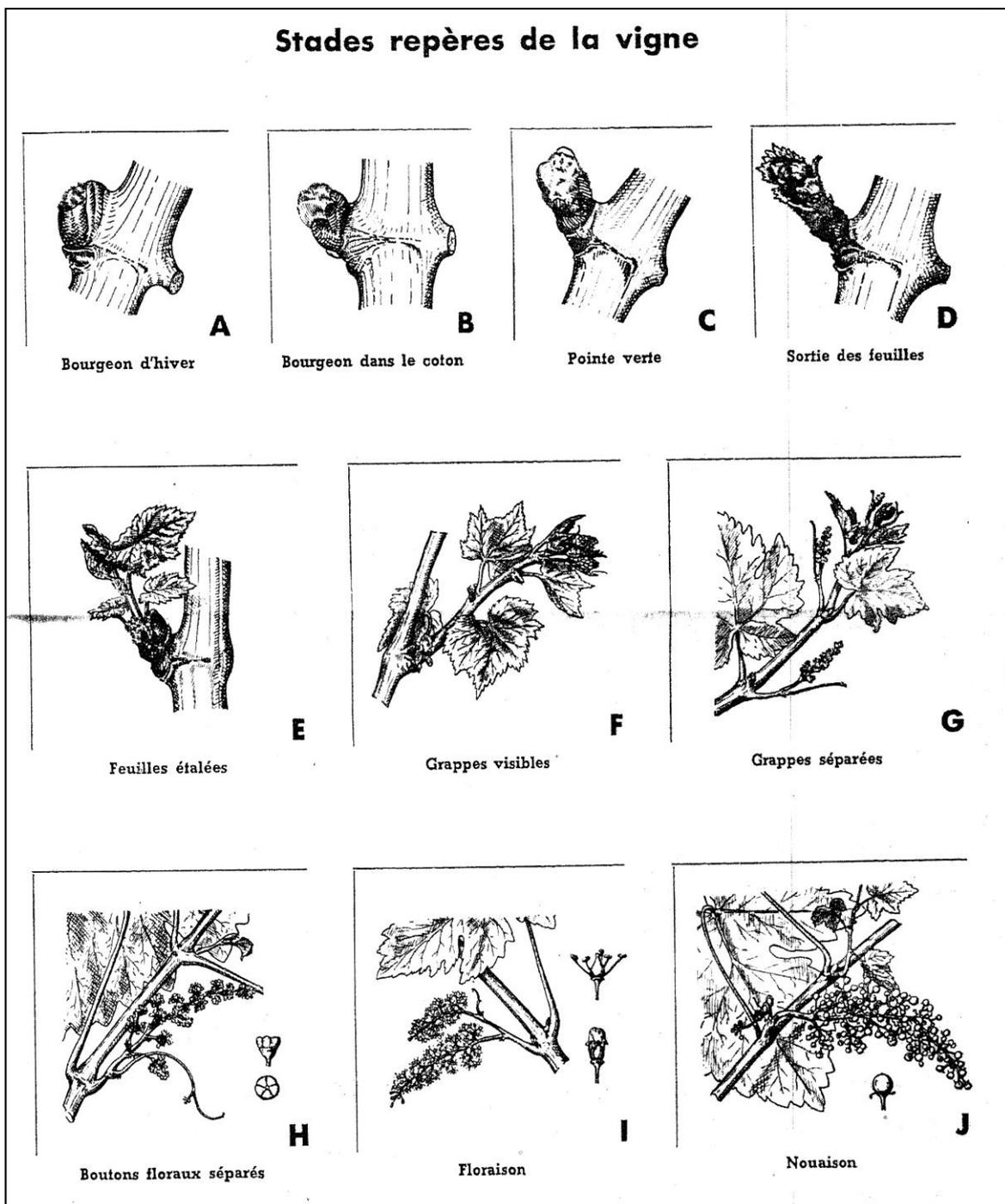


Figure C : Cycle végétatif et reproducteur de la vigne (Reynier, 2000)

ANNEXE 2. Les stades phénologiques de Baggiolini

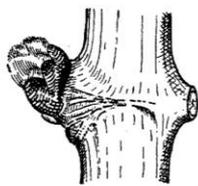


Stades repères de la vigne

Dessins de M. Baggiolini



A
Bourgeon d'hiver



B
Bourgeon dans le coton



C
Pointe verte



D
Sortie des feuilles



E
Feuilles étalées



F
Grappes visibles



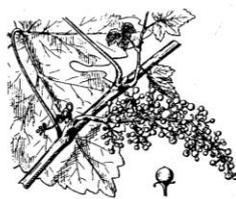
G
Grappes séparées



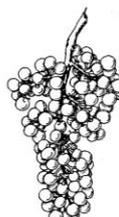
H
Boutons floraux séparés



I
Floraison



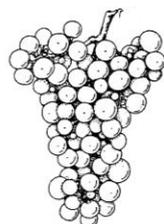
J
Nouaison



K
Petit pois



L
Grappe fermée



M
Véraison



N
Maturité

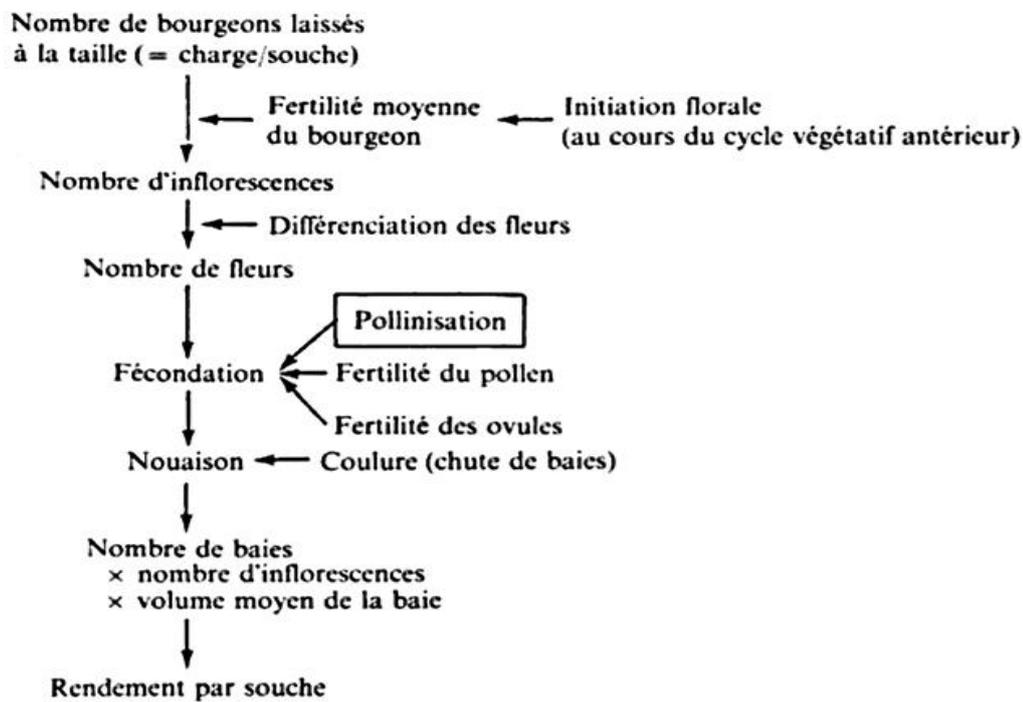


O
Aoûtement



P
Chute des feuilles

ANNEXE 3. : Séquence des principaux événements au cours d'un cycle végétatif de la vigne conditionnant la production de raisins (Doazan, 1984)



ANNEXE 4. La matrice récapitulative des données expérimentales

Obs	Cepages	%Debourmnt	FPA	FP	FPR	Poids Grap (g)	Poids Baies (g)	Longueur Baies (mm)	Largeur Baies (mm)	Refraction °Brix
1	Ahchiche	78.61	0.37	0.29	0.11	123.78	2.46	16.94	15.76	17.13
2	AMechtra	59.44	1.02	0.61	0.82	148.69	3.49	19.12	17.26	17.59
3	AinBouma	74.17	1.10	0.81	0.54	218.57	3.91	21.26	17.46	18.38
4	AinKelb	76.11	0.98	0.75	0.30	208.60	3.98	18.89	16.97	20.38
5	Allavall	81.25	1.87	1.52	0.60	360.80	8.25	24.38	24.20	15.28
6	Amokrane	74.72	0.16	0.12	0.03	235.53	4.82	21.69	20.70	17.08
7	Bkhadem	73.33	1.11	0.81	0.27	190.00	3.66	29.45	15.08	21.85
8	BAures	70.83	0.14	0.10	0.03	764.50	5.17	22.14	20.68	19.61
9	Cardinal	82.50	1.87	1.54	0.85	180.77	6.07	21.60	21.08	17.17
10	DBeyrout	65.56	1.27	0.83	0.37	279.60	6.59	25.18	21.93	17.83
11	Italia	64.58	1.03	0.67	0.39	324.47	6.92	24.43	22.08	16.10
12	KAldeber	68.33	0.45	0.31	0.17	160.49	3.54	19.27	17.59	18.06
13	Lakhdari	72.92	0.71	0.52	0.25	353.70	5.92	25.10	21.35	18.41
14	MuscAdda	77.08	1.19	0.92	0.57	242.63	4.82	20.16	20.27	17.31
15	MuscHam	87.50	1.44	1.26	0.64	261.59	4.40	19.92	19.28	20.27
16	SbaaTolb	77.78	1.29	1.00	0.58	256.50	2.75	16.87	17.06	21.14
17	AMascara	71,11	0,77	0,55	0,23					
18	Ghanèz	82,22	0,68	0,56	0,33					

ANNEXE 5. Les outputs de SAS générés par les procédures GLM et PRINCOMP.

5.1. La procédure ANOVA pour les différents types de fertilités

The GLM Procedure (pour les trois Fertilités FPR FPA FP)

Informations sur les niveaux de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
cep	18	Ahchiche AhmarMec AhmardeM AinElBou AinElKel Alphonse Amokrane BezoulEl Bouabard Cardinal Dattierd Ghanez Italia KabyleAl Lakhdari MuscatEl MuscatHa SbaaElTo
rep	3	1 2 3
Number of observations		42

Variables dépendantes avec configuration
équivalente des valeurs manquantes

Configuration	Obs.	Variables dépendantes
1	40	FPR
2	40	FPA
3	34	FP

Note: Variables in each group are consistent with respect to the presence or absence of missing values.

The GLM Procedure
Dependent Variable: FPA

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	17	11.73327554	0.69019268	24.07	<.0001
Error	31	0.88882120	0.02867165		
Corrected Total	48	12.62209673			

	R carré	Coeff Var	Racine MSE	FPA Moyenne	Valeur F	Pr > F
	0.929582	17.88762	0.169327	0.946616		
Source	DDL	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F	
cep	17	11.73327554	0.69019268	24.07	<.0001	
Source	DDL	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F	
cep	17	11.73327554	0.69019268	24.07	<.0001	

Tests t (LSD) pour FPA

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate,
 not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Erreur Degrés de Liberté	31
Erreur du Carré Moyen	0.028672
Valeur critique de t	2.03951
Plus petite différence significative	0.3082
Moyenne harmonique des tailles de cellules	2.511628

Note: Tailles des cellules inégales.

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

T	Groupement	Moyenne	Nb	cep
	A	1.8722	2	Alphonse
	A	1.8262	3	Cardinal
	B	1.4512	3	MuscatHa
C	B	1.2840	3	SbaaElTo
C	B	1.2714	3	Dattierd
C	B	1.1902	2	MuscatEl
C		1.1054	3	BezoulEl
C		1.0975	3	AinElBou
C	D	1.0735	1	Italia
C	D E	1.0016	3	AhmarMec
C	D E	0.9871	3	AinElKel
F	D E	0.7729	3	AhmardeM
F	G E	0.7075	2	Lakhdari
F	G	0.6780	3	Ghanez
H	G	0.4497	3	KabyleAl
H	I	0.3644	3	Ahchiche
H	I	0.1640	3	Amokrane
	I	0.1368	3	Bouabard

5.2. La procédure ANOVA pour les composantes de rendement

The GLM Procedure (Composantes de rendement)

Informations sur les niveaux de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
Cepages	16	Ahchiche AhmarMec AinElBou AinElKel Alphonse Amokrane BezoulEl Bouabard Cardinal Dattierd Italia KabyleAl Lakhdari MuscatEl MuscatHa SbaaElTo
Rep	43	1 2 3 4 5 5.54 5.7 5.87 5.99 6 6.05 6.42 6.58 7 7.01 7.42 7.56 7.68 7.8 7.87 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
Number of observations	388	

 Dependent Variable: Poids de Baies

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	15	1010.234168	67.348945	118.10	<.0001
Error	387	220.695320	0.570272		
Corrected Total	402	1230.929488			

R carré 0.820708 Coeff Var 15.26823 Racine MSE 0.755164 PoidsBaies Moyenne 4.945980

Source	DDL	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Cepages	15	1010.234168	67.348945	118.10	<.0001

Source	DDL	Type III SS	Carré moyen	F	Pr > F
Cepages	15	1010.234168	67.348945	118.10	<.0001

 Tests t (LSD) pour PoidsBaies

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Erreur Degrés de Liberté 387
 Erreur du Carré Moyen 0.570272
 Valeur critique de t 1.96611
 Plus petite différence significative 0.4308
 Moyenne harmonique des tailles de cellules 23.76153

Note: Tailles des cellules inégales.

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

T Groupement	Moyenne	Nb	Cepages
A	8.2547	30	Alphonse
B	6.8848	27	Italia
B	6.5923	30	Dattierd
C	6.0673	30	Cardinal
C	5.9655	29	Lakhdari
D	5.1383	18	Bouabard
E	4.8213	30	MuscatEl
E	4.7500	18	Amokrane
E	4.3967	30	MuscatHa
G	3.9830	30	AinElKel
G	3.9141	29	AinElBou
G	3.7771	17	BezoulEl
G	3.5976	17	KabyleAl
H	3.4237	19	AhmarMec
I	2.7450	30	SbaaElTo
I	2.4532	19	Ahchiche

 Dependent Variable: Poids de grappe

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	15	2719789.620	181319.308	12.82	<.0001
Error	310	4385565.452	14146.985		
Corrected Total	325	7105355.073			

R carré 0.382780 Coeff Var 44.25109 Racine MSE 118.9411 Poidsdegrappe Moyenne 268.7868

Source	DDL	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Cepages	15	2719789.620	181319.308	12.82	<.0001

Source	DDL	Type III SS	Carré moyen	F	Pr > F
Cepages	15	2719789.620	181319.308	12.82	<.0001

 Tests t (LSD) pour Poidsgrappe

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Erreur Degrés de Liberté 310
 Erreur du Carré Moyen 14146.99
 Valeur critique de t 1.96765
 Plus petite différence significative 102.62
 Moyenne harmonique des tailles de cellules 10.40303

Note: Tailles des cellules inégales.

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

T	Groupement	Moyenne	Nb	Cepages			
	A	711.57	7	Bouabard			
	B	360.80	30	Alphonse			
	C	352.62	29	Lakhdari			
	C	B	D	331.75	24	Italia	
	C	E	B	D	279.60	30	Dattierd
F	C	E	B	D	261.59	30	MuscatHa
F	C	E	D	256.50	30	SbaaElTo	
F	E	D	242.63	30	MuscatEl		
F	E	G	D	235.53	5	Amokrane	
F	H	E	G	219.90	29	AinElBou	
F	H	E	G	208.60	30	AinElKel	
F	H	E	G	183.75	4	BezoulEl	
F	H	E	G	180.77	30	Cardinal	
F	H	G	160.49	3	KabyleAl		
	H	G	137.88	8	AhmarMec		
	H	G	123.78	7	Ahchiche		

 Dependent Variable: Longueur Baies

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	15	3942.537043	262.835803	404.69	<.0001
Error	387	251.343999	0.649468		
Corrected Total	402	4193.881042			

R carré 0.940069 Coeff Var 3.725178 Racine MSE 0.805896 LongueurdeBaies Moyenne 21.63375

Source	DDL	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Cepages	15	3942.537043	262.835803	404.69	<.0001

Source	DDL	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Cepages	15	3942.537043	262.835803	404.69	<.0001

 Tests t (LSD) pour Longueur Baies

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Erreur Degrés de Liberté 387
 Erreur du Carré Moyen 0.649468
 Valeur critique de t 1.96611
 Plus petite différence significative 0.4597
 Moyenne harmonique des tailles de cellules 23.76153

Note: Tailles des cellules inégales.

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

T Groupement	Moyenne	Nb	Cepages
A	29.4353	17	BezoulEl
B	25.1800	30	Dattierd
B	25.1276	29	Lakhdari
C	24.4815	27	Italia
C	24.3767	30	Alphonse
D	22.1778	18	Bouabard
E	21.7389	18	Amokrane
E	21.6000	30	Cardinal
E	21.2897	29	AinElBou
F	20.1600	30	MuscatEl
G	19.9233	30	MuscatHa
G	19.5353	17	KabyleAl
H	18.9263	19	AhmarMec
H	18.8933	30	AinElKel
I	16.8700	30	SbaaElTo
I	16.7684	19	Ahchiche

 Dependent Variable: Largeur Baies

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	15	2522.268319	168.151221	175.31	<.0001
Error	387	371.194659	0.959159		
Corrected Total	402	2893.462978			

R carré 0.871713 Coeff Var 5.008691 Racine MSE 0.979367 LargeurdeBaies Moyenne 19.55335

Source	DDL	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Cepages	15	2522.268319	168.151221	175.31	<.0001

Source	DDL	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Cepages	15	2522.268319	168.151221	175.31	<.0001

 Tests t (LSD) pour LargeurBaies

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Erreur Degrés de Liberté 387
 Erreur du Carré Moyen 0.959159
 Valeur critique de t 1.96611
 Plus petite différence significative 0.5586
 Moyenne harmonique des tailles de cellules 23.76153

Note: Tailles des cellules inégales.

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

T Groupement	Moyenne	Nb	Cepages
A	24.2033	30	Alphonse
B	22.0889	27	Italia
C B	21.9333	30	Dattierd
C D	21.3828	29	Lakhdari
E D	21.0767	30	Cardinal
E D	20.9944	18	Amokrane
E F	20.6444	18	Bouabard
F	20.2667	30	MuscatEl
G	19.2833	30	MuscatHa
H	17.6471	17	KabyleAl
I H	17.4759	29	AinElBou
I H	17.2579	19	AhmarMec
I	17.0633	30	SbaaElTo
I	16.9667	30	AinElKel
J	15.6211	19	Ahchiche
J	15.2176	17	BezoulEl

 Dependent Variable: Refraction

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	15	1268.656864	84.577124	77.90	<.0001
Error	384	416.903911	1.085687		
Corrected Total	399	1685.560775			

R carré 0.752662 Coeff Var 5.687029 Racine MSE 1.041963 Refracti Moyenne 18.32175

Source	DDL	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Cepages	15	1268.656864	84.577124	77.90	<.0001

Source	DDL	Type III SS	Carré moyen	F	Pr > F
Cepages	15	1268.656864	84.577124	77.90	<.0001

 Tests t (LSD) pour Refraction

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Erreur Degrés de Liberté 384
 Erreur du Carré Moyen 1.085687
 Valeur critique de t 1.96616
 Plus petite différence significative 0.5964
 Moyenne harmonique des tailles de cellules 23.59928

Note: Tailles des cellules inégales.

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas très différentes.

T Groupement	Moyenne	Nb	Cepages	
A	21.9000	17	BezoulEl	
B	21.1367	30	SbaaElTo	
C	20.3833	30	AinElKel	
C	20.2667	30	MuscatHa	
D	19.4833	18	Bouabard	
E	18.4310	29	AinElBou	
F	E	18.4172	29	Lakhdari
F	E	18.0529	17	KabyleAl
F	G	17.8300	30	Dattierd
H	G	17.3684	19	AhmarMec
H	G	17.3067	30	MuscatEl
H		17.1667	30	Cardinal
H		17.1053	19	Ahchiche
H		17.0833	18	Amokrane
I		16.1042	24	Italia
J		15.2833	30	Alphonse

5.3. La procédure de l'ACP

The PRINCOMP Procedure									
	Observations	16							
	Variables	9							

Simple Statistics									

	Debourment	FPA	FP	FPR	PoidsGrap				
Mean	74.044	1.00	0.753	0.407	269.388				
Std	7.177	0.526	0.438	0.260	149.195				
	PoidsBaies	LongBaies	LargBaies	Refract					
Mean	4.796	21.650	19.296	18.349					
Std	1.602	3.373	2.608	1.833					

Correlation Matrix									

	Debourment	FPA	FP	FPR	Poids Grap	Poids Baies	Long Baies	Larg Baies	Refract
Debourment	1.0000	0.3711	0.5287	0.1741	-.0621	-.0024	-.1937	0.0414	0.1551
FPA	0.3711	1.0000	0.9828	0.8459	-.2468	0.4088	0.1721	0.2769	-.0845
FP	0.5287	0.9828	1.0000	0.8101	-.2148	0.3892	0.1202	0.2805	-.0567
FPR	0.1741	0.8459	0.8101	1.0000	-.3236	0.1496	-.1362	0.1160	-.1226
PoidsGrap	-.0621	-.2468	-.2148	-.3236	1.0000	0.4087	0.2529	0.4796	0.0589
PoidsBaies	-.0024	0.4088	0.3892	0.1496	0.4087	1.0000	0.5812	0.9360	-.5731
LongBaies	-.1937	0.1721	0.1202	-.1362	0.2529	0.5812	1.0000	0.3601	-.0076
LargBaies	0.0414	0.2769	0.2805	0.1160	0.4796	0.9360	0.3601	1.0000	-.6295
Refract	0.1551	-.0845	-.0567	-.1226	0.0589	-.5731	-.0076	-.6295	1.0000

Eigenvalues of the Correlation Matrix									

	Valeur propre	Différence	Proportion	Cumulée					
1	3.45733640	0.87100241	0.3841	0.3841					
2	2.58633399	1.39371632	0.2874	0.6715					
3	1.19261768	0.21931314	0.1325	0.8040					
4	0.97330454	0.37279906	0.1081	0.9122					
5	0.60050548	0.49068832	0.0667	0.9789					
6	0.10981716	0.04106158	0.0122	0.9911					
7	0.06875558	0.05842373	0.0076	0.9987					
8	0.01033185	0.00933453	0.0011	0.9999					
9	0.00099731		0.0001	1.0000					

Eigenvectors									

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5				
Debourment	0.175993	-.264076	0.395769	-.629599	-.467441				
FPA	0.471400	-.264440	0.073453	0.165497	0.073810				
FP	0.469272	-.282276	0.144088	0.019234	0.000402				
FPR	0.372043	-.340623	-.181356	0.139823	0.463707				
PoidsGrap	0.011490	0.422934	0.450227	-.269085	0.584110				

PoidsBaies	0.412009	0.390069	0.010055	0.008629	-.078518
LongBaies	0.174999	0.315205	0.356000	0.616887	-.402147
LargBaies	0.369834	0.406156	-.066655	-.237556	0.055791
Refract	-.225590	-.263226	0.671071	0.216404	0.220999

Eigenvectors

	Prin6	Prin7	Prin8	Prin9
Debourment	-.229103	0.203062	0.099755	0.155201
FPA	0.118049	-.411167	-.302559	0.628557
FP	0.049987	-.306791	-.109171	-.755271
FPR	-.341609	0.546786	0.245289	0.047506
PoidsGrap	-.383157	-.230037	-.070201	0.006651
PoidsBaies	0.277202	-.141591	0.754054	0.079170
LongBaies	-.374335	0.206384	-.134431	-.014838
LargBaies	0.432263	0.476123	-.468289	-.037848
Refract	0.513569	0.233149	0.124618	0.013138

Obs	cep	Prin1	Prin2
1	Ahchiche	-2.58139	-0.96116
2	KAldeber	-2.10827	0.02158
3	BAures	-1.88750	3.03937
4	Amokrane	-1.59277	1.61291
5	AinKelb	-1.06243	-1.20579
6	Bkhadem	-0.97749	-0.81747
7	AMechtra	-0.57668	-1.02445
8	SbaaTolb	-0.57445	-2.39756
9	AinBouma	-0.17425	-0.95112
10	Lakhdari	-0.00459	1.68922
11	MuscAdda	0.84706	-0.43540
12	Italia	1.04589	2.09886
13	DBeyrout	1.14404	1.45620
14	MuscHam	1.16677	-1.90475
15	Cardinal	3.17587	-1.33204
16	Allavall	4.16019	1.11160

La procédure CORR

9 Variables : Debourment FPA FP FPR PoidsGrap PoidsBaies
 LongBaies LargBaies Refract

Statistiques simples

Variable	Nb	Moyenne	Écart-type	Somme	Minimum	Maximum	
Debourment	16	74.044	7.177	1185	59.44	87.50	
FPA	16	1.00	0.526	16.00	0.140	1.870	
FP	16	0.753	0.438	12.060	0.1	1.540	
FPR	16	0.407	0.260	6.520	0.030	0.850	
PoidsGrap	16	269.388	149.195	4310	123.780	764.50	
PoidsBaies	16	4.796	1.602	76.750	2.460	8.250	
LongBaies	16	21.650	3.373		346.400	16.870	29.450
LargBaies	16	19.296	2.608		308.750	15.080	24.200
Refract	16	18.349	1.833		293.590	15.280	21.850

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 16
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	Debourment	FPA	FP	FPR	Poids Grap
Debourment	1.00000	0.37105 0.1571	0.52867 0.0353	0.17406 0.5191	-0.06207 0.8194
FPA	0.37105 0.1571	1.00000	0.98280 <.0001	0.84588 <.0001	-0.24679 0.3568
FP	0.52867 0.0353	0.98280 <.0001	1.00000	0.81013 0.0001	-0.21483 0.4243
FPR	0.17406 0.5191	0.84588 <.0001	0.81013 0.0001	1.00000	-0.32361 0.2215
PoidsGrap	-0.06207 0.8194	-0.24679 0.3568	-0.21483 0.4243	-0.32361 0.2215	1.00000
PoidsBaies	-0.00238 0.9930	0.40879 0.1159	0.38915 0.1363	0.14965 0.5801	0.40867 0.1160

 Coefficients de corrélation de Pearson, N = 16
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	Poids Baies	Long Baies	Larg Baies	Refract
Debourment	-0.00238 0.9930	-0.19375 0.4721	0.04137 0.8791	0.15508 0.5663
FPA	0.40879 0.1159	0.17209 0.5239	0.27692 0.2991	-0.08451 0.7557
FP	0.38915 0.1363	0.12019 0.6575	0.28051 0.2926	-0.05666 0.8349
FPR	0.14965 0.5801	-0.13615 0.6151	0.11602 0.6687	-0.12262 0.6510
PoidsGrap	0.40867 0.1160	0.25285 0.3447	0.47958 0.0601	0.05889 0.8285
PoidsBaies	1.00000	0.58123 0.0182	0.93601 <.0001	-0.57312 0.0203

 Coefficients de corrélation de Pearson, N = 16
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	Debourment	FPA	FP	FPR	Poids Grap
LongBaies	-0.19375 0.4721	0.17209 0.5239	0.12019 0.6575	-0.13615 0.6151	0.25285 0.3447
LargBaies	0.04137 0.8791	0.27692 0.2991	0.28051 0.2926	0.11602 0.6687	0.47958 0.0601
Refract	0.15508 0.5663	-0.08451 0.7557	-0.05666 0.8349	-0.12262 0.6510	0.05889 0.8285

 Coefficients de corrélation de Pearson, N = 16
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	Poids Baies	Long Baies	Larg Baies	Refract
LongBaies	0.58123 0.0182	1.00000	0.36010 0.1707	-0.00757 0.9778
LargBaies	0.93601 <.0001	0.36010 0.1707	1.00000	-0.62953 0.0090
Refract	-0.57312 0.0203	-0.00757 0.9778	-0.62953 0.0090	1.00000

ANNEXE 6. Les résultats de régression linéaire par la méthode de MCO.

6.1. Régression de FP = f(FPR)

Coefficients d'ajustement :

Observations	18,000
Somme des poids	18,000
DDL	16,000
R ²	0,657
R ² ajusté	0,636
MCE	0,064
RMCE	0,252
MAPE	32,896
DW	1,886
Cp	2,000
AIC	-47,728
SBC	-45,948
PC	0,428

Paramètres du modèle :

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	0,198	0,113	1,746	0,100	-0,042	0,438
FPR	1,355	0,245	5,540	< 0,0001	0,837	1,874

Equation du modèle :

$$FP = 1,355 \text{ FPR} + 0,198$$

6.2. Régression de $FP = f(FPA)$

Coefficients d'ajustement :

Observations	18,000
Somme des poids	18,000
DDL	16,000
R ²	0,965
R ² ajusté	0,963
MCE	0,007
RMCE	0,081
MAPE	11,737
DW	1,840
C _p	2,000
AIC	-88,671
SBC	-86,890
PC	0,044

Paramètres du modèle :

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	-0,061	0,042	-1,432	0,172	-0,150	0,029
FPA	0,817	0,039	20,929	< 0,0001	0,734	0,900

Equation du modèle :

$$FP = 0,817 FPA - 0,061$$

6.3. Régression de la variable FPA = f(FPR)

Coefficients d'ajustement :

Observations	18,000
Somme des poids	18,000
DDL	16,000
R ²	0,713
R ² ajusté	0,695
MCE	0,077
RMCE	0,277
MAPE	31,858
DW	1,938
Cp	2,000
AIC	-44,288
SBC	-42,507
PC	0,359

Paramètres du modèle :

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	0,301	0,125	2,419	0,028	0,037	0,565
FPR	1,697	0,269	6,305	< 0,0001	1,127	2,268

Equation du modèle :

$$\text{FPA} = 1,697 \text{ FPR} + 0,301$$

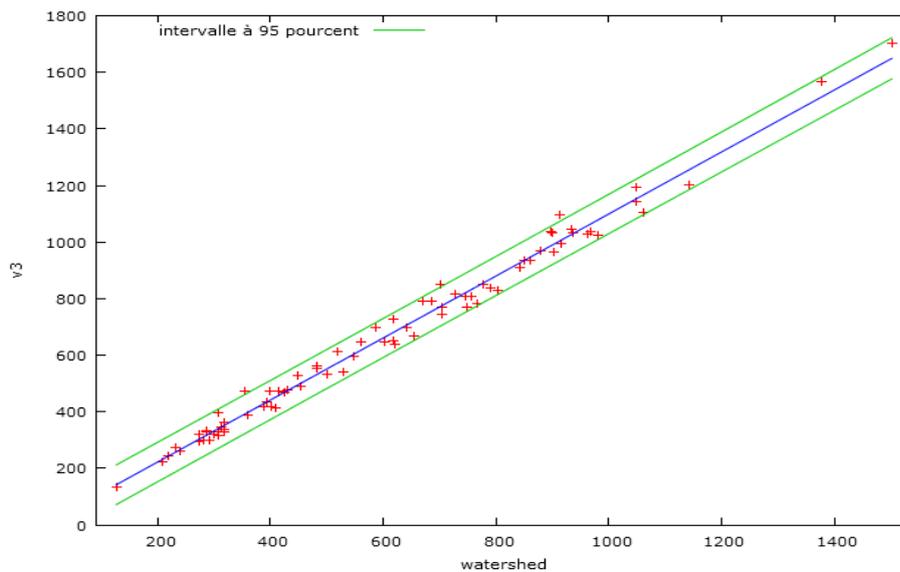
**ANNEXE 7. Les prédictions issues de modèles utilisé dans la méthode de comptage
avec l'intervalle de confiance 95%, $t(77, 0,025) = 1,991$**

Obs	Effective	Prédiction	Erreur std.	intervalle de 95%
1	135,000	141,897	35,2105	(71,7841, 212,010)
2	221,000	231,798	35,0244	(162,055, 301,540)
3	245,000	243,858	35,0020	(174,160, 313,555)
4	263,000	266,881	34,9609	(197,265, 336,497)
5	272,000	257,014	34,9782	(187,363, 326,664)
6	295,000	303,060	34,9007	(233,564, 372,557)
7	301,000	321,698	34,8719	(252,259, 391,137)
8	301,000	312,927	34,8853	(243,462, 382,393)
9	318,000	340,336	34,8445	(270,952, 409,720)
10	320,000	304,157	34,8990	(234,664, 373,650)
11	322,000	330,469	34,8588	(261,056, 399,882)
12	327,000	318,409	34,8769	(248,961, 387,858)
13	329,000	339,240	34,8461	(269,852, 408,627)
14	330,000	351,300	34,8291	(281,946, 420,653)
15	332,000	317,313	34,8785	(247,861, 386,765)
16	338,000	351,300	34,8291	(281,946, 420,653)
17	344,000	345,818	34,8367	(276,449, 415,187)
18	362,000	351,300	34,8291	(281,946, 420,653)
19	389,000	397,346	34,7698	(328,111, 466,582)
20	395,000	339,240	34,8461	(269,852, 408,627)
21	415,000	451,067	34,7120	(381,947, 520,188)
22	416,000	444,489	34,7184	(375,356, 513,623)
23	420,000	430,237	34,7330	(361,075, 499,399)
24	434,000	435,719	34,7273	(366,568, 504,869)
25	469,000	468,609	34,6958	(399,521, 537,697)
26	472,000	391,865	34,7764	(322,616, 461,113)
27	473,000	457,646	34,7058	(388,537, 526,754)
28	475,000	440,104	34,7228	(370,962, 509,246)
29	476,000	475,187	34,6901	(406,110, 544,264)
30	489,000	501,499	34,6690	(432,465, 570,534)
31	528,000	496,018	34,6731	(426,975, 565,061)
32	533,000	551,932	34,6368	(482,961, 620,902)
33	543,000	582,629	34,6225	(513,687, 651,572)
34	554,000	531,101	34,6487	(462,106, 600,095)
35	561,000	532,197	34,6481	(463,204, 601,190)
36	598,000	603,460	34,6151	(534,532, 672,387)
37	611,000	571,666	34,6271	(502,714, 640,617)
38	637,000	683,493	34,6041	(614,588, 752,399)
39	648,000	662,663	34,6044	(593,757, 731,569)
40	648,000	616,616	34,6114	(547,696, 685,536)
41	651,000	681,301	34,6041	(612,395, 750,206)
42	670,000	719,673	34,6082	(650,759, 788,587)
43	698,000	647,314	34,6057	(578,405, 716,223)
44	699,000	706,517	34,6061	(637,607, 775,426)
45	728,000	680,204	34,6041	(611,299, 749,110)
46	743,000	774,490	34,6251	(705,543, 843,438)
47	768,000	775,587	34,6256	(706,638, 844,535)
48	771,000	823,826	34,6513	(754,826, 892,826)
49	782,000	843,560	34,6647	(774,534, 912,587)
50	790,000	738,311	34,6125	(669,389, 807,233)
51	793,000	755,852	34,6179	(686,919, 824,785)
52	809,000	831,500	34,6563	(762,491, 900,510)
53	810,000	820,537	34,6492	(751,542, 889,532)
54	817,000	800,803	34,6378	(731,830, 869,775)
55	830,000	883,029	34,6965	(813,939, 952,118)
56	838,000	869,873	34,6852	(800,806, 938,940)
57	850,000	854,524	34,6729	(785,481, 923,566)
58	850,000	771,201	34,6237	(702,257, 840,146)
59	912,000	925,786	34,7385	(856,613, 994,960)
60	935,000	945,521	34,7604	(876,304, 1014,74)
61	935,000	934,557	34,7480	(865,365, 1003,75)

62	964,000	993,760	34,8211	(924,422, 1063,10)
63	966,000	992,664	34,8196	(923,329, 1062,00)
64	967,000	966,351	34,7854	(897,085, 1035,62)
65	993,000	1006,92	34,8394	(937,542, 1076,29)
66	1025,00	1078,18	34,9509	(1008,58, 1147,78)
67	1030,00	1057,35	34,9161	(987,822, 1126,88)
68	1032,00	1028,84	34,8714	(959,405, 1098,28)
69	1032,00	989,375	34,8152	(920,049, 1058,70)
70	1035,00	987,182	34,8123	(917,862, 1056,50)
71	1038,00	1065,02	34,9287	(995,471, 1134,57)
72	1044,00	1026,65	34,8681	(957,219, 1096,08)
73	1098,00	1002,53	34,8332	(933,169, 1071,89)
74	1105,00	1165,89	35,1172	(1095,96, 1235,81)
75	1142,00	1151,63	35,0880	(1081,77, 1221,50)
76	1195,00	1151,63	35,0880	(1081,77, 1221,50)
77	1202,00	1254,69	35,3178	(1184,36, 1325,02)
78	1569,00	1513,43	36,0817	(1441,58, 1585,28)
79	1704,00	1649,38	36,5859	(1576,52, 1722,23)

Statistiques d'évaluation des prédictions

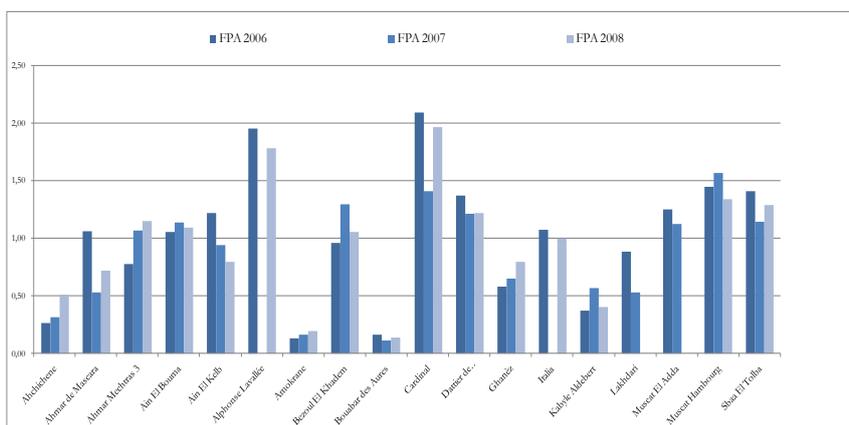
Erreur Moyenne	-5,7203e-014
Moy. Carrés des Résid.	1152,5
Racine de la moyenne des erreurs au carré	33,949
Erreur absolue moyenne	26,61
Mean Percentage Error	-0,20764
Mean Absolute Percentage Error	4,1492
U de Theil	0,60813
Proportion de biais, UM	0
Proportion des régressions, UR	0
Proportion des perturbations, UD	1



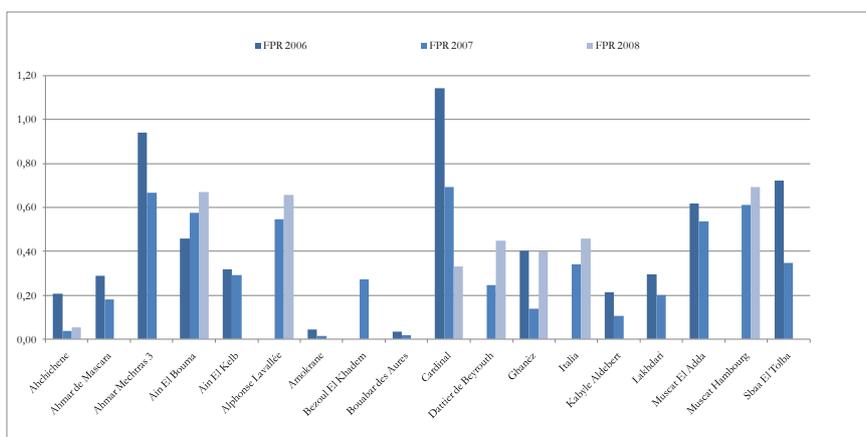
Présentation graphique des prédictions avec intervalle de confiance de 95%

ANNEXE 8. Fluctuation de la fertilité des cépages étudiés.

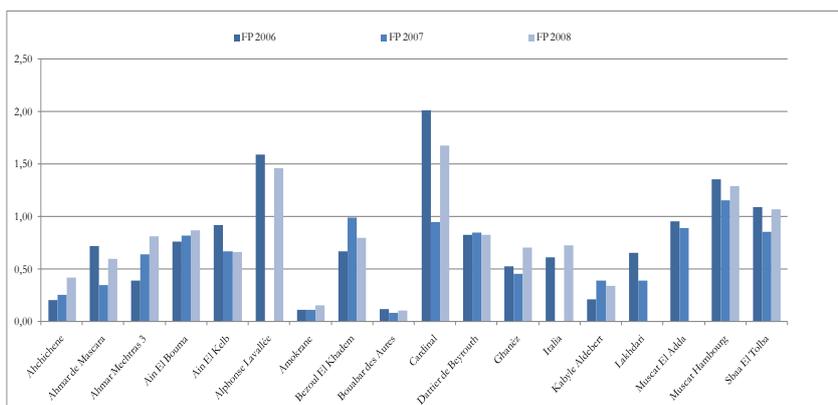
8.1. : La fluctuation de la fertilité potentielle apparente sur trois ans en fonction des cépages



8.2. La fluctuation de la fertilité potentielle réelle sur trois ans en fonction des cépages



8.3. La fluctuation de la fertilité pratique sur trois ans en fonction des cépages



ANNEXE 9. Photographies prises lors de l'expérience (échelle : 1cm x 1cm)

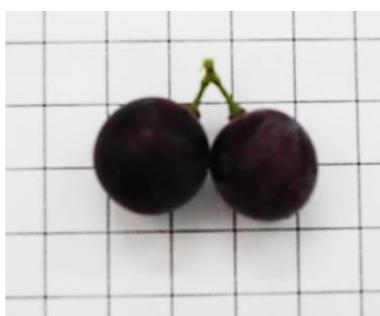
9.1. Photographies des baies pour chaque cépage (échelle : 1cm x 1cm)



Sbaa El Tolba



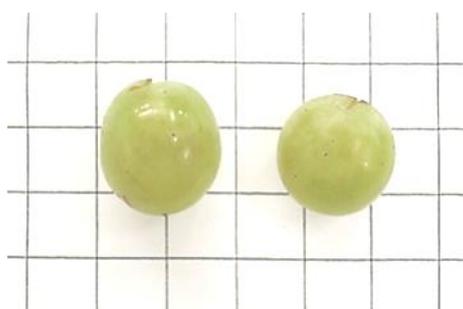
Ahmar Mascara



Muscat de Hambourg



Ahmar Mechtras



Ahchichène



Ain El Kelb.



Ain El Bouma



Bezoul El Khadem



Bouabar des Aurès



Muscat El Adda



Ghanèz



Kabyle Aldebert

9.2. Photographie des grappes pour chaque cépages (échelle : 1cm x 1cm)



Italia



Alphonse Lavallée



Dattier de Beyrouth



Sbaa El Tolba



Muscat de Hambourg



Muscat El Adda



Aïn El Bouma



Bouabar des Aurès



Ahchichène



Ahmar Mechtras 3



Amokrane



Ahmar Mascara



Lakhdari



Bezoul El Khadem



Ain El Kalb



Ghanèz

<p>Nom : BENMEHAIA Prénom : RADHOUANE</p>	<p>Date de soutenance : 12/04/2017 e-mail : benmehaia_red@yahoo.fr</p>															
<p align="center">Titre : APPROCHE MORPHOLOGIQUE, PHYSIOLOGIQUE ET BIOCHIMIQUE DE LA FERTILITÉ DES BOURGEONS LATENTS DE LA VIGNE (<i>Vitis vinifera</i> L.)</p>																
<p>Résumé :</p> <p>L'objectif principal de cette étude était de mettre en évidence les différences inter-variétales de la fertilité des bourgeons latents de 18 cépages (13 autochtones et 5 introduits) de vigne (<i>Vitis vinifera</i> L.) cultivés à la station de l'ITAFV d'Emdjez-Eddchiche (Skikda) pendant trois années successives.</p> <p>Des différentes expressions de la fertilité ont été utilisées, il apparaît que les cépages autochtones : Amokrane, Bouabar des Aurès et Ahchichène sont les moins fertiles.</p> <p>La fertilité potentielle apparente et la fertilité pratique sont nettement plus élevées chez les cépages introduits (à l'exception de l'Italia) que chez les variétés locales : Sbaa Tolba, Muscat El Adda, Ain El Bouma et Ahmar Mechtras 3 qui malgré tous présentent des valeurs appréciables. Ces 9 géotypes peuvent être considérés comme les plus fertiles.</p> <p>Par contre, c'est la variété autochtone Ahmar Mechtras 3 qui s'est particulièrement distinguée par la fertilité potentielle réelle la plus élevée, suivi du Cardinal et du Muscat de Hambourg (cépages introduits) et de Muscat El Adda (locale).</p> <p>Par ailleurs, une nouvelle méthode de comptage mathématique des boutons floraux (algorithme) a été proposée par rapport au comptage manuel.</p>																
<p>Mots clés : Cépages autochtones et introduits, fertilité des bourgeons latents, rendement, algorithme, boutons floraux, <i>Vitis vinifera</i> L., collection, Skikda</p>																
<p>Laboratoire de recherche : Laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phytogénétiques, Université des Frères Mentouri Constantine 1.</p>																
<p>Devant le Jury :</p> <table border="0"> <tr> <td>Président :</td> <td>BENLARIBI Mostafa,</td> <td>Prof. à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1.</td> </tr> <tr> <td>Rapporteur :</td> <td>BENTCHIKOU M. El Moncef,</td> <td>Prof. à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1.</td> </tr> <tr> <td>Examineurs :</td> <td>BAHLOULI Fayçal,</td> <td>Prof. à l'Université de Mohamed Boudiaf M'sila.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>BENAZZIZA Abdelaziz</td> <td>MCA. à l'Université de Mohamed Kheider Biskra.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LAYADHI Ziane,</td> <td>MCA. à l'Université de Mohamed Kheider Biskra.</td> </tr> </table>		Président :	BENLARIBI Mostafa,	Prof. à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1.	Rapporteur :	BENTCHIKOU M. El Moncef,	Prof. à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1.	Examineurs :	BAHLOULI Fayçal,	Prof. à l'Université de Mohamed Boudiaf M'sila.		BENAZZIZA Abdelaziz	MCA. à l'Université de Mohamed Kheider Biskra.		LAYADHI Ziane,	MCA. à l'Université de Mohamed Kheider Biskra.
Président :	BENLARIBI Mostafa,	Prof. à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1.														
Rapporteur :	BENTCHIKOU M. El Moncef,	Prof. à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1.														
Examineurs :	BAHLOULI Fayçal,	Prof. à l'Université de Mohamed Boudiaf M'sila.														
	BENAZZIZA Abdelaziz	MCA. à l'Université de Mohamed Kheider Biskra.														
	LAYADHI Ziane,	MCA. à l'Université de Mohamed Kheider Biskra.														