



**HAL**  
open science

# Influence de la date et du mode de taille du Sauvignon blanc sur la maturation des baies et la vigueur dans une optique d'amélioration des rendements

Laurent David

## ► To cite this version:

Laurent David. Influence de la date et du mode de taille du Sauvignon blanc sur la maturation des baies et la vigueur dans une optique d'amélioration des rendements. *Agronomie*. 2019. dumas-02971002

**HAL Id: dumas-02971002**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02971002>**

Submitted on 26 Oct 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Présenté pour l'obtention du **DIPLOME D'INGENIEUR AGRONOME**

Option : **Viticulture-Œnologie**

**Influence de la date et du mode de taille du Sauvignon blanc sur la maturation des baies et la vigueur dans une optique d'amélioration des rendements.**



**Présenté par Laurent DAVID**

**Année de soutenance : 2019**

**Organisme d'accueil : Château Margaux**



# **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Présenté pour l'obtention du **DIPLOME D'INGENIEUR AGRONOME**

Option : **Viticulture-Œnologie**

**Influence de la date et du mode de taille du Sauvignon blanc sur la maturation des baies et la vigueur dans une optique d'amélioration des rendements.**



**Présenté par Laurent DAVID**

**Année de soutenance : 2019**

**Mémoire préparé sous la direction de :**

**Mr. Florent PANTIN**

**Présenté le : 06/11/2019**

**Devant le Jury :**

**Mme Anne PELLEGRINO**

**Mr. Florent PANTIN**

**Organisme d'accueil :**

**Château Margaux**

**Maître de stage :**

**Mme. Blandine de ROUFFIGNAC**

## Résumé

La perpétuelle remise en question d'un premier cru classé tel que Château Margaux a amené l'équipe technique du château à entreprendre des travaux pour optimiser le rendement de son vin blanc (le Pavillon blanc, 100% Sauvignon blanc) tout en conservant ses qualités organoleptiques. La taille de la vigne est au cœur de ce processus d'optimisation. Deux paramètres de la taille (date et mode) sont en effet étudiés depuis maintenant plusieurs années dans le but d'augmenter les rendements jusqu'alors faibles (de l'ordre de 20hL/ha) tout en préservant le potentiel qualitatif du vin. Sur la base des travaux entrepris lors des précédents millésimes, les parcelles de Sauvignon blanc sont désormais taillées en Guyot mixte en lieu et place de la taille « médocaine » traditionnelle dans la région (Guyot double). La combinaison de ce nouveau mode de taille avec une date de taille tardive, pratiquée depuis de nombreuses années pour protéger les parcelles des gelées de Printemps, a été étudiée. Le rendement, la vigueur et la maturation de différentes modalités de taille combinant divers modes (Guyot et « Médoc ») et dates de taille (précoce et tardive) ont ainsi été suivis durant le millésime 2019. Les résultats montrent, contrairement aux précédentes études réalisées sur le même sujet, que la taille Guyot mixte entraîne une importante chute de rendement par rapport à la taille « Médoc » et ne permet pas de maîtriser davantage la vigueur du Sauvignon blanc. Bien que les analyses sensorielles n'aient révélé aucune différence significative lors de la dégustation de baies issues de différentes modalités de taille, il apparaît que la taille Guyot modifie la composition des moûts en arômes variétaux. Par ailleurs, la taille tardive ne semble pas décaler la maturation des baies outre mesure tout en permettant de meilleurs rendements qu'une taille précoce, plus sensible au gel.

**Mots clés :** Sauvignon blanc, date de taille, Guyot, rendement, vigueur, maturation, thiols variétaux.

Pour citer ce document : David Laurent 2019. Influence de la date et du mode de taille du Sauvignon blanc sur la maturation des baies et la vigueur dans une optique d'amélioration des rendements. Mémoire de fin d'études, Diplôme d'ingénieur agronome, Option Viticulture-Œnologie, Montpellier SupAgro. 70 pages.

Montpellier SupAgro, Institut national d'études supérieures agronomiques de Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02. <http://www.supagro.fr>

## Abstract

### **Title: Influence of Sauvignon blanc pruning date and type on berries maturity and vigor while improving yields.**

A continuous reconsideration of a « premier cru classé » such as Château Margaux led the château's technical team to conduct studies to optimize white wine (Pavillon blanc, 100% Sauvignon blanc) yield whereas keeping its quality. Grapevine pruning is the key for this optimization process. Indeed, two pruning parameters (pruning date and type) are studied for several years to increase low yields (around 20hl/ha) while maintaining wine quality. Following previous vintages studies, Château Margaux Sauvignon blanc parcels are now simple Guyot pruned instead of the typical double Guyot pruning of the Médoc area. Late and Guyot pruning combination were studied, as late pruning allowed a protection against spring frost for decades. Grapevine yield, vigor and maturity were analyzed during 2019 vintage, combining pruning dates (early and late) and types (simple and double Guyot). According to results, simple Guyot pruning yields are significantly lower than double Guyot pruning yields, despite previous studies showing averse results. Moreover, simple Guyot pruning does not regulate grapevine vigor better than typical Médoc pruning. Despite sensorial analysis showing no variation during berries tastings, it seems simple Guyot pruning changed varietal aromas must concentrations. Furthermore, it seems late pruning does not affect berry maturity while allowing better yields than a frost sensitive early pruning.

**Key words :** Sauvignon blanc, pruning date, Guyot pruning, yield, vigor, maturity, varietal aromas.

## REMERCIEMENTS

Je remercie très chaleureusement ma maître de stage et responsable R&D de Château Margaux, Mme Blandine de ROUFFIGNAC, pour son accompagnement, ses conseils et sa bonne humeur. Je remercie également son assistant, Mr. Jérôme GODINEAU. Sa rigueur alliée à son humour redoutable en firent un collègue particulièrement sympathique.

Je remercie par ailleurs le reste de l'équipe R&D avec qui j'ai partagé mon quotidien durant ces 6 mois de stage de fin d'étude. Merci donc à Benjamin BODIN pour son dynamisme, Noé ETIENNE pour sa jeunesse insouciante, Mathis MARENCO pour son sens de l'organisation, Barbara SIMONOU pour sa bonne humeur et Paul LANGLOIS pour sa motivation, sans oublier évidemment Zackary HILLMAN et Sara FERREIRA pour leur français irréprochable.

Je remercie également Mr. Sébastien VERGNE, directeur d'exploitation, pour ses explications et sa disponibilité mais surtout et avant tout pour les rillettes et le pain frais durant les week-ends de vendange. Merci de même à Mr. Philippe BASCAULES, directeur général, et Mme. Corinne Mentzelopoulos, propriétaire de Château Margaux, de m'avoir permis de réaliser ce stage dans un domaine viticole unique.

Je remercie enfin l'ensemble du personnel de Château Margaux pour leur accueil, leurs conseils et leur bonne humeur : l'équipe du bureau, les vigneronnes et vignerons et l'équipe du chai sans oublier l'équipe de l'atelier toujours disponible en cas de besoin.

# TABLE DES MATIERES

<b>TABLES DES FIGURES ET TABLEAUX</b> .....	9
<b>1° PRESENTATION ET CADRE DE L'EXPERIMENTATION</b> .....	11
<b>1.1 Introduction</b> .....	11
<b>1.2 Présentation du Château Margaux</b> .....	11
1.2.1 Appellation et terroir.....	11
1.2.2 Présentation du vignoble.....	12
1.2.3 Pratiques culturales.....	12
<b>1.3 Problématique</b> .....	13
1.3.1 Présentation de la parcelle expérimentale.....	13
1.3.2 Modalités de taille.....	13
<b>2° ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	14
<b>2.1 Caractéristiques et particularités du cépage « Sauvignon blanc »</b> .....	14
2.1.1 Caractéristiques viticoles et agronomiques.....	14
2.1.2 Caractéristiques organoleptiques.....	14
<b>2.2 La taille Guyot « mixte »</b> .....	14
<b>2.3 La taille « Médoc »</b> .....	15
<b>2.4 Date de taille et gelées de Printemps</b> .....	16
<b>2.5 Effets des modalités de taille sur les paramètres agro-œnologiques</b> .....	17
2.5.1 Influence sur la phénologie de la vigne.....	17
2.5.2 Effets sur le rendement.....	17
2.5.3 Effets sur la vigueur de la vigne.....	19
2.5.4 Effets sur la maturation des baies.....	20
2.5.5 Effets sur les composés phénoliques.....	20
2.5.6 Effets sur la qualité organoleptique des vins.....	21
<b>2.6 Echantillonnage</b> .....	21
<b>3° MATERIELS ET METHODES</b> .....	22
<b>3.1 Organisation de l'expérimentation</b> .....	22
3.1.1 Organisation des modalités de taille sur la parcelle 110.....	22
3.1.2 Plan de mesure pour le suivi de vigueur et rendement.....	22
3.1.3 Plan d'échantillonnage pour le suivi de la maturation.....	23
<b>3.2 Suivi de la phénologie</b> .....	23
<b>3.3 Suivi de la vigueur</b> .....	24
3.3.1 Longueur des rameaux (Source DRAAF Nord Aquitaine) .....	24
3.3.2 Surface foliaire.....	24
<b>3.4 Estimation du rendement</b> .....	25
3.4.1 Principe.....	25
3.4.2 Estimateurs du rendement.....	25
3.4.2.1 Taux de nouaison.....	25
3.4.2.2 Charge en grappes.....	25
3.4.2.3 Nombre de baies par grappe.....	26
3.4.3 Rendements effectifs.....	26
3.4.3.1 Rendement massique.....	26
3.4.3.2 Rendement volumique.....	26

<b>3.5 Suivi de la maturation et composition des baies</b> .....	26
3.5.1 Analyse physico-chimique de la maturation.....	26
3.5.2 Maturation aromatique.....	27
3.5.2.1 Précurseurs de thiols .....	27
3.5.2.2 Thiols volatils.....	27
3.5.3 Teneur en phénols .....	27
3.5.4 Analyse sensorielle.....	28
<b>3.6 Traitement statistique des données</b> .....	28
<b>4° RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	29
<b>4.1 Suivi de la vigueur</b> .....	29
4.1.1 Longueur des rameaux.....	29
4.1.2 Surface foliaire.....	31
4.1.3 Discussion sur le suivi de vigueur.....	32
<b>4.2 Estimation du rendement</b> .....	32
4.2.1 Estimateurs du rendement.....	32
4.2.1.1 Taux de nouaison .....	32
4.2.1.2 Nombre de baies par grappe.....	33
4.2.1.3 Charge en grappe .....	34
4.2.1.3.1 Charge en grappe par rameau.....	34
4.2.1.3.2 Charge en grappe par pied.....	36
4.2.2 Rendements effectifs.....	36
4.2.3 Discussion sur l'estimation du rendement.....	37
<b>4.3 Suivi de la maturation et composition</b> .....	38
4.3.1 Analyse physico-chimique de la maturation.....	38
4.3.2 Analyse sensorielle de la maturation.....	39
4.3.3 Analyse des composés phénoliques.....	39
4.3.4 Maturation aromatique.....	41
<b>CONCLUSIONS</b> .....	44
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	45
<b>ANNEXES</b> .....	48

## **Table des figures et tableaux**

Tableau 1 : Effets de différentes date de taille à 5 stades phénologiques différents (WPA : bourgeon dormant, LWPC : rameau vert, LWPF : inflorescences visibles, LWPG : inflorescences séparées et LWPH : boutons floraux séparés) sur les composantes du rendement (Zheng et al., 2017)

Figure 1 : Répartition géographique du parcellaire et encépagement du Château Margaux. (Source interne)

Figure 2 : Carte pédologique de la parcelle 110 (Source : Château Margaux, réalisation personnelle)

Figure 3 : Schéma représentatif d'une taille en Guyot Mixte (Guillaume, 2018)

Figure 4 : Variations de la fertilité des bourgeons entre les deux types de taille sur différentes années (Ferrer et al., 2004)

Figure 5 : Schéma représentatif d'une taille « Médoc » (Guillaume, 2018)

Figure 6 : Fertilité des bourgeons de Sylvaner en fonction de leur rang (Huglin, 1958, réalisation personnelle)

Figure 7 : Variation de la température létale de la vigne au cours de l'année (Winter Injury to grapevine, Bulletin E2930, Michigan State University)

Figure 8 : Influence d'une taille retardée sur le débourrement (Friend, A.P., 2005)

Figure 9 : Influence d'une taille retardée sur la floraison et la véraison (Friend, A.P., 2005)

Figure 10 : Etude de la corrélation linéaire entre le nombre de baies détectables sur une image et le nombre total de baie par grappe (Aquino et al., 2017)

Figure 11 : Représentation graphique du nombre effectif de fleur par inflorescence en fonction du nombre estimé de fleur par inflorescence par comptage manuel (Aquino et al., 2015)

Figure 12 : Voies de biogénèse de thiols variétaux dans les vins (Source : Rolland et al., 2012)

Figure 13 : Voies hypothétiques de la dégradation des thiols volatils (RSH) dans les conditions du vin (Nikolantonaki 2010)

Figure 14 : De gauche à droite : Echantillonnage systématique non aligné, Echantillonnage aléatoire et Echantillonnage stratifié (Keersmaecker, 1987 et Vaillant, 1996)

Figure 15 : Organisation de la parcelle expérimentale (réalisation personnelle sur geoportail.gouv.fr)

Figure 16 : Alternance du choix des rameaux pour la mesure de longueur (réalisation personnelle)

Figure 17 : Sélection des feuilles échantillonnées le long d'un rameau identifié (réalisation personnelle)

Figure 18 : Evolution de la croissance journalière moyenne entre le 29-mai et le 01-août pour 4 modalités de taille.

Figure 19 : Evolution de la longueur moyenne des rameaux entre le 17-mai et le 01-août pour 4 modalités de taille.

Figure 20 : Evolution de la surface moyenne d'une feuille pour 4 modalités de taille au cours du cycle végétatif de la vigne.

Figure 21 : Taux de nouaison moyen en fonction des 4 modalités de taille

Figure 22 : Corrélation entre le taux de nouaison et le nombre de fleurs par inflorescence (toutes modalités confondues)

Figure 23 : Nombre moyen de baies par grappe en fonction des 4 modalités de taille.

Figure 24 : Corrélation entre le taux de nouaison et le nombre de baies par grappe pour 92 grappes (toutes modalités confondues)

Figure 25 : Nombre moyen de grappes (fertilité) par rameau en fonction des 4 modalités de taille.

Figure 26 : Distribution du nombre de rameaux (fréquence) en fonction du nombre de grappes selon les modalités de taille

Figure 27 : Nombre de grappes moyen (fertilité) par rameau fructifère en fonction des 4 modalités de taille.

Figure 28 : Nombre de grappes moyen (fertilité) par pied en fonction des 4 modalités de taille.

Figure 29 : Rendement massique effectif après vendange (t/ha) en fonction des modalités de taille

Figure 30 : Rendement volumique effectif après vendange (hl/ha) en fonction des modalités de taille

Figure 31 : Acidité Totale en fonction du temps

Figure 32 : pH en fonction du temps

Figure 33 : Titre alcoométrique potentiel (TAP) en fonction du temps

Figure 34 : Profils sensoriels en fonction de la date de taille à 3 différentes dates

Figure 35 : Profils sensoriels en fonction du mode de taille à 3 différentes dates

Figure 36 : Evolution de l'indice EasyOx entre le 02-sept et le 30-août pour les 4 modalités de taille

Figure 37 : Evolution de l'indice PhenOx entre le 02-sept et le 30-août pour les 4 modalités de taille

Figure 38 : Concentrations en S3-(hexan-1-ol)-L-Glutathion (3-SH-Glu) et S3-(hexan-1-ol)-L-Cystéine (3-SH-Cys) pour les 4 modalités de taille dans les jus après pressurage.

Figure 39 : Concentrations en 4-methyl-4-mercaptopentan-2-one (4-MMP) et 4-methyl-4-mercaptopentan-2-ol (4-MMPOH) pour les 4 modalités de taille dans les moûts après fermentation alcoolique

Figure 40 : Concentrations en 3-mercapto-hexan-1-ol (3-MH) et Acetate de 3-mercapto-hexan-1-ol (3-MHA) pour les 4 modalités de taille dans les moûts après fermentation alcoolique

# **1° Présentation et cadre de l'expérimentation**

## **1.1 Introduction**

La taille de la vigne est une opération majeure pour tout vigneron désireux d'assurer la pérennité de son vignoble. Elle permet en effet de contrôler la croissance végétative de la vigne qui, en tant que liane, a naturellement tendance à croître dans tout l'espace qui lui est alloué. Cette stratégie de croissance permet aux lianes (dont la vigne) de coloniser leur milieu et notamment d'optimiser leur surface foliaire exposée aux rayonnements solaires. L'architecture végétative qui en résulte est bien éloignée de l'aspect buissonnant spécifique de la vigne cultivée.

Et pour cause, afin de guider la plante vers une allocation de ses ressources carbonées pour son appareil reproducteur (inflorescences et grappes) au détriment de son appareil végétatif (rameaux et feuilles), la taille est indispensable. Il est ainsi possible d'obtenir des baies et des grappes de dimension mais aussi de qualité (chargement en sucres, acides, arômes) convenables et propices à une utilisation agronomique. La taille d'hiver est ainsi pratiquée par l'ensemble des vignerons en France et dans le monde, à l'exception de ceux pratiquant la taille minimale (consistant non pas à supprimer les rameaux du précédent cycle végétatif, mais à les raccourcir).

De part son importance pour les exploitations viti-vinicoles, la taille a été largement commentée et étudiée au cours des siècles. Différents types de taille ont ainsi vu le jour et sont autant de possibilités pour le vigneron. En effet, en fonction des variétés cultivées, du terroir mais aussi des objectifs agronomiques, le choix du mode de taille à son importance. Ce choix est un compromis minutieux entre le rendement attendu, la qualité des raisins visée, la main d'œuvre mobilisée et l'état sanitaire de la vigne. Le vigneron se doit donc de raisonner la taille de la vigne en fonction de ses possibilités économiques et de ses objectifs.

Le présent mémoire porte sur l'effet du mode mais aussi de la date de taille sur différents paramètres : vigueur, qualité et rendement. Une expérimentation a ainsi été menée au Château Margaux entre avril et septembre 2019 sur une parcelle de Sauvignon blanc. Cette dernière est cultivée en AOC Bordeaux, dont le cahier des charges cadre très précisément la taille de la vigne. Il stipule que « *Seules sont autorisées la taille à coursons (cots) ou la taille à longs bois (astes)* ». Par ailleurs, pour le Sauvignon blanc, « *le nombre d'yeux francs à la taille ne peut excéder 50000 yeux francs par hectare et 20 yeux francs par pied.* ». L'expérimentation a donc été réalisée dans le respect de ce cadre réglementaire et des objectifs du château.

## **1.2 Présentation du Château Margaux**

### **1.2.1 Appellation et terroir**

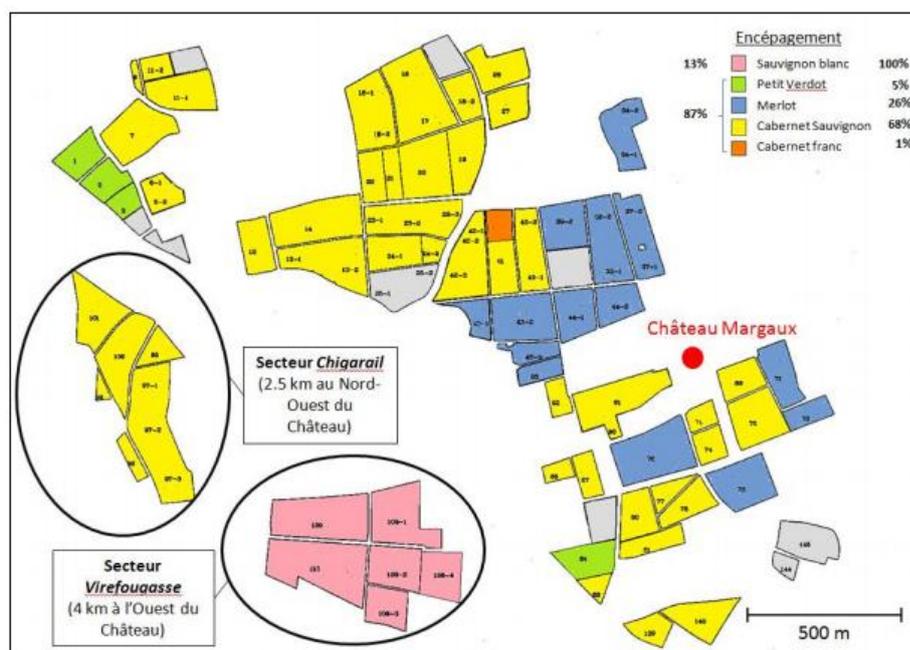
Le Château Margaux se situe sur la commune de Margaux-Cantenac à environ 30 km au nord de Bordeaux. Il s'agit de l'unique château portant la mention « Premier Grand Cru Classé » au sein de l'AOC Margaux et, plus généralement, du Haut-Médoc. L'appellation Margaux permet exclusivement la production de vin rouge. Elle s'étend sur pas moins de 5 communes, ce qui en fait la principale appellation communale du Médoc.

De fait de sa proximité avec le fleuve, le sol de l'appellation Margaux est principalement constitué de graves garonnaises réparties en 6 différentes terrasses. Ce sol graveleux repose, pour les meilleurs crus de l'AOC, sur un soubassement tertiaire calcaire ou argilo-marneux.

Le climat à Margaux est tempéré chaud, classé Cfb par la classification de Köppen. Cela signifie qu'il s'agit d'un climat humide avec des précipitations chaque mois de l'année et des températures estivales moyennes modérées (entre 10 et 22°C). La température moyenne annuelle est ainsi de 12,7°C pour un total de précipitation annuel moyen de 925 mm (voir Annexe 1).

### 1.2.2 Présentation du vignoble

La propriété du Château Margaux s'étend sur 260 ha dont 92 ha de vignes. La surface non allouée à la culture de la vigne comprend le bâti, parcs et jardins, champs et prairies et forêt. En marge de l'activité viti-vinicole, le château élève un cheptel de 29 vaches limousines. La culture de raisin noir est majoritaire : elle représente 80 ha contre 12 ha pour le raisin blanc. La majorité des parcelles se trouvent à proximité immédiate du château tandis que 3 secteurs (Virefougasse, Chigarail et Brown) en sont éloignés de quelques kilomètres (voir **figure 1** ci-dessous).



**Figure 1 : Répartition géographique du parcellaire et encépagement du Château Margaux. (Source interne)**

Le personnel se compose de 80 employés permanents auxquels s'ajoutent stagiaires, saisonniers et prestataires. Les employés saisonniers assurent les travaux d'échardage et d'éclaircissage (juillet) et les vendanges (septembre et octobre). Cela représente 250 vendangeurs pour la vendange des raisins noirs.

### 1.2.3 Pratiques culturales

Les parcelles du Château Margaux sont plantées selon une orientation Nord/Sud ou Est/Ouest. Ce choix dépend principalement des tendances culturales compte-tenu de l'état des connaissances à l'année de plantation de chaque parcelle. La densité de plantation est majoritairement de 10 000 pieds/ha (soit 1m sur 1m) et de 6667 pieds/ha (soit 1m sur 1,5m) pour le Sauvignon blanc et certaines parcelles de Merlot enherbées. La complantation est une technique largement utilisée sur l'ensemble du vignoble. Les pieds morts sont systématiquement arrachés et remplacés chaque année. L'arrachage total puis la mise en jachère d'une parcelle n'est décidé que lorsque l'état sanitaire ou agronomique est jugé insuffisant.

Si le château n'a pas la certification AB, le travail du sol est exclusivement mécanique et les traitements phytosanitaires limités au strict nécessaire. Un suivi minutieux de l'état sanitaire des parcelles (maladies, ravageurs) par l'équipe de culture est ainsi primordial pour optimiser l'allocation des traitements.

## 1.3 Problématique

### 1.3.1 Présentation de la parcelle expérimentale

La parcelle utilisée pour l'expérimentation est la parcelle 110. Il s'agit d'une parcelle de 3,15 ha plantée en 1975 sur le secteur de Virefougasse à 4 km à l'ouest du château (voir **figure 1**). L'encépagement est constitué en quasi-totalité de Sauvignon blanc en sélection massale avec quelques pieds épars de Sémillon, nettement identifiés, et non suivis dans l'étude. Il y a 3 différents porte-greffes utilisés sur la parcelle 110 : 110 R, SO4 et 101-14 mais le château ne dispose pas d'informations précises quant à leur répartition.

L'espace inter-rang est de 1,5 m pour un espace intra-rang de 1 m, la densité de plantation est donc de 6667 pieds/ha, pour une orientation Nord/Sud. Le sol de la parcelle 110 est très hétérogène et de qualité globalement insuffisante pour permettre à la vendange d'entrer dans la confection du Pavillon blanc (vin blanc du Château Margaux). Il s'agit majoritairement d'un sol sableux ou sablo-graveleux avec une langue argileuse à la limite Sud de la parcelle (voir **figure 2** ci-après). L'hydromorphie est importante sur cette langue, entraînant entre autre une forte mortalité racinaire et ainsi de récurrents problèmes de vigueur et/ou de rendement.

Enfin, la parcelle 110 est dans une zone très gélive du fait de son éloignement par rapport au fleuve (ce dernier protégeant globalement le vignoble du Château Margaux de part son effet tampon sur les températures). De ce fait, elle est équipée d'un système d'aspersion se déclenchant automatiquement lorsque les températures s'approchent de 0°C. L'aspersion doit être continue tant que les températures restent négatives pour permettre une bonne protection.

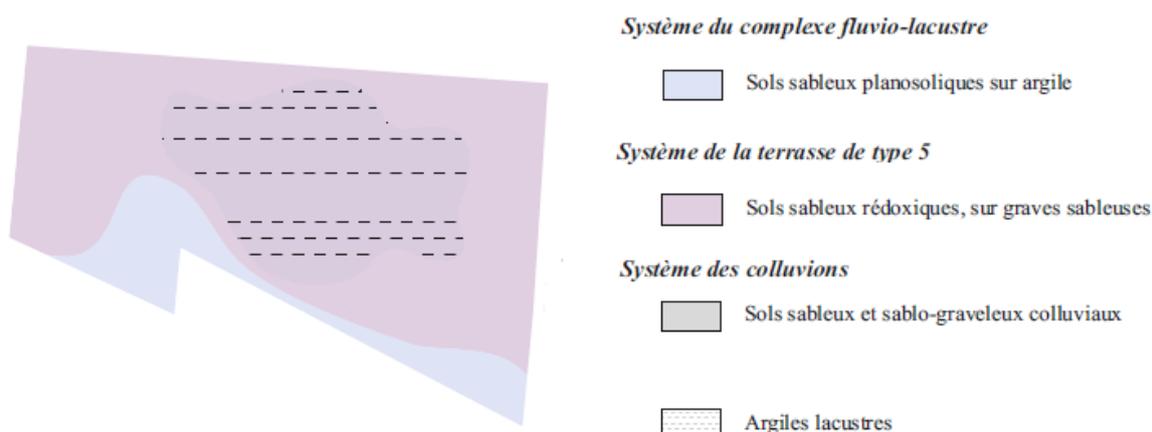


Figure 2 : Carte pédologique de la parcelle 110 (Source : Château Margaux, réalisation personnelle)

### 1.3.2 Modalités de taille

Le caractère gélif de la parcelle 110 a poussé Château Margaux à opérer une taille tardive (début mars) sur les pieds de Sauvignon blanc depuis de nombreuses décennies afin de limiter les dégâts des gelées de Printemps (voir **2.4**). Cependant, l'équipe technique du Château a récemment soulevé deux problématiques à propos de cette taille tardive.

Premièrement, cette dernière est suspectée de causer des retards de maturité irréversibles. Autrement dit, il se pourrait qu'une taille tardive ne puisse pas « rattraper » la maturité d'une taille précoce. Deuxièmement, le décalage du cycle végétatif causé par la taille tardive (voir **2.5.1**) peut potentiellement repousser la date de maturité technologique. Un tel décalage n'est pas souhaitable dans une région viticole comme le Bordelais où les conditions climatiques (voir **1.2.1**) génèrent une forte pression de la pourriture grise (*Botrytis cinerea*). Une taille tardive associée à des conditions météorologiques défavorables début septembre est donc susceptible d'affecter fortement le rendement et la qualité de la vendange. Le présent mémoire tentera d'apporter des éléments de réponse à ces problématiques.

D'autre part, la parcelle 110 (ainsi que l'ensemble des parcelles de Sauvignon blanc du château) est traditionnellement taillée « à la médocaine », c'est-à-dire en Guyot double (voir **2.3**). La pratique d'une telle taille sur le Sauvignon blanc est davantage due aux us et coutumes de la région qu'à un choix fondé sur des objectifs agronomiques. Les faibles rendements volumiques obtenus au cours des derniers millésimes (environ 15hl/ha) ont remis en question la taille médocaine sur les Sauvignon blanc de Château Margaux, malgré la qualité indéniable des vins produits. Des études ont ainsi été menées depuis plusieurs années par l'équipe R&D du Château sur l'abandon de ce type de taille au profit de la taille Guyot mixte, jugée plus productive (voir **2.2**). C'est dans ce contexte que les travaux entrepris sont poursuivis cette année en étudiant l'effet du changement de mode taille sur la qualité, le rendement et la vigueur.

Deux dates de taille (Précoce, début janvier, et tardive, début mars) et deux modes de taille (Guyot mixte et « Médoc ») sont étudiées, ainsi que les interactions entre modes et dates de tailles. La réalisation de quatre modalités de taille distinctes est donc nécessaire pour mener à bien la présente étude : Guyot Tardif, Guyot Précoce, Médoc Tardif et Médoc Précoce.

## **2° Etude bibliographique**

### **2.1 Caractéristiques et particularités du cépage « Sauvignon blanc »**

#### 2.1.1 Caractéristiques viticoles et agronomiques

Le Sauvignon blanc est un cépage largement utilisé en France (30 000 ha en 2016, Source Pl@ntGrape), principalement dans sa région historique de plantation dans la vallée de la Loire de Sancerre à Tours. Il est également présent dans le Bordelais pour l'élaboration de blanc sec (Graves, Entre-deux-mers) ou moelleux (Sauternes). Le Sauvignon blanc se fait plus discret dans le Médoc où quelques châteaux le cultivent toutefois, notamment Château Margaux.

Le cépage est reconnu comme étant très productif et vigoureux et la maîtrise de cette vigueur semble être la clé pour le sublimer. La fertilité des sols, le choix du porte-greffe ou le type de taille sont autant de facteurs permettant de réguler la vigueur du Sauvignon blanc. Les baies et grappes sont de petite taille mais très compactes. De ce fait, le cépage se trouve être très sensible à la pourriture grise qui peut, selon les conditions climatiques, impacter fortement le rendement (Source Vigne et Vin Charentes).

#### 2.1.2 Caractéristiques organoleptiques

Le Sauvignon blanc est considéré comme possédant des arômes variétaux, c'est-à-dire des arômes issus du raisin lui-même. Des thiols variétaux ont ainsi été mis en évidence dans les vins de Sauvignon blanc : le 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one par Darriet et al. (1993), responsable d'une odeur de buis, puis le 3-mercaptohexyle et l'acétate de 3-mercaptohexyle par Tominaga *et al.*, (1996 et 1998), responsables de notes de fruit de la passion.

Les profils de vins de Sauvignon blanc peuvent être très divers et dépendent notamment de la maturité des baies. Une maturité trop faible induit généralement un profil végétal herbacé, voire d'urine de chat. A l'inverse, une maturité très poussée conduit à des notes très mûres et complexes d'épices et de fruit à noyau (Source RVF).

### **2.2 La taille Guyot « mixte »**

La taille Guyot consiste à laisser une baguette de 3 yeux ou plus sur un bras et un courson de 2 yeux sur l'autre. L'acrotonie étant faible sur les 2 coursons, ce type de taille garantit la formation d'une belle baguette sur le courson en vue de l'année n+1. Sur la baguette, les rameaux proximaux seront moins vigoureux et l'un d'entre eux donnera le courson de l'année n+1 (voir **figure 3** ci-après).

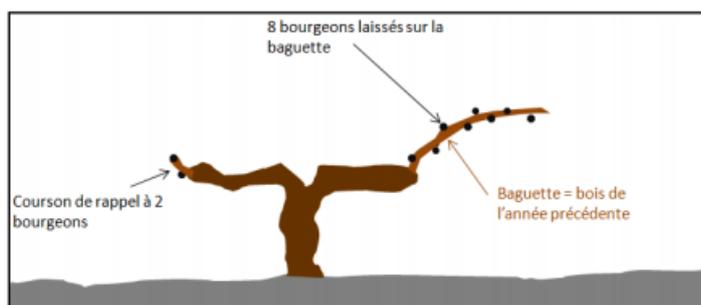


Figure 3 : Schéma représentatif d'une taille en Guyot Mixte (Guillaume, 2018)

La taille en Guyot « mixte » se distingue de la taille Guyot « simple » par une alternance annuelle du côté portant la baguette. Cela permet d'équilibrer la répartition de la vigueur année après année et ainsi de limiter l'allongement excessif des bois. Le cas échéant, un courson de rappel peut-être conservé pour raccourcir les bois.

Le rendement dépend naturellement du nombre d'yeux laissés sur la baguette. Cependant, il a été montré que la taille Guyot confère une meilleure fertilité que d'autres modes de taille (Ferrer et al., 2004) et permet donc de meilleurs rendements pour un nombre d'yeux équivalent (voir figure 4 ci-dessous).

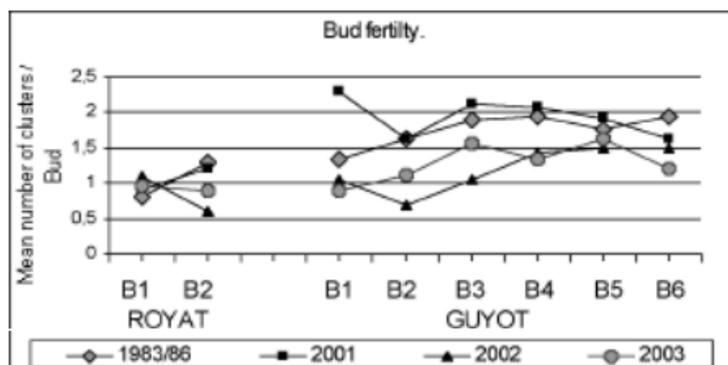


Figure 4 : Variations de la fertilité des bourgeons entre les deux types de taille sur différentes années (Ferrer et al., 2004)

### 2.3 La taille « Médoc »

La taille dite « Médoc » est la taille traditionnelle dans la région viticole du Médoc. Elle est donc largement utilisée sur le Merlot et Cabernet-Sauvignon, prédominants dans la région. Cette taille correspond en réalité à un Guyot double (soit à deux baguettes avec un ou deux coursons de rappel) sur lequel les yeux de l'extrémité des baguettes sont systématiquement ébourgeonnés (voir figure 5 ci-dessous).

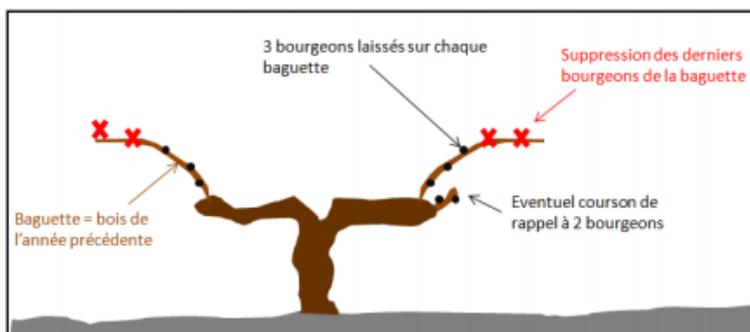


Figure 5 : Schéma représentatif d'une taille « Médoc » (Guillaume, 2018)

Seuls les 3 bourgeons proximaux des deux baguettes sont conservés à l'issue de la taille hivernale. Selon les études réalisées sur le sujet, les bourgeons de rangs médians ont une fertilité (i.e. Nombre de grappes) maximale par rapport aux bourgeons proximaux et distaux (figure 6 ci-après). Cette variabilité est dépendante du cépage (INRA Colmar, 1955) mais aussi de la vigueur des pieds (Huglin, 1959) et de la température (Buttrose, 1969a et Palma et al., 1981). Il semble donc que pour un nombre de bourgeons identique, la taille Médoc soit moins fertile que la taille Guyot.

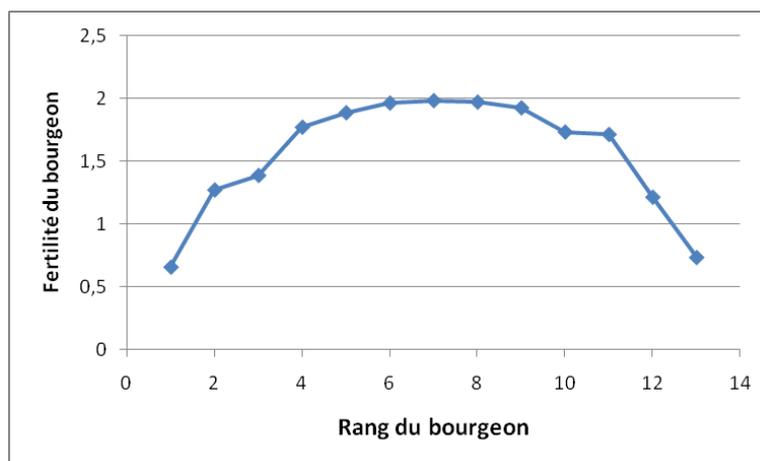


Figure 6 : Fertilité des bourgeons de Sylvaner en fonction de leur rang (Huglin, 1958, réalisation personnelle)

## 2.4 Date de taille et gelées de Printemps

Le changement climatique augmente l'occurrence de phénomènes extrêmes de sécheresse, d'inondation et de canicule mais aussi les dégâts des gelées tardives de printemps (Briche et al., 2011). En effet, le réchauffement climatique augmente l'éventualité d'un hiver doux et donc d'un débourrement précoce, mais n'exclut pas d'obtenir des températures négatives en avril et mai (Marc de Brower, Gelées Tardives). Ces gelées sont particulièrement destructrices pour les vignobles, du fait de la grande sensibilité des vignes aux températures négatives à partir du mois d'Avril (voir figure 7 ci-dessous).

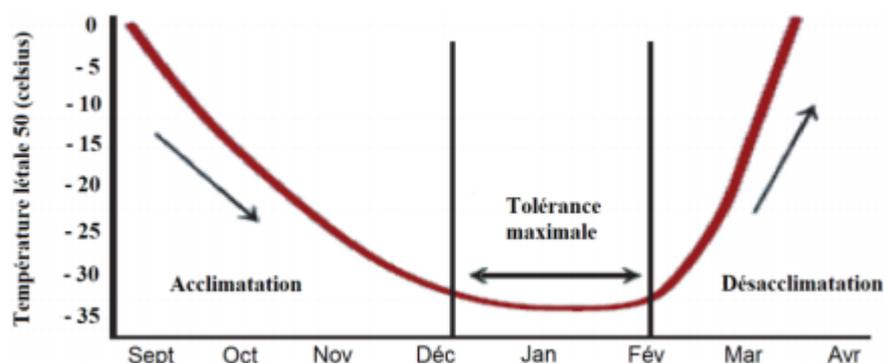


Figure 7 : Variation de la température létale de la vigne au cours de l'année (Winter Injury to grapevine, Bulletin E2930, Michigan State University)

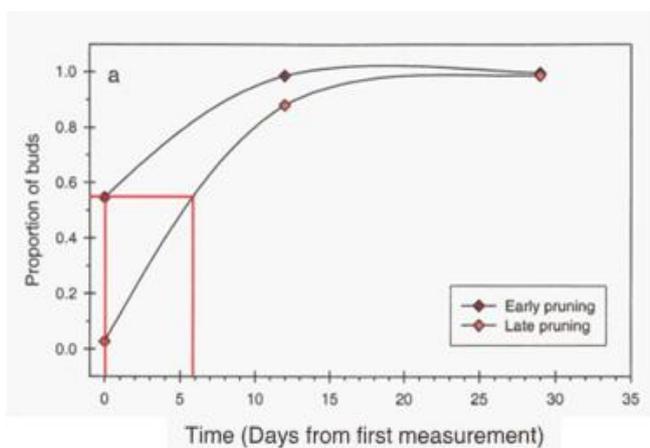


Figure 8 : Influence d'une taille retardée sur le débourrement (Friend, A.P., 2005)

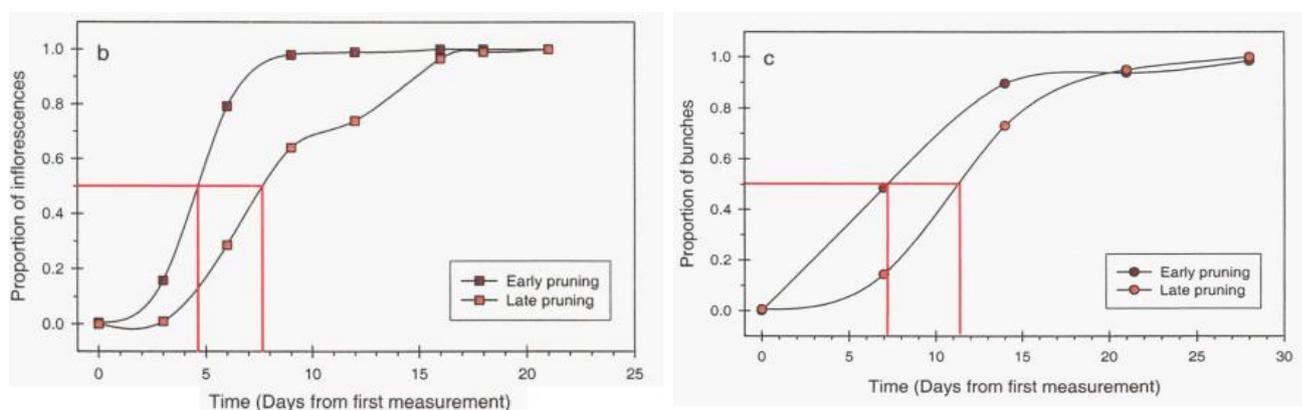
Aux méthodes « curatives » (feux de paille, chaufferettes, hélicoptères, éoliennes, aspersion d'eau) peuvent s'ajouter des méthodes préventives de lutte contre le gel passant par une modification des pratiques culturales : élévation de la taille des troncs, taille tardive, liage tardif des baguettes, maîtrise de l'enherbement (Chambre d'agriculture du Pays de la Loire). La taille tardive provoque un décalage de la phénologie de la vigne, retardant le débourrement (voir figure 8 ci-dessus) et les gelées de printemps (Friend, A.P., 2005).

En effet, les différents organes se développant au cours du cycle végétatif de la vigne ont une sensibilité croissante au froid. Des températures négatives identiques peuvent donc avoir des incidences très différentes sur un bourgeon, une feuille, une fleur, etc... C'est pourquoi le décalage de la phénologie « protège » la vigne des gelées tardives.

## 2.5 Effets des modalités de taille sur les paramètres agro-œnologique

### 2.5.1 Influence sur la phénologie de la vigne

La date de la taille est un paramètre affectant la phénologie de la vigne (**figure 9** ci-dessous). Une taille tardive « décale » en effet la phénologie de quelques jours par rapport à une taille précoce. De nombreux travaux conduits sur différents cépages confortent ce constat. D'après Martin et al. (2000), le décalage est de 5 jours pour le débourrement et la floraison et de 4 jours pour la véraison. Même si ce décalage de la phénologie de la vigne tend à diminuer au fur et à mesure du cycle végétatif, des différences persistent jusqu'à la maturité technologique.



**Figure 9 : Influence d'une taille retardée sur la floraison et la véraison (Friend, A.P., 2005)**

Le décalage du débourrement est certainement dû à la dominance apicale qui inhibe le développement des bourgeons de la base du rameau. Lors de la taille, cette dominance est levée ce qui permet aux bourgeons conservés par le tailleur de se développer dès que les conditions de luminosité et de températures sont favorables (FRIEND, A. P., & TROUGHT, M. C. T., 2007). Il a par ailleurs été montré que des tailles peu sévères (laissant beaucoup de bourgeons) entraînent une inhibition du développement des bourgeons basaux, selon le même principe de dominance apicale (Howell, G.S. and Wolpert, J.A., 1978).

### 2.5.2 Effets sur le rendement

Le rendement est un paramètre multifactoriel dépendant à la fois du nombre d'inflorescences par bourgeon, du nombre de bourgeons conservés à la taille, du taux de débourrement, du nombre de baies par grappe ou encore de la taille des baies (Molitor et al., 2017). Ainsi, les modalités de taille « Guyot » et « Médoc », conférant des quantités dissemblables de bourgeons aux ceps, sont susceptibles de générer des rendements différents.

Certains de ces facteurs peuvent être modulés par le vigneron, tandis que d'autres sont directement liés à l'environnement des pieds de vigne l'année N tout comme l'année N-1. Il a en effet été montré que la fertilité des bourgeons et le nombre de baies par grappe dépendent des conditions hydriques et de la nutrition azotée de l'année N-1 (Guilpart et al., 2014). Il faut donc rester prudent lors de l'étude des rendements et intégrer l'ensemble des paramètres pour conclure sur l'effet d'une modalité de taille.

	WPA <sup>a</sup>	LWPC	LWPG	LWPH	Sig <sup>b</sup>	WPA	LWPF	LWPG	LWPH	Sig
No. berries/cluster	212 a	223 a	132 b	110 b	**	194 a	173 a	113 b	88 b	***
Cluster weight (g)	270 a	317 a	180 b	158 b	*	256 a	228 a	151 b	122 b	***
Berry weight (g)	1.27 b	1.42 a	1.37 ab	1.44 a	*	1.32	1.32	1.34	1.39	ns
No. clusters/vine	14 a	15 a	10 ab	6 b	*	15	16	18	13	ns
No. shoots/vine	13	14	11	14	ns	13	17	16	17	ns
No. clusters/shoot	1.1 a	1.1 a	0.9 a	0.4 b	**	1.2	0.9	1.1	0.8	ns
Yield (Y)/vine (kg)	3.78 a	4.76 a	1.80 b	0.95 c	**	3.84 a	3.65 a	2.72 ab	1.59 b	*
Leaf area (LA)/vine (m <sup>2</sup> )	4.70	5.29	5.02	6.50	ns	5.10	5.31	4.47	3.86	ns
LA/Y (m <sup>2</sup> /kg)	1.31	1.11	2.79	6.84		1.29	1.49	1.64	2.31	

<sup>a</sup>WPA, LWPC, LWPF, LWPG and LWPH stand for winter pruning at stage A and late winter pruning at stage C, F, G and H, respectively.

<sup>b</sup>Significance level; data were analyzed with one-way Anova; \*, \*\*, \*\*\*, ns: significant at p ≤ 0.05, p ≤ 0.01, p ≤ 0.001 or not significant, respectively.

When differences among treatments were significant, the S-N-K method was used to separate the means; different letters (a, b, c) represent different means at p ≤ 0.05.

**Tableau 1 : Effets de différentes date de taille à 5 stades phénologiques différents (WPA : bourgeon dormant, LWPC : rameau vert, LWPF : inflorescences visibles, LWPG : inflorescences séparées et LWPH : boutons floraux séparés) sur les composantes du rendement (Zheng et al., 2017)**

La date de taille peut avoir un effet sur le rendement et la composition des baies, particulièrement lorsqu'il s'agit de taille très tardive, au stade bouton floraux séparés (**Tableau 1**). Par ailleurs, les gelées de Printemps pouvant être dévastatrices, les tailles tardives peuvent contribuer à un meilleur rendement (Friend, A.P., 2005).

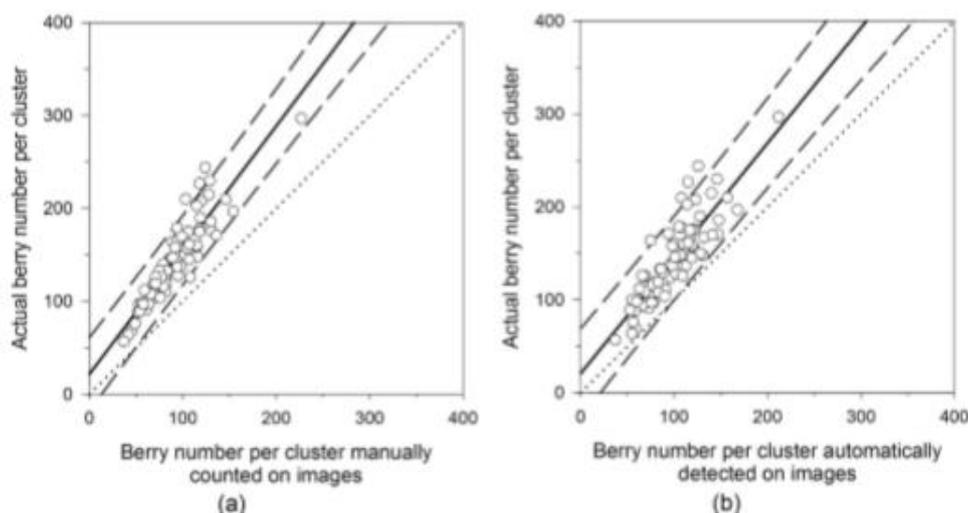
En particulier, le taux de nouaison est une composante du rendement susceptible de varier avec la date de taille. Le décalage de la phénologie de la vigne induit par une date de taille tardive peut éventuellement diminuer l'effet du froid sur le taux de nouaison. En effet, ce dernier dépend principalement des conditions climatiques à la floraison (Maigre et al., 2002). Ainsi, le métabolisme des fleurs de vigne peut-être perturbé par le froid, entraînant l'abscission et la diminution du taux de nouaison (Sawicki 2015). Des carences en sucres dues au froid durant la floraison peuvent entraîner un développement anormal des ovaires causant un phénomène de coulure.

L'estimation non destructive du taux de nouaison *in situ* a fait l'objet de nombreux travaux (Diogo et al., 2015 Milan et al., 2016, Aquino et al., 2017). Le traitement informatique d'image permet en effet depuis plusieurs années d'estimer le nombre de fleurs par inflorescence autant que le nombre de baies par grappe sur la base de photographies prises à la parcelle. Des modèles de précisions variables ont été établis par Milan et al., 2016 afin de prédire le nombre effectif de fleurs par inflorescence sur la base du nombre de fleurs observables sur une photo (voir **Annexe 2**). Il n'existe cependant pas de modèle spécifique au Sauvignon blanc dans l'état actuel des connaissances. L'estimation du taux de nouaison pour ce cépage doit donc faire appel à un modèle général présentant des corrélations variables selon les cépages ( $R^2=0,34$  pour le Touriga Nacional et  $R^2=0,98$  pour le Cabernet-Sauvignon) mais somme toute une corrélation honorable tous cépages confondus ( $R^2=0,91$ ).

L'estimation du nombre de baies par grappe sur photographie peut être réalisé « manuellement » ou grâce à des algorithmes de traitement d'image. Ces deux méthodes ne présentent pas la même corrélation (respectivement  $R^2=0,829$  et  $R^2=0,749$ ) avec le nombre effectif de baies par grappe (Aquino et al., 2017)(voir **figure 10** ci-après). Sur la bases des travaux d'Aquino et al., 2017, la relation suivante a été établie en se basant sur le comptage manuel des baies :

$$NB_{réel} = 1,33 * NB_{visible} + 22,3 (R^2=0,829)$$

NB<sub>réel</sub> : Nombre de baies réelles / grappe  
NB<sub>visible</sub> : Nombre de baies visibles / grappe

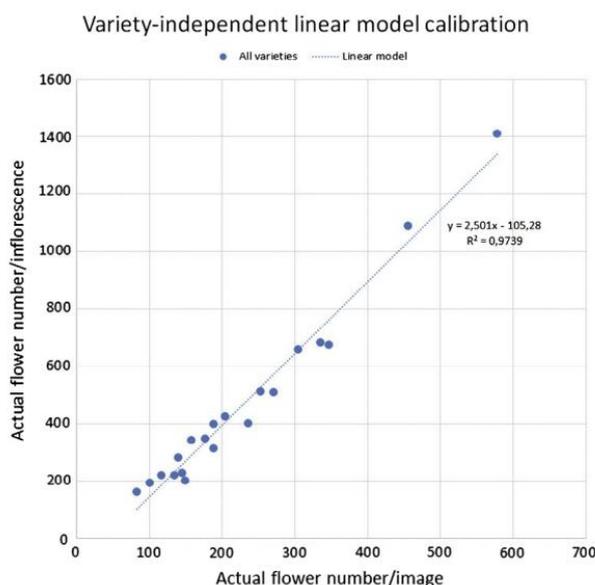


**Figure 10 : Etude de la corrélation linéaire entre le nombre de baies détectables sur une image et le nombre total de baie par grappe (Aquino et al., 2017)**

De même, l'estimation du nombre de fleurs par inflorescence par un comptage manuel de baies sur photographie peut être réalisée grâce à la relation suivante (obtenue à partir de la **figure 11** ci-dessous) :

$$NBF_{\text{réel}} = 2.5 * NBF_{\text{visible}} - 105,28 \quad (R^2=0,97)$$

NBF<sub>réel</sub> : Nombre de boutons floraux réels / inflorescence  
 NBF<sub>visible</sub> : Nombre de boutons floraux visibles / inflorescence



**Figure 11 : Représentation graphique du nombre effectif de fleur par inflorescence en fonction du nombre estimé de fleur par inflorescence par comptage manuel (Aquino al., 2015)**

### 2.5.3 Effets sur la vigueur de la vigne

L'expression végétative et la vigueur de la vigne sont directement corrélées à la charge de bourgeons laissée à la taille (Magalhães, N., 2008.) Le type de taille appliqué à la vigne a de ce fait, en théorie, un fort impact sur la vigueur et une taille adaptée permet de la contrôler chez les cépages les plus vigoureux. Une vigueur équilibrée permet une meilleure allocation des composés carbonés dans la plante et pourrait permettre une meilleure différenciation des inflorescences (Hidalgo, L., 1999).

Une taille laissant davantage d'yeux (par exemple la taille Guyot au détriment de la taille Médoc), régule l'expression végétative, crée un microclimat favorable, facilite la maturation des grappes et assure une meilleure productivité pour le prochain cycle végétatif (Magalhães, N., 2008).

La vigueur de la vigne est une notion multi-composite pouvant être évalué à l'aide de différents paramètres tels que le poids des bois de taille, la surface foliaire exposée, la taille des rameaux ou encore le diamètre du tronc. Selon Tregoat et al., 2001, la surface foliaire moyenne est également un bon moyen pour estimer la vigueur de la vigne. Les différentes méthodes « historiques » existantes pour mesurer la surface foliaire, sont chronophages et fastidieuses (Tregoat et al., 2001). Il est en revanche possible d'estimer précisément et rapidement des surfaces foliaires par analyse numérique. L'utilisation du logiciel de traitement d'image ImageJ permet notamment de réaliser de telles mesures (Easlon, 2014).

#### 2.5.4 Effets sur la maturation des baies

Comme indiqué précédemment, la sévérité de la taille peut conduire à une plus ou moins bonne maturation des grappes. En effet, si la vigueur n'est pas maîtrisée (cas d'une taille trop sévère), les composés carbonés sont davantage alloués aux jeunes feuilles qu'aux grappes (Branas, J., 1974). Cela peut conduire à un retard de maturité technologique, à une date de vendange retardée et ainsi potentiellement à une plus forte exposition à la pourriture grise dans les régions humides. Par ailleurs, la taille tardive causant un retard de phénologie, il est probable d'observer des décalages

de la maturité technologique des baies entre les tailles précoces et tardives.

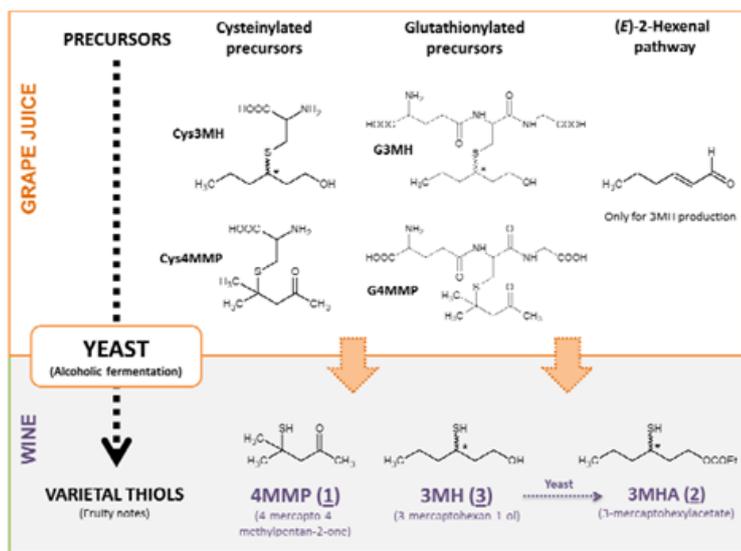


Figure 12 : Voies de biogénèse de thioles variétaux dans les vins (Source : Rolland et al., 2012)

Les baies et les moûts de Sauvignon blanc avant fermentation ne présentent pas d'arômes particuliers car les thioles variétaux du cépages sont sous forme de précurseurs non volatils (Rolland et al., 2012). Ces précurseurs correspondent à des thioles variétaux du Sauvignon blanc cystéinylés ou glutathionylés identifiés respectivement par Tominga et al. (1995) et Peyrot des Gachons et al. (2002). Lors de la fermentation alcoolique, les précurseurs sont dégradés par les levures, libérant ainsi dans les moûts les thioles variétaux aromatiques (voir figure 12 ci-contre).

D'après Peyrot des Gachons et al. (2000), l'évolution des teneurs en précurseur de thioles dans la vigne dépend de la contrainte hydrique, de la fertilisation azotée et du site d'implantation (terroir). Il précise que l'effet millésime est également très important. En outre, peu d'études et d'analyses ont été réalisées sur ces précurseurs pour des raisons de coût et de praticité. Néanmoins, le mode et la date de taille ayant un effet sur la maturité technologique, il n'est pas impossible qu'ils impactent également la maturité aromatique.

#### 2.5.5 Effets sur les composés phénoliques

Les composés phénoliques du raisin jouent un rôle dans la floraison, la croissance de la vigne et la protection contre les UV notamment (Weidner et al., 1996). Ils peuvent également être

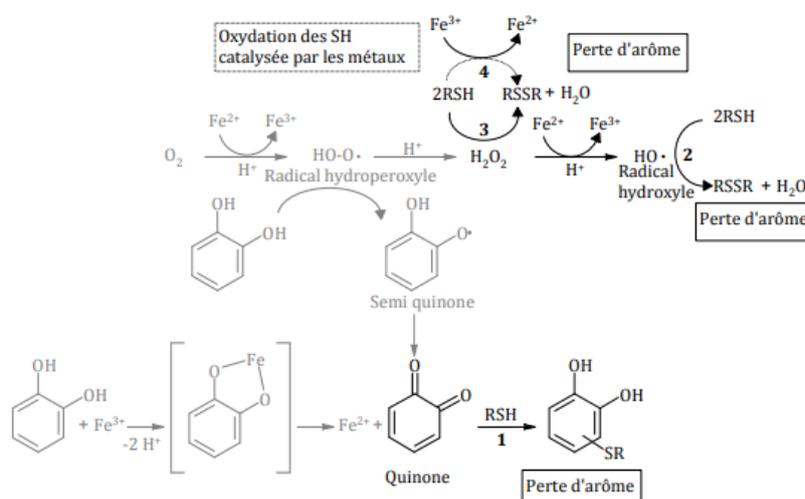
synthétisés en réponses à des stress biotiques ou abiotiques (Khater, 2011). Ainsi, les différents micro-climats générés par différentes modalités de taille sont peut-être susceptibles de modifier les teneurs en composés phénoliques, notamment les acides phénols et flavanols, impliqués dans la coloration et le profil organoleptique des vins (Khater, 2011).

### 2.5.6 Effets sur la qualité organoleptique des vins

Comme explicité ci-dessus, la date et le mode de taille jouent peut-être un rôle dans les teneurs et composition en précurseurs de thiols des baies de Sauvignon blanc. Selon la modalité de taille, il est donc possible d'observer des profils aromatiques (thiolés) différents.

Les composés thiolés sont très sensibles à l'oxydation (Dubourdieu et Lavigne, 1990) et il semblerait que l'oxydation de certains composés phénoliques « catalyse » l'oxydation des thiols de Sauvignon blanc (Herbst et al., 2008). D'après Blanchard et al. (2004), la dissolution de l'oxygène n'altère pas directement les composés thiolés mais oxyde notamment catéchine et épicatechine réagissant avec le 3-SH (voir **figure 13** ci-après).

Les composés phénoliques oxydables jouent donc un rôle dans l'oxydation des arômes thiolés et il semble intéressant de suivre si différentes modalités de taille présentent ou non différentes teneurs en ces composés.



**Figure 13 : Voies hypothétiques de la dégradation des thiols volatils (RSH) dans les conditions du vin (Nikolantonaki 2010)**

## 2.6 Echantillonnage

Les travaux de Bazot et al., 2014 sur la culture de *Miscanthus* ont montré que l'utilisation de placettes n'est pas bien adapté à l'estimation des rendements. Selon cette étude, l'écart entre l'estimation des rendements via un système de placettes et le rendement effectif est de 44%.



**Figure 14 : De gauche à droite : Echantillonnage systématique non aligné, Echantillonnage aléatoire et Echantillonnage stratifié (Keersmaecker, 1987 et Vaillant, 1996)**

Il semblerait en revanche que l'utilisation d'un plan d'échantillonnage systématique soit bien adapté aux parcelles présentant des sols hétérogènes et en l'absence d'information sur la variabilité de la variable étudiée (Froger *et al.*, 2016). Ce type d'échantillonnage consiste à séparer les différentes unités statistiques de manière régulière. Plus précisément, le sondage systématique non-aligné s'est révélé plus performant que le sondage aléatoire ou stratifié (Milne, 1959).

### 3° Matériels et méthodes

#### 3.1 Organisation de l'expérimentation

##### 3.1.1 Organisation des modalités de taille sur la parcelle 110.

La parcelle 110 possède une partie expérimentale et une partie destinée exclusivement à la production. Elle est de ce fait divisée en plusieurs sous-parcelles (voir **figure 15** ci-après) :

- **La partie Ouest (50 rangs)** non sujette à l'expérimentation, conduite comme les autres parcelles de blanc, destinée uniquement à la production.
- **La partie expérimentale (80 rangs)** où se situent les quatre modalités de taille (Guyot Précoce, Guyot Tardif, Médoc Précoce, Médoc Tardif), chacune étant répétée 2 fois.
- **La partie OFF (11 rangs)** à l'est, où se trouvent notamment quelques pieds de Sémillon.



**Figure 15 : Organisation de la parcelle expérimentale (réalisation personnelle sur [geoportail.gouv.fr](http://geoportail.gouv.fr))**

Chaque modalité de taille est réalisée sur 10 rangs consécutifs, clairement identifiés en bout de rang à l'aide de plaquettes descriptives. L'alternance des modalités tardives et précoces permet de s'affranchir d'une éventuelle variabilité spatiale concernant les mesures relatives à la date de taille.

Par ailleurs, du fait de la forme géométrique non régulière de la parcelle 110, les différentes modalités de taille présentent des surfaces dissemblables. Si cette particularité n'affecte en rien les mesures ou analyses effectuées à l'échelle du pied, il n'en est pas de même pour celles réalisées à l'échelle de la parcelle (tel que le rendement par hectare).

Pour y remédier, il est donc impératif de connaître avec précision la surface représentée par chaque modalité de taille. Pour ce faire, un arpentage est effectué autour de chacune des « répétitions » à l'aide d'un appareil dédié (Trimble TDC 150).

##### 3.1.2 Plan de mesure pour le suivi de vigueur et rendement

Sur la base de l'étude préliminaire sur les plans d'échantillonnage, il a été décidé d'opter pour un échantillonnage systématique non aligné. D'après les besoins statistiques des différentes

mesures réalisées sur la parcelle (voir **3.2**, **3.3** et **3.4**), il a été établi que 32 pieds par modalité (soit 16 pieds par répétition) suffisent à leur bon déroulement.

En outre, pour des raisons de praticité d'échantillonnage et dans l'optique d'optimiser les temps de parcours de l'opérateur, seules 2 paires de 2 rangs consécutifs sont sélectionnées par répétition pour y « placer » les pieds expérimentaux. Les rangs de bordure sont exclus de l'échantillonnage et il a été décidé arbitrairement d'utiliser les paires de rangs 3&4 et 7&8 (parmi les 10), jugées bien représentatives des répétitions (voir **Annexe 3**). Enfin, au sein de chaque paire de rangs, les 4 premiers pieds de bordure sont exclus.

Chaque « paire de rangs expérimentaux » de la parcelle 110 a par la suite été numériquement subdivisée en 8 mailles de surface identique (voir **Annexe 4**). Au sein de chaque maille, un pied a été sélectionné aléatoirement (calculs réalisés sous Excel) et marqué comme « pied expérimental » : sa vigueur sera étudiée et son rendement estimé. Lorsque le pied tiré aléatoirement correspondait à un manquant ou un jeune plantier, le pied mitoyen a été sélectionné. 32 pieds expérimentaux par modalité de taille sont ainsi obtenus, répartis semi-aléatoirement au sein des répétitions.

### 3.1.3 Plan d'échantillonnage pour le suivi de la maturation

Concernant le suivi de la maturation, un plan d'échantillonnage différent a été mis en place. Il paraissait en effet peu pertinent d'échantillonner les 400 baies nécessaires aux contrôles maturité ou aux analyses de thiols et phénols (voir **3.5**) uniquement sur les 32 pieds expérimentaux. L'échantillonnage a donc lieu aléatoirement dans chaque paire de rang sélectionnée par répétition (voir **3.1.2**). Par ailleurs, les baies sont prélevées :

- Sur des positions variables sur la grappe.
- Sur des grappes de rangs différents sur le rameau.
- Sur des rameaux de rangs différents sur les baguettes.
- Alternativement sur les faces Est et Ouest des rangs.

## 3.2 Suivi de la phénologie

Certaines mesures (taux de nouaison, surface foliaire) doivent être réalisées à des stades phénologiques précis. Le suivi de la phénologie permet donc de déterminer les jours calendaires pour lesquels les mesures en question doivent être effectuées.

Pour chaque modalité de taille, le suivi de la phénologie s'effectue sur 8 pieds sélectionnés le long de 2 rangs distincts. Les méthodes de suivi ont été empruntées à l'IFV. 4 stades phénologiques sont suivis :

- **Mi-floraison** : Une fleur est considérée comme ouverte lorsque la base du capuchon est détachée, que celui-ci tombe ou non. Pour chaque pied, un taux de floraison moyen est estimé. 2 comptages par semaines sont réalisés entre le début (1%) et la mi-floraison (50%).
- **Nouaison** : Une grappe est à nouaison lorsque 50% des jeunes baies ont un diamètre supérieur à 2 mm. 2 comptages par semaines sont réalisés à partir de 80% floraison.
- **Fermeture de grappe** : Une grappe est considérée comme fermée quand les baies sont assez grosses pour être en contact les unes avec les autres. Les observations débutent dès la fin de la nouaison.
- **Mi-véraison** : Une baie est considérée comme verrée lorsqu'elle devient molle. Un examen tactile *in situ* des grappes est donc nécessaire. Il est important de réaliser les observations à la même heure, de préférence le matin. 1 comptage par semaine est effectué entre le début (1%) et la mi-véraison (50%)

### 3.3 Suivi de la vigueur

#### 3.3.1 Longueur des rameaux (Source DRAAF Nord Aquitaine)

Le suivi de la longueur des rameaux est le premier indicateur de vigueur. Initialement, le suivi devait être réalisé sur 10 pieds par répétition. Cependant, en raison des risques importants de casse (tempêtes, orages, relevage, tracteurs), il est impératif d'ajouter 30% de pieds supplémentaires, pour un total de 13 pieds par répétition (protocole interne). Sur chacun des 13 pieds, un rameau est sélectionné et identifié à l'aide d'un collier. La sélection n'est pas aléatoire : des rameaux de rangs différents sur les baguettes (ou les coursons) sont alternativement sélectionnés. Par ailleurs, l'orientation des baguettes est alternativement Nord puis Sud (**figure 16** ci-après).

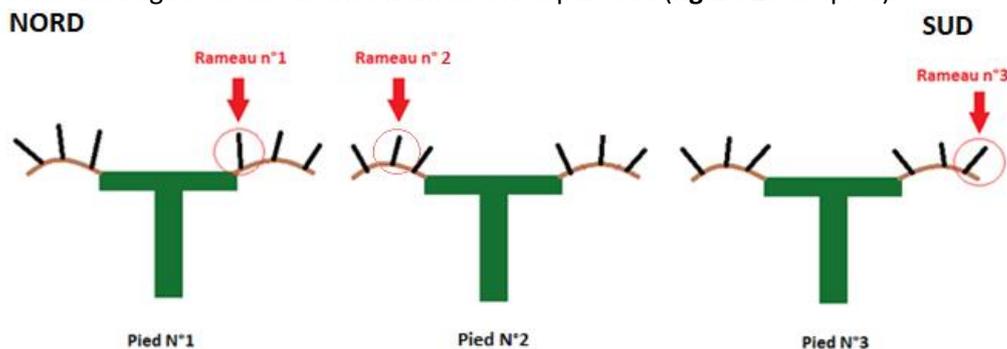


Figure 16 : Alternance du choix des rameaux pour la mesure de longueur (réalisation personnelle)

Les rameaux sélectionnés sont attachés au fil de pliage au fur et à mesure de leur croissance. Une mesure est effectuée tous les 15 jours entre le début de la floraison et la fin de croissance des rameaux. Cette dernière peut être considérée comme achevée dès lors que l'allongement moyen journalier devient inférieur à 0,2 cm (Koundouras et al., 1999). La mesure doit se faire depuis la base du rameau jusqu'à son apex.

#### 3.3.2 Surface foliaire

Pour la mesure de surface foliaire, 13 pieds de vigne sont choisis aléatoirement par modalité de taille. Sur chacun de ces ceps, un rameau est sélectionné et identifié en prenant soin de sélectionner des rameaux ayant des positions différentes sur les baguettes (voir 3.3.1).

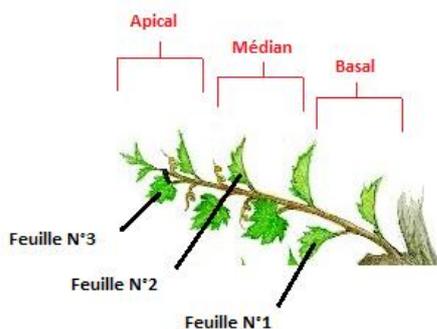


Figure 17 : Sélection des feuilles échantillonnées le long d'un rameau identifié (réalisation personnelle)

Sur chacun des rameaux ainsi sélectionnés, 3 feuilles sont échantillonnées parmi les 3 différentes zones du rameau : basale, médiane et apicale (voir Figure 17 ci-dessous). Ce mode d'échantillonnage permet une bonne corrélation ( $R^2=0,89$ ) avec la surface foliaire moyenne effective du rameau (Carbonneau, 1976). Il est décidé arbitrairement que chacune de ces feuilles sera la plus médiane de la zone concernée. Ainsi par exemple, la première feuille prélevée (Feuille N°1 sur la **figure 17**), sera la feuille située « au milieu » de la zone basale.

Contrairement à la mesure de longueur des rameaux, la mesure de surface foliaire est réalisée à des stades phénologiques précis (et non à des jours calendaires fixés). Ainsi sont obtenus un premier indicateur dépendant de l'avancée du calendrier et un second du cycle végétatif de la vigne. 3 échantillonnages distincts sont effectués à 3 stades phénologiques différents : mi-floraison, fermeture de la grappe et mi-véraison.

Les feuilles sont prélevées, placées dans des pochettes plastiques puis scannées. La surface de chaque feuille est alors obtenue rapidement grâce au logiciel de traitement d'image ImageJ et aux macros élaborées par l'INRA (voir **Annexe 5**).

### 3.4 Estimation du rendement

#### 3.4.1 Principe

Il existe de nombreuses manières d'estimer le rendement d'une parcelle (ou d'une modalité). Il est d'abord possible d'utiliser l'un des nombreux estimateurs du rendement (poids d'une grappe, nombre de baies, etc...) qui renseignent sur le rendement potentiel d'une parcelle à un instant t du cycle végétatif. D'autre part, le rendement effectif peut-être directement obtenu lors de la vendange en mesurant le poids total des baies et/ou le volume en jus obtenu.

La connaissance des estimateurs du rendement peut permettre d'expliquer d'éventuelles variations de rendements effectifs. Par conséquent, il est nécessaire de procéder à la fois au calcul précis du rendement après vendange et à l'estimation de ce dernier pour les différentes modalités de taille. Parallèlement, le nombre de rameaux/pied, susceptible d'expliquer en partie les résultats, sera suivi.

#### 3.4.2 Estimateurs du rendement

De nombreux estimateurs du rendement de la vigne ont été établis par différents auteurs et il n'était raisonnablement pas envisageable de tous les étudier dans le cadre de cette étude. Des estimateurs non destructifs autant que fiables et pratiques à mettre en œuvre ont été sélectionnés.

##### 3.4.2.1 Taux de nouaison

L'estimation du taux de nouaison nécessite la quantification du nombre de boutons floraux par inflorescence au stade « boutons floraux séparés » puis du nombre de baies par grappe à l'issue de la nouaison (environ 30 jours après nouaison). Les comptages sont effectués sur 12 pieds expérimentaux par modalité de taille, à raison de 2 inflorescences/pied. Sur chacun de ces pieds, le rameau portant les inflorescences est sélectionné selon la méthode décrite en **3.3.1**. Afin de limiter le biais lié à leurs positions sur le rameau, seules les inflorescences de rang 1 sont étudiées pour l'estimation du taux de nouaison.

La quantification consiste dans un premier temps à photographier les inflorescences *in situ* sur fond blanc. Puis, le comptage du nombre de boutons floraux ou du nombre de baies est accompli numériquement grâce au logiciel ImageJ (voir **Annexe 6**).

Les données ainsi obtenues ne correspondent pas au nombre réel de boutons floraux par inflorescence (ou nombre de baies réelles par grappe) mais au nombre de boutons floraux (ou de baies) visibles sur la photo. De nombreux travaux de recherche ont été menés à ce sujet, et des corrélations ont pu être établies entre nombre de boutons floraux (ou baies) visibles et réels (voir **2.5.2**):

Aquino et al., 2017 :  $NB_{réel} = 1,33 * NB_{visible} + 22,3 (R^2=0,83)$

$NB_{réel}$  : Nombre de baies réelles / grappe  
 $NB_{visible}$  : Nombre de baies visibles / grappe

Aquino et al. 2015 :  $NBF_{réel} = 2,5 * NBF_{visible} - 105,28 (R^2=0,97)$

$NBF_{réel}$  : Nombre de boutons floraux réels / inflorescence  
 $NBF_{visible}$  : Nombre de boutons floraux visibles / inflorescence

##### 3.4.2.2 Charge en grappes

L'étude de la charge en grappes par cep permet d'estimer si des modalités de taille différentes induisent des fertilités divergentes. Il est intéressant de la comparer à la charge en grappe par rameau. En effet cela permet de comprendre, à l'échelle du pied, si un nombre plus faible de

rameaux est compensé par une charge par rameau supérieure, de sorte que la charge en grappe par pied soit globalement stable.

Pour le millésime 2019 à Château Margaux, il n'y a pas d'éclaircissage opéré sur les blancs car il a été estimé par l'équipe technique que la charge était en accord avec les objectifs de qualité et de rendement. Il n'est donc pas nécessaire de réaliser plusieurs comptages de charge en grappe. L'évaluation des charges en grappes par rameau et par cep a ainsi lieu au stade fermeture de grappe.

Le comptage est effectué sur l'ensemble des pieds expérimentaux (16) de chaque répétition. Seules sont comptabilisées les grappes issues de rameaux primaires : les grappillons originaires de rameaux secondaires ne sont pas pris en compte. En ce qui concerne la charge par rameau, le comptage n'est réalisé que sur les rameaux délibérément laissés après les opérations de taille, ébourgeonnage et épamprages. Les éventuels pampres qui se seraient développées ultérieurement ne sont pas considérées en tant que rameaux.

#### 3.4.2.3 Nombre de baies par grappe

Le nombre de baies par grappe est un bon estimateur du rendement qui vient compléter l'information apportée par la charge en grappe. Le comptage est concomitant avec l'estimation du nombre de baies par grappe pour le taux de nouaison (voir **3.4.2.1**).

### 3.4.3 Rendements effectifs

#### 3.4.3.1 Rendement massique

Pour chaque modalité de taille, le rendement massique effectif s'obtient grâce à la pesée de la vendange. En arrivant au chai, les grappes sont entreposées dans des cagettes empilées sur des palettes. Ces dernières sont systématiquement pesées avant pressurage grâce à une balance intégrée aux chariots élévateurs.

La somme des masses nettes des différentes palettes renseigne sur la masse totale en raisin pour chaque modalité de taille. Pour obtenir le rendement, il est nécessaire de connaître avec précision la surface de chaque modalité de taille. C'est pourquoi ces dernières ont été arpentées à l'aide d'un arpenteur Trimble et du logiciel Arpentgis.

#### 3.4.3.2 Rendement volumique

Pour chaque modalité de taille, le rendement volumique effectif est obtenu par lecture à la cuve du volume de jus obtenu après pressurage. Les surfaces de modalités de taille utilisées sont identiques à celles estimées dans le **3.4.3.1**.

Précisons que le pressurage des Blancs au Château Margaux est piloté en fonction de la variation de pH entre le jus initial et la fin du pressurage. Ce  $\Delta\text{pH}$  ne doit pas excéder 0.4, auquel cas le pressurage est interrompu. Il est donc possible que les rendements volumiques soient légèrement biaisés si l'augmentation du pH empêche le pressurage d'aller à son terme. Il est néanmoins possible de comparer les « rendements volumiques en jus qualitatifs » entre modalité de taille.

## 3.5 Suivi de la maturation et composition des baies

### 3.5.1 Analyse physico-chimique de la maturation

Le suivi de la maturation lors des semaines précédant la maturité demande un protocole d'échantillonnage rigoureux (voir **3.1.3**). Ce suivi consiste à mesurer le pH et à analyser la concentration en sucres, acides et azote assimilable à différentes reprises.

400 baies sont échantillonnées par modalité de taille (200 par répétition) puis pressées et filtrées (à l'aide d'un tamis) aussi rapidement que possible. Le jus obtenu après filtration est aussitôt analysé :

- Mesure du pH à l'aide d'un pH-mètre.

- Mesure de la densité et de la température à l'aide d'un densimètre électronique DMA 35 d'Anton Paar.
- Mesure de l'acidité totale par titrage au NaOH en présence de Bleu de Bromothymol.
- Mesure des concentrations en azote assimilable et en acide malique par réaction enzymatique dans un analyseur séquentiel (Mini-Analyser, Oenolab Diagnostics) après centrifugation.

La densité obtenue par lecture sur le densimètre électronique est corrigée en fonction de la température grâce aux tables de correction (voir **Annexe 7**). Il est alors possible d'obtenir la concentration en sucres et le TAP correspondants grâce aux tables de concordances dédiées (voir **Annexe 8**).

### 3.5.2 Maturation aromatique

#### 3.5.2.1 Précurseurs de thiols

L'analyse de précurseurs de thiols doit être réalisée impérativement avant la fermentation alcoolique (chaque modalité de taille est pressurée puis vinifiée séparément). Au cours du pressurage, les intrants suivants sont additionnés : SO<sub>2</sub> (4g/hL) et enzymes Lafazym-CL à 0,5 g/hL. Un échantillon de 125 mL a été prélevé par modalité de taille à l'issue du pressurage.

L'analyse de précurseurs de thiols porte sur le 3-MH-Glu, le 3-MH-Cys et le 4 MMP-Cys. Les analyses sont réalisées par le laboratoire SARCO par chromatographie liquide et spectroscopie de masse.

#### 3.5.2.2 Thiols volatils

Il semble pertinent de comparer les teneurs en précurseurs de thiols dans les raisins et en composés thiolés dans les moûts après fermentation. Les moûts obtenus pour chaque modalité de taille suivent un itinéraire de vinification identique :

- Décantation statique à froid pendant 24h (12°C).
- Levurage par Zymaflore VL1 à 20g/hL
- Début de la fermentation alcoolique en cuve.
- Transfert en barriques bordelaises lorsque la densité passe sous la barre des 1,070.
- Fin de fermentation en barriques puis élevage sur lies.

Les prélèvements de moûts sont effectués quelques jours après la fin de la fermentation alcoolique. Il est nécessaire de prélever un échantillon pour chaque barrique afin d'obtenir un échantillon « global » tenant compte d'une éventuelle variabilité entre barriques. L'analyse de thiols volatils est réalisée par le laboratoire SARCO par HPLC et fluorescence. Les composés dosés sont le 4-MMP, le 3-MH et le 3-MHA.

### 3.5.3 Teneur en phénols

Le protocole d'échantillonnage pour les composés phénoliques est identique à celui du suivi de maturation « classique » (voir **3.5.1**). L'intérêt est de suivre l'évolution de la teneur globale en composés phénoliques dans les semaines précédant la maturité. Une analyse d'IPT (Densité Optique à 280 nm) est ainsi réalisée à l'aide du NOMASENSE POLYSCAN P200 sur les jus obtenus par pressage des échantillons.

Il n'y a pas de macération pelliculaire lors de la vinification des blancs à Château Margaux, il n'est donc pas pertinent de réaliser une extraction des polyphénols de la pellicule comme sur les raisins noirs.

3 analyses sont réalisées :

- 2 semaines avant maturité
- 1 semaine avant maturité
- Quelques jours avant maturité

En compléments des analyses d'IPT, les teneurs en « composés phénoliques facilement oxydables » (Indice EasyOX) sont suivies grâce au NOMASENSE POLYSCAN P200 de Vinventions lors des contrôles de la maturité.

#### 3.5.4 Analyse sensorielle

L'objectif est de détecter d'éventuelles différences de maturation des baies selon les modalités de taille. Pour ce faire, l'analyse sensorielle est pratiquée en utilisant des descripteurs ayant une bonne corrélation avec l'avancée de la maturation (par exemple l'acidité des baies qui diminue avec la maturation).

L'analyse sensorielle des baies ne se substitue pas à leur analyse chimique mais apporte des informations complémentaires (Rousseau et al., 2000). Un protocole d'analyse sensorielle a ainsi été élaboré. L'analyse est segmentée en 4 sous parties : examen visuel et tactile des baies, dégustation de la pulpe, dégustation de la pellicule et enfin examen visuel et tactile des pépins.

Dans les semaines précédant la maturité des baies, 3 analyses sont effectuées avec un contingent de 7 à 10 dégustateurs. Pour chaque modalité de taille, un lot de 3 baies est aléatoirement prélevé par opérateur. Les baies sont prélevées sur la même face de chaque rang. Chaque prélèvement sera répété 2 fois.

Lors de chaque session d'analyses, les opérateurs se voient remettre des grilles d'analyse (**Annexe 9**) ainsi qu'un protocole descriptif (**Annexe 10**). A l'issue de chaque session, chaque opérateur établit un classement des lots de baies dégustés, du plus ou moins mur. En comparant les différents classements obtenus, ou via la réalisation de profils sensoriels, il est alors possible d'évaluer s'il existe ou non une différence de maturation entre modalités de taille.

### 3.6 Traitement statistique des données

Les différents résultats obtenus, à l'exception de ceux provenant d'analyse en laboratoire, font l'objet d'un traitement statistique pour tester la significativité des variations observées. Les résultats de ces différents tests sont disponibles en annexes. Les estimateurs de vigueur (croissance des rameaux et surface foliaire) sont traités par ANOVA à deux facteurs à mesures répétées sous R et Excel Stats. Les estimations du taux de nouaison et de la charge en grappe font quant à elles l'objet d'une ANOVA à deux facteurs sous R. Enfin, l'analyse sensorielle est traitée statistiquement par le test de classement de Friedman, considéré comme bien adapté pour l'analyse de dégustations.

Des tests préliminaires sont réalisés pour vérifier la validité des ANOVA. Dans un premier temps, la normalité du jeu de données est testée via le test de normalité de Shapiro-Wilk sous R. L'obtention de données suivant une loi normale n'étant pas garantie lors d'expérimentations biologiques, il est parfois nécessaire de les transformer afin d'approcher cette normalité. Dans la présente étude, des transformations logarithmique, racine carré ou puissance ont été utilisées. Dans l'hypothèse où aucune transformation n'aboutirait à la normalisation des données, une ANOVA est néanmoins réalisée en lieu et place d'un test non paramétrique équivalent (Test de Kruskal-Wallis dans le cas de l'ANOVA à deux facteurs), jugé trop peu robuste.

Dans un second temps, il convient de tester l'homogénéité des variances avant la réalisation de l'ANOVA. Il s'agit là d'une condition très importante et il est conseillé de ne pas recourir à l'ANOVA si cette condition n'est pas vérifiée, même après transformation.

Dans le cas d'un jeu de donnée suivant une distribution normale, le test de Bartlett est réalisé sous R pour tester l'homogénéité des variances. Dans le cas contraire, le test de Levene, moins dépendant de la normalité, est utilisé sous R

Enfin, dans les cas où l'ANOVA met en évidence des différences significatives pour un facteur donné, des tests post-hoc de comparaison multiples sont effectués. Un tel test permet d'identifier les groupes qui sont significativement différents les uns des autres. Pour ce faire, le test de Bonferonni sous R peut-être réalisé.

## 4° Résultats et discussion

### 4.1 Suivi de la vigueur

#### 4.1.1 Longueur des rameaux

Entre le 13-mai et le 01-août, 26 rameaux ont été mesurés à 7 dates différentes pour chacune des 4 modalités de taille : Guyot Précoce (PG), Guyot Tardif (TG), Médoc Précoce (PM) et Médoc Tardif (TM). L'espacement entre deux mesures était régulier tout au long de l'expérimentation, de l'ordre de 14 à 15 jours. Les mesures ont débutées au stade « 12 feuilles » pour se terminer au début de la véraison lorsque la croissance journalière est devenue inférieure à 2 cm/jour. La **figure 18** ci-dessous présente l'évolution de la croissance des rameaux durant la période de mesure. Les données ont fait l'objet d'une ANOVA à mesures répétées à deux facteurs (Date de taille : précoce (P) et tardive (T) et mode de taille : Médoc (M) et Guyot (G), voir **Annexe 11 et 12**).

Sur l'ensemble des dates de mesure, les modalités tardives ont une croissance journalière significativement supérieure aux modalités précoce ( $T=1,9\pm 1,35$  cm/j et  $P=1,5\pm 1,24$  cm/j,  $p\text{-value}<0,05$ ). Cet écart est principalement expliqué par l'importante différence entre les modalités « Guyot Tardif » et « Médoc Précoce » ( $TG=2,0\pm 1,39$  cm/j et  $PM=1,4\pm 1,20$  cm/j,  $p\text{-value}<0,01$ ). Il semble donc que l'association d'un mode Guyot avec une date tardive ait un effet amplificateur sur la croissance des rameaux, d'autant plus qu'il n'y a pas d'écart de croissance significatif entre les modalités « Guyot Précoce » et « Guyot Tardif » ( $PG=1,6\pm 1,27$  et  $TG=2,0\pm 1,39$  cm/j,  $p\text{-value}>0,1$ ).

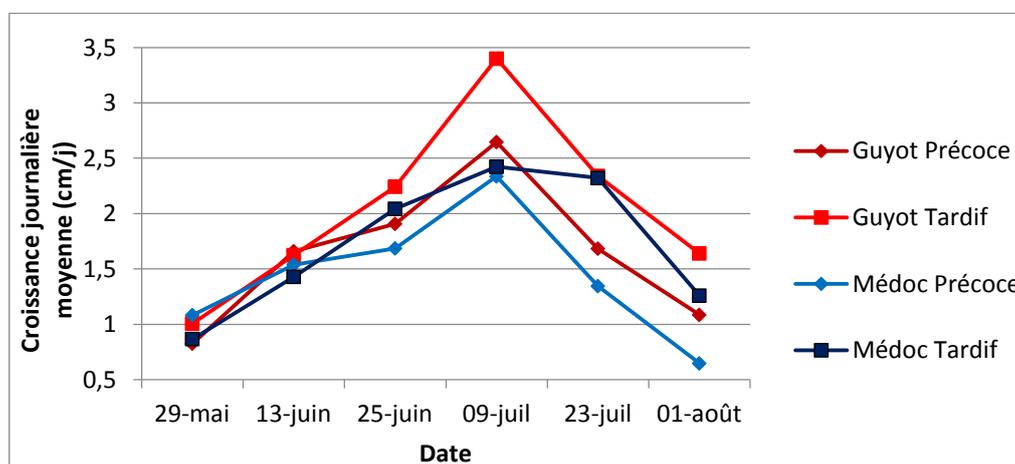


Figure 18 : Evolution de la croissance journalière moyenne entre le 29-mai et le 01-août sur 4 modalités de taille.

En revanche, les résultats ne révèlent aucun effet du mode de taille sur l'ensemble des données du 29-mai au 01-août ( $G=1,85\pm 1,35$  et  $M=1,58\pm 1,26$ ,  $p\text{-value}>0,1$ ). Cependant, un effet significatif du mode de taille apparaît dans la période intermédiaire (entre le 13-juin et le 09-juliet), avec une croissance plus forte en Guyot (G) qu'en Médoc (M) ( $p\text{-value}<0,05$ ). Mais cet effet disparaît à partir du 23-juil à cause de la croissance relativement élevée observée en TM.

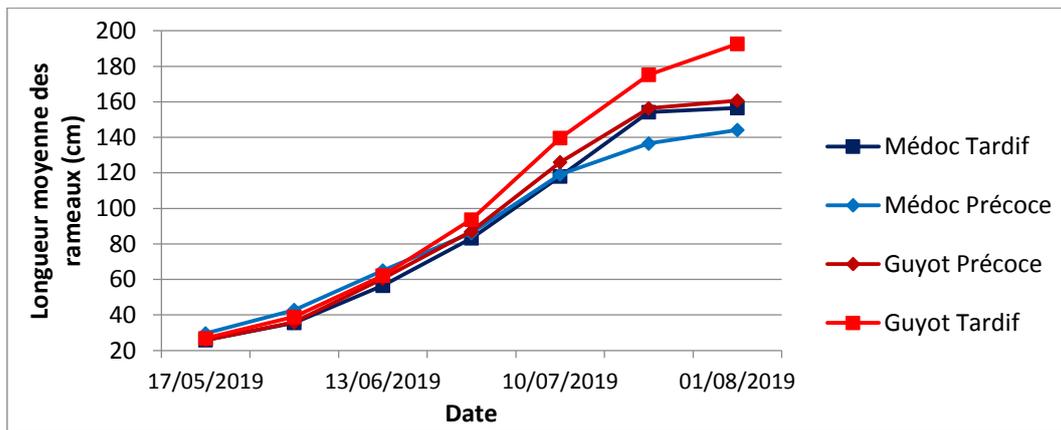


Figure 19 : Evolution de la longueur moyenne des rameaux entre le 17-mai et le 01-août sur 4 modalités de taille.

Pour l'ensemble des modalités de taille, il existe 3 phases distinctes dans l'évolution de la longueur des rameaux : une phase de croissance lente (17-29 mai), une phase de croissance rapide (29 mai-10 juillet) puis une phase de croissance ralentie (10 juillet-01 août). Ces observations sont typiques de la croissance végétative de la vigne (Reynier 2016).

L'analyse de l'évolution de la longueur des rameaux (**figure 19**) montre qu'il n'existe aucune différence significative entre dates ( $p\text{-value}>0,1$ ) ou modes de taille ( $p\text{-value}>0,05$ ) au seuil de significativité de 5% en prenant en considération l'ensemble des dates de l'étude. Toutefois, il s'avère que la longueur finale des rameaux (au 01-août) a été significativement supérieure pour les modalités Guyot ( $G=178\pm 6,2$  cm contre  $M=152\pm 6,9$  cm,  $p\text{-value}<0,05$ ) et dans une moindre mesure pour les modalités tardives ( $T=176,4\pm 6,4$  cm contre  $P=153,5\pm 6,8$  cm,  $p\text{-value}<0,1$ ).

Par ailleurs, la différence de croissance observée entre « Médoc Précoce » et « Guyot Tardif » se traduit aussi en termes de longueur des rameaux. Les longueurs initiales mesurées au 17-mai ne sont pas significativement différentes ( $TG=26,8\pm 1,7$  cm et  $PM=29,7\pm 1,9$ ,  $p\text{-value}>0,05$ ), mais les longueurs finales à la dernière date sont significativement plus élevées pour TG ( $175,3\pm 10,9$  cm) que pour PM ( $137,4\pm 13,3$  cm) ( $p\text{-value}<0,05$ ). Les autres combinaisons de traitements (TM et PG) ont donné des longueurs intermédiaires.

Pour résumer, les résultats semblent indiquer qu'une taille Guyot confère une croissance des rameaux supérieures à une taille Médoc à compter du 13-juin. Cette différence se traduit en fin de cycle végétatif par une longueur finale et donc potentiellement par un rendement en bois supérieurs. Cet effet de la taille Guyot est en outre amplifié par une taille tardive. Le suivi de la longueur des rameaux permet donc de conclure qu'une taille tardive en Guyot ne maîtrise pas la vigueur du Sauvignon blanc.

A noter que la date de mesure a eu un effet très important ( $p\text{-value}<0,001$  après correction) car la croissance a varié au cours de la saison : de plus en plus forte jusqu'au 9-juil elle a ensuite ralenti à partir du 23-juil.

L'augmentation progressive de la croissance entre le 29 mai et le 9 juillet est due au développement des feuilles adultes le long du rameau. L'augmentation de la surface foliaire exposée permet une production accrue de métabolites (sucres, acides organiques, substances de croissance). Avant véraison, la migration des métabolites se fait prioritairement vers les organes en croissance avec une faible concurrence des grappes (Reynier 2016). Puis, avec la véraison vient la redirection des métabolites vers les grappes : la phase de croissance laisse alors place à une phase de stockage (Reynier 2016). La croissance des rameaux ne fera alors que décroître jusqu'à la sénescence.

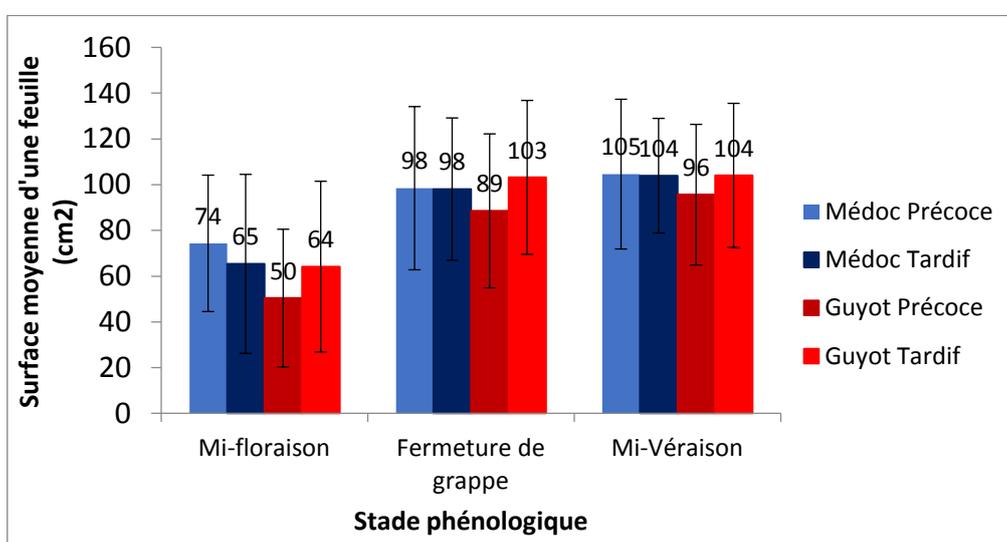
Sur la base de ces informations, il peut être supposé que les relations « source-puits » soient différentes selon le mode et la date de taille. Les hétérogénéités d'architecture de l'appareil aérien de la vigne engendrées par des modes de tailles différents causent peut-être une allocation

différente des métabolites. La migration de ces derniers semble donc être davantage orientée vers les rameaux dans le cas d'une taille Guyot tardive.

#### 4.1.2 Surface foliaire

La surface de 80 feuilles par modalité de taille a été estimée à 3 différents stades phénologiques : mi-floraison (MF), fermeture de grappe (FDG) et mi-véraison (MV). Les données ont fait l'objet d'un traitement statistique par différentes ANOVA à deux facteurs (date et mode de taille) à chacun des stades ainsi que tous stades confondus (**Annexe 13**). La **figure 20** ci-après présente les résultats de cette expérimentation.

Tous stades confondus, les résultats montrent que les modalités tardives ont une surface foliaire moyenne significativement supérieure aux modalités précoces (en moyenne  $P=85\pm 32\text{ cm}^2$  et  $T=90\pm 33\text{ cm}^2$ ,  $p\text{-value}<0,05$ ). Cette différence s'explique exclusivement par un fort écart chez les modalités Guyot (en moyenne  $TG=90\pm 34\text{ cm}^2$  et  $PG=78\pm 31\text{ cm}^2$ ,  $p\text{-value}<0,0001$ ). A l'inverse, pour la modalité Médoc, la date de taille ne semble pas avoir d'impact sur la surface foliaire moyenne (en moyenne  $PM=92\pm 33\text{ cm}^2$  et  $TM=89\pm 32\text{ cm}^2$ ,  $p\text{-value}>0,1$ ).



**Figure 20 : Evolution de la surface moyenne d'une feuille sur 4 modalités de taille au cours du cycle végétatif de la vigne.**

De même, il semble que le mode de taille ait un effet significatif sur la surface foliaire moyenne (en moyenne  $G=84\pm 33\text{ cm}^2$  et  $M=91\pm 32\text{ cm}^2$ ,  $p\text{-value}<0,05$ ). Par ailleurs, l'interaction entre date et mode de taille est hautement significative ( $p\text{-value}<0,0005$ ). Il apparaît avant tout que la combinaison « **Taille Guyot X Date Précocé** » confère une valeur plus faible que toutes les autres modalités (en moyenne  $PG=78\pm 31\text{ cm}^2$ ).

D'autre part, l'étude des résultats stade par stade démontre que les effets des facteurs diffèrent au cours du cycle végétatif de la vigne. En effet, les surfaces foliaires des modalités tardives ne sont significativement supérieures qu'au stade FDG (MF :  $p\text{-value}>0,1$  ; FDG :  $p\text{-value}<0,05$  ; MV :  $p\text{-value}>0,1$ ). Concernant le mode de taille, la significativité des différences est uniquement établie pour le stade MF (MF :  $p\text{-value}<0,001$  ; FDG :  $p\text{-value}>0,5$  ; MV :  $p\text{-value}>0,1$ ). Si les résultats ne démontrent aucun effet des deux facteurs au stade MV, il apparaît toutefois que la modalité PG donne une surface foliaire moyenne significativement différente des 3 autres au seuil 10% ( $\Delta_{PG-TG}=8,43\text{ cm}^2$ ,  $p\text{-value}<0,1$  ;  $\Delta_{PG-TM}=8,30\text{ cm}^2$ ,  $p\text{-value}<0,1$  ;  $\Delta_{PG-PM}=8,99\text{ cm}^2$ ,  $p\text{-value}<0,1$ ). Cela confirme que la combinaison « **Taille Guyot X Date Précocé** » tend à diminuer la surface foliaire moyenne.

Les résultats obtenus indiquent que la surface foliaire moyenne augmente fortement entre la mi-floraison et le stade fermeture de grappe puis augmente très légèrement à la mi-véraison (toutes modalités confondues). Ce constat confirme les résultats de *Carbonneau, 1976*, selon lesquels la croissance des feuilles est maximale durant les mois de mai et juin avant de s'effondrer brutalement début juillet. Cet arrêt brutal incombe semble-t-il à la chute de l'apex début juillet, marquant la levée de la dominance apicale et avec elle le développement des rameaux secondaires au détriment du rameau primaire.

La variabilité inter-modalité diminue avec l'avancée du cycle végétatif de la vigne jusqu'à devenir quasi-nulle au stade MV. Cela suggère que les disparités observées entre modalités de taille sont dues non pas à une différence de vigueur, mais peut-être uniquement à un décalage de la croissance végétative dans le temps. Autrement dit, l'hypothèse est que les modalités P et G ne sont pas nécessairement moins vigoureuses, mais ont un retard de développement végétatif par rapport aux modalités T et M.

#### 4.1.3 Discussion sur le suivi de vigueur

Les deux paramètres permettant de suivre la vigueur des modalités de taille ont rendus des résultats contrastés. Alors que la longueur finale des rameaux semble être significativement impactée par la date et le mode de taille, cela ne semble pas être le cas de la surface foliaire moyenne. Il est ainsi compliqué de conclure précisément quant à l'effet de ces deux facteurs sur la vigueur du Sauvignon blanc.

Il est toutefois intéressant de constater que les modalités précoces présentent des surfaces foliaires supérieures pour des croissances de rameau équivalentes au stade mi-floraison. Ce constat indique que malgré un fort potentiel photosynthétique, les ressources carbonées ne sont pas allouées à la croissance des rameaux. Elles sont donc potentiellement dirigées vers l'appareil reproducteur de la vigne (inflorescences puis grappes). Il serait judicieux d'étudier si les fortes surfaces foliaires moyennent se traduisent par une surface foliaire exposée plus importante pour conforter cette hypothèse.

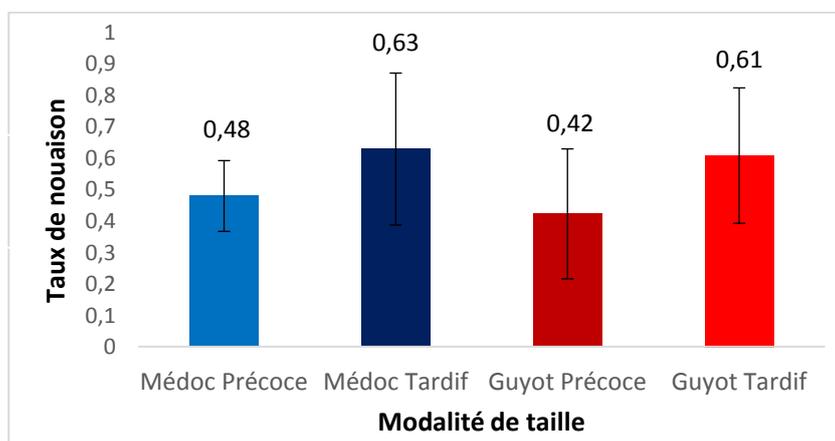
### 4.2 Estimation du rendement

#### 4.2.1 Estimateurs du rendement

##### 4.2.1.1 Taux de nouaison

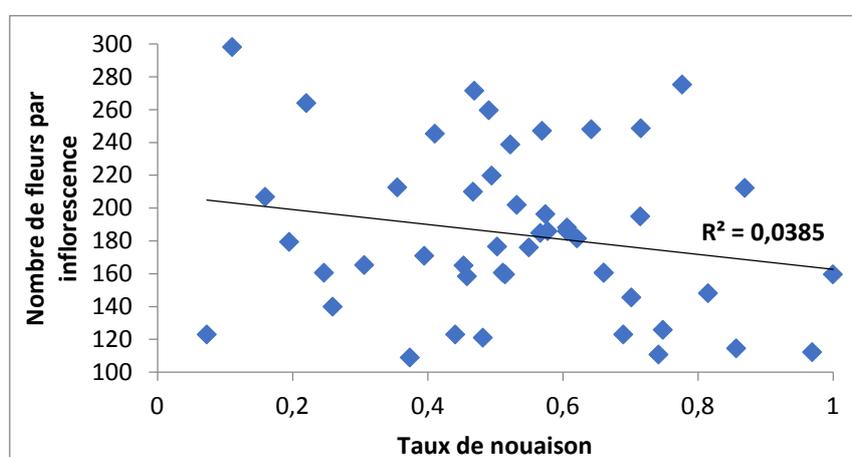
Le taux de nouaison des 4 modalités de taille a été évalué sur 12 inflorescences par modalité (**figure 21** ci-dessous). Après traitement statistique (voir **Annexe 14**), il apparaît que le taux de nouaison est significativement supérieur chez les modalités tardives par rapport aux modalités précoces (en moyenne  $T=62\pm 23\%$  et  $P=45\pm 16\%$ ,  $p\text{-value}<0,01$ ). Ces différences sont principalement liées à la modalité Guyot ( $\Delta_{TG-PG}=18,5\%$ ,  $p\text{-value}<0,05$ ) et plus faiblement à la modalité Médoc ( $\Delta_{TG-PG}=14,9\%$ ,  $p\text{-value}<0,1$ ). Il a par ailleurs été montré que le mode de taille n'affecte pas significativement le taux de nouaison (en moyenne  $M=55\pm 18\%$  et  $G=52\pm 21\%$ ,  $p\text{-value}>0,5$ ).

**Figure 21 : Taux de nouaison moyen en fonction des 4 modalités de taille**



Le taux de nouaison dépend majoritairement du nombre de fleurs par inflorescence et non du nombre de baies par grappe (Huglin 1986 et 1961). Il existerait une relation inversement proportionnelle entre le nombre de fleurs par inflorescence et le taux de nouaison : plus une inflorescence contient de fleurs, plus son taux de nouaison est faible (Lebon 2006). Les résultats ne sont cependant pas entièrement en accord avec cette hypothèse car si les données semblent suivre une telle relation, le coefficient de corrélation demeure très faible ( $R^2=0,0385$ ), comme présenté sur la **figure 22** ci-après.

D'autre part, les conditions climatiques semblent être un facteur majeur impactant le taux de nouaison comme l'ont démontré de nombreux auteurs (Pouget 1981 ; Jackson 1991 ; Huglin et Schneider 1998). En particulier, le gel et les fortes pluviométries peuvent entraîner de baisses conséquentes du taux de nouaison. Les températures négatives aux abords de la floraison (-2 à -3°C) ou de la nouaison (-0,5 à -2°C) peuvent effectivement affecter le taux de nouaison. Le relevé des températures entre le 01-juin et le 15-juin (aux alentours de la mi-floraison) ne révèle aucune température inférieure à 9°C sur la période (voir **Annexe 15**). Il n'y a donc aucune température négative aux abords de la floraison qui puisse expliquer les différences de taux de nouaison.



**Figure 22 : Corrélation entre le taux de nouaison et le nombre de fleurs par inflorescence (toutes modalités confondues)**

Par ailleurs, des précipitations excessives peuvent conduire à un alourdissement du capuchon floral de telle sorte que les étamines soient incapables de le soulever. De telles étamines encapuchonnées sont incapables de disperser leur pollen ce qui provoque l'avortement de certaines fleurs (Toussaint, 1983). Le relevé des précipitations entre le 01-juin et le 15-juin montre une très forte pluviométrie au 5-juin (30 mm). Il est possible que ces précipitations aient affecté le taux de nouaison des modalités précoces dont la mi-floraison a été estimée le 6-juin, soit 4 jours avant les modalités tardives (voir **Annexe 16**).

#### 4.2.1.2 Nombre de baies par grappe

Le nombre de baies par grappe a été estimé sur les mêmes inflorescences que le taux de nouaison (voir **4.2.1.1**). Les données ont été traitées statistiquement par une ANOVA à deux facteurs sous R (voir Annexe 16). La **figure 23** ci-dessous présente les résultats obtenus pour les 4 modalités de taille. Tout comme le taux de nouaison, le nombre de baies par grappe est dépendant de la date de taille (en moyenne  $P=80,3\pm 33$  et  $T=112,6\pm 44$ ,  $p\text{-value}<0,001$ ). Le nombre de baies est par ailleurs légèrement supérieur pour les modalités Médoc par rapport aux modalités Guyot (en moyenne  $M=106,1\pm 40$  et  $G=86,7\pm 37$ ,  $p\text{-value}<0,1$ ). Enfin, aucune interaction entre les deux facteurs n'a été mise en évidence ( $p\text{-value}>0,99$ ).

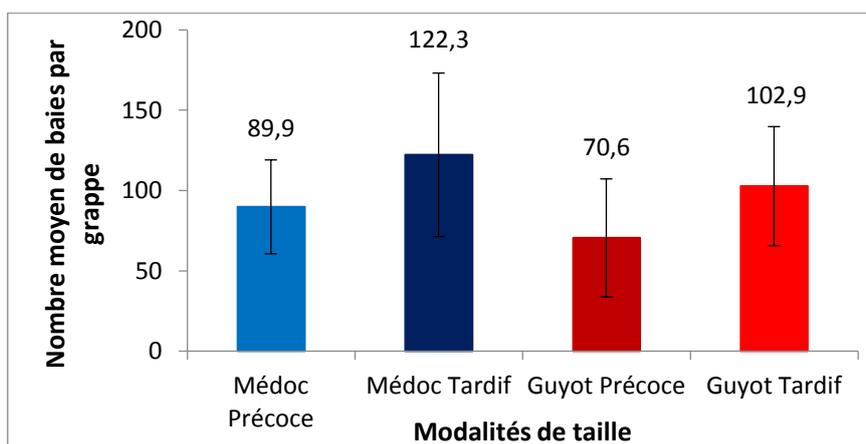


Figure 23 : Nombre moyen de baies par grappe en fonction des 4 modalités de taille.

En comparant les résultats avec le taux de nouaison (4.2.1.1), il s'avère que les modalités ayant un fort nombre de baies par grappe ont également un taux de nouaison élevé, et inversement. Ce constat est confirmé par la corrélation entre les deux paramètres ( $R^2=0,78$ ) (figure 24 ci-après).

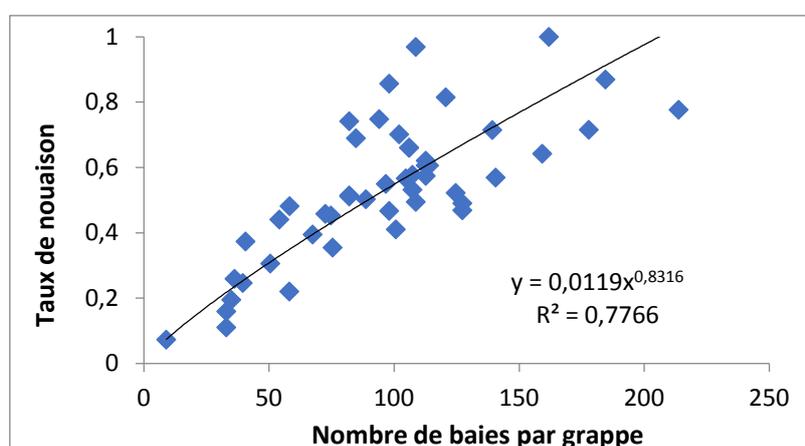


Figure 24 : Corrélation entre le taux de nouaison et le nombre de baies par grappe pour 92 grappes (toutes modalités confondues)

#### 4.2.1.3 Charge en grappe

##### 4.2.1.3.1 Charge en grappe par rameau

La charge en grappe (fertilité) par rameau a été comptabilisée au mois de juin sur l'ensemble des rameaux de chacun des 16 pieds expérimentaux des 4 modalités de taille, soit entre 267 et 347 rameaux selon la modalité. Les données ont été traitées par un test de Kruskal-Wallis sous R (Annexe 18) et les résultats sont présentés dans la figure 25 ci-après.

Il apparaît que les modalités « Médoc » ont une fertilité significativement supérieure à celle des modalités « Guyot » ( $M=1,41\pm 0,88$  et  $G=1,23\pm 0,76$ ). Cette différence est expliquée de façon égale par les modalités tardives et précoces (pour la comparaison PG/PM,  $p\text{-value}<0,05$  et pour la comparaison TG/TM  $p\text{-value}<0,05$ ). Par ailleurs il n'y a aucun effet significatif de la date de taille sur la charge en grappe par rameau ( $T=1,30\pm 0,84$  et  $P=1,33\pm 0,82$ ).

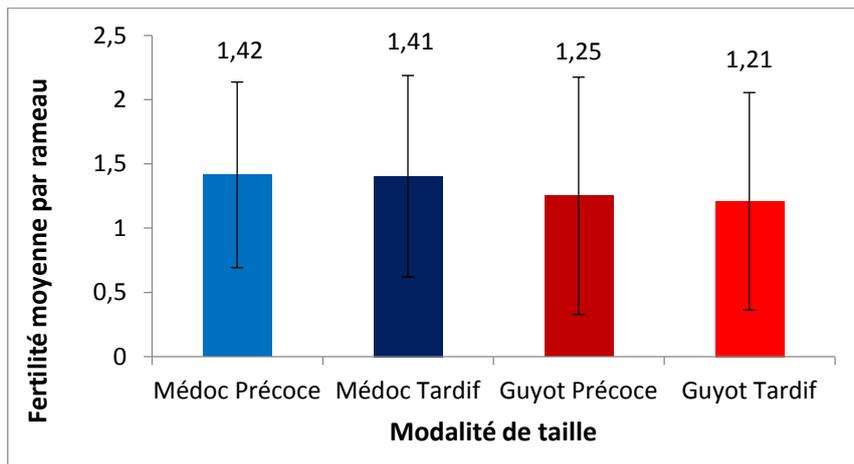


Figure 25 : Nombre moyen de grappes (fertilité) par rameau en fonction des 4 modalités de taille.

Toutefois, en observant la distribution des rameaux en fonction du Nombre de grappes par rameau (voir **figure 26** ci-après), il s'avère que les modalités Médoc ont nettement moins de rameaux non fructifères que les modalités Guyot (respectivement 14 et 26%). Cette forte proportion de rameaux non fructifères explique la fertilité plus faible des rameaux des modalités Guyot. En effet, considérant la fertilité moyenne par rameau fructifère (**figure 27** ci-après), il n'existe plus aucune différence significative entre modes de taille.

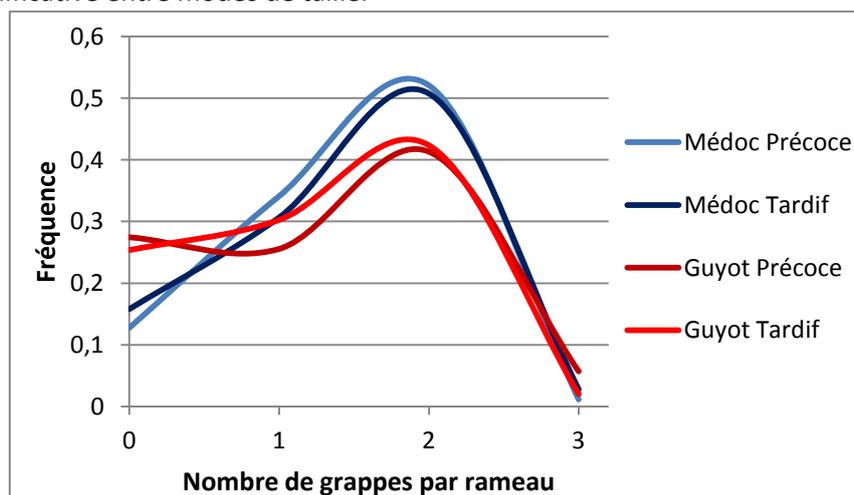


Figure 26 : Distribution du nombre de rameaux (fréquence) en fonction du nombre de grappes selon les modalités de taille

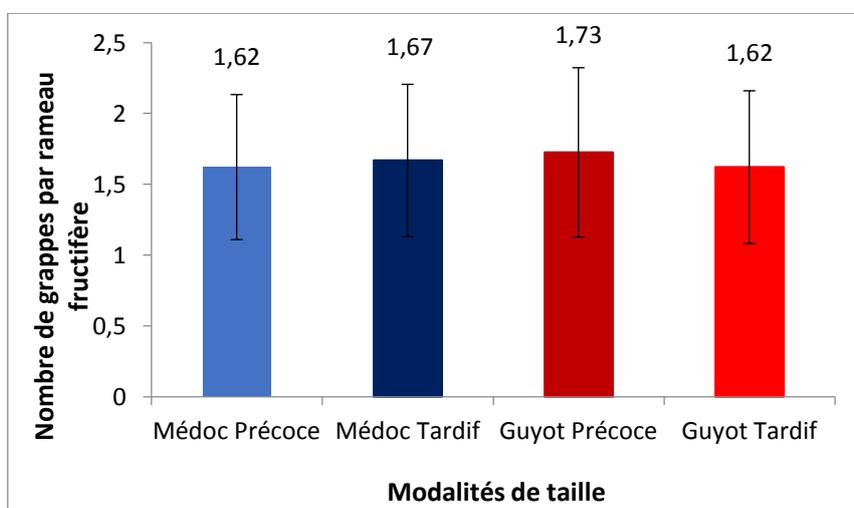


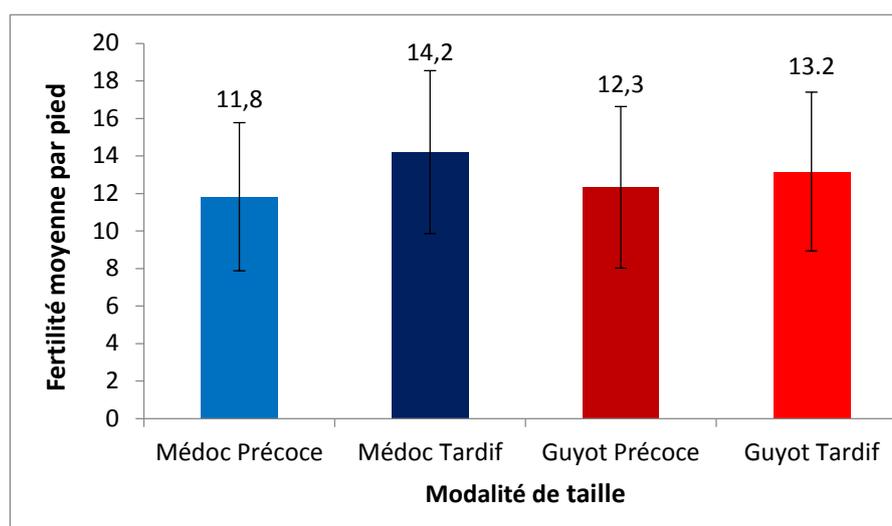
Figure 27 : Nombre moyen de grappes (fertilité) par rameau fructifère en fonction des 4 modalités de taille.

De tels résultats sont en contradiction avec les résultats de certains auteurs ayant montré qu'une taille Guyot confère une fertilité supérieure (Argillier, 1989 et Murisier et al., 1987). Il semble en effet que les bourgeons à la base du rameau aient une fertilité moindre que les bourgeons médians. Les bourgeons des modalités « Médoc », pour lesquels seuls les 3 premiers bourgeons de la base sont conservés, ont ainsi en théorie une charge en grappe par rameau inférieure.

#### 4.2.1.3.2 Charge en grappe par pied

La charge en grappe par rameau est un descripteur du rendement intéressant mais elle ne rend pas compte de la réponse globale du pied de vigne aux modalités de taille. Les données ont été traitées par une ANOVA à deux facteurs sous R (**Annexe 19**). La **figure 28** ci-après montre que la charge en grappe par pied est dépendante non plus du mode, mais de la date de taille. Ainsi, les modalités tardives ont une fertilité par pied significativement supérieure aux modalités précoces (en moyenne  $T=13,6\pm 4,3$  et  $P=12,1\pm 4,1$ ,  $p\text{-value}<0,05$ ). Il n'y a en revanche aucune différence établie entre modes de taille (en moyenne  $M=13,0\pm 4,1$  et  $G=12,7\pm 4,3$   $p\text{-value}>0,5$ ).

Il semblerait donc que les faibles fertilités des rameaux observées pour les modalités « Guyot » soient compensées à l'échelle du pied. La taille Guyot censée augmenter le rendement des Sauvignon blanc via une meilleure fertilité des bourgeons n'a donc pas l'effet escompté. Par ailleurs, les fertilités supérieures observées pour les modalités tardives peuvent être imputées à un développement des inflorescences plus tardif, dans des conditions météorologiques plus clémentes.



**Figure 28 : Nombre moyen de grappes (fertilité) par pied en fonction des 4 modalités de taille.**

#### 4.2.2 Rendements effectifs

Les rendements massique (T/ha) et volumique (en jus qualitatif, voir **3.4.3.2**) (hL/ha) de la vendange ont été estimés pour les 4 modalités de taille (**figures 29 et 30** ci-après). Les résultats montrent premièrement que la date de taille a un effet avec un rendement supérieur de 26% pour les modalités tardives (en moyenne  $T=6,2$  T/ha et  $P=4,9$  T/ha). Le mode de taille influence plus légèrement le rendement massique avec un résultat supérieur de 17% pour les modalités Médoc (en moyenne  $M=6,0$  T/ha et  $G=5,1$  T/ha). C'est donc fort logiquement que la modalité Médoc Tardif présente le meilleur rendement (6,61 T/ha), et la modalité Guyot Précoce le plus faible (4,45 T/ha).

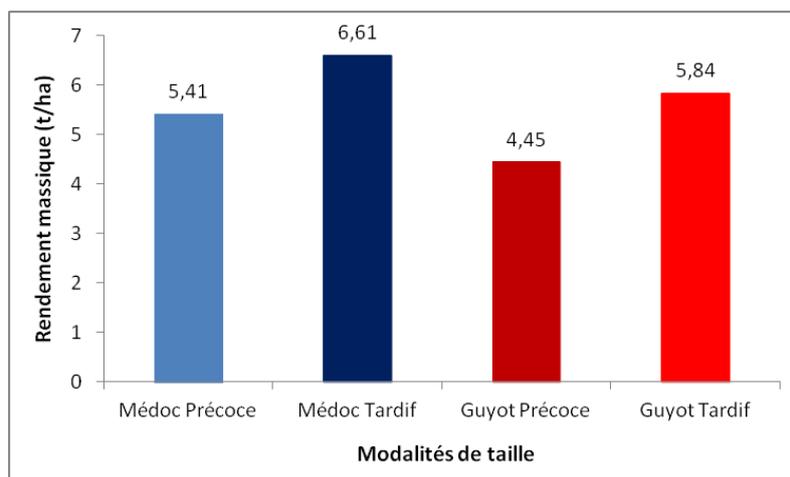


Figure 29 : Rendement massique effectif après vendange (T/ha) en fonction des modalités de taille

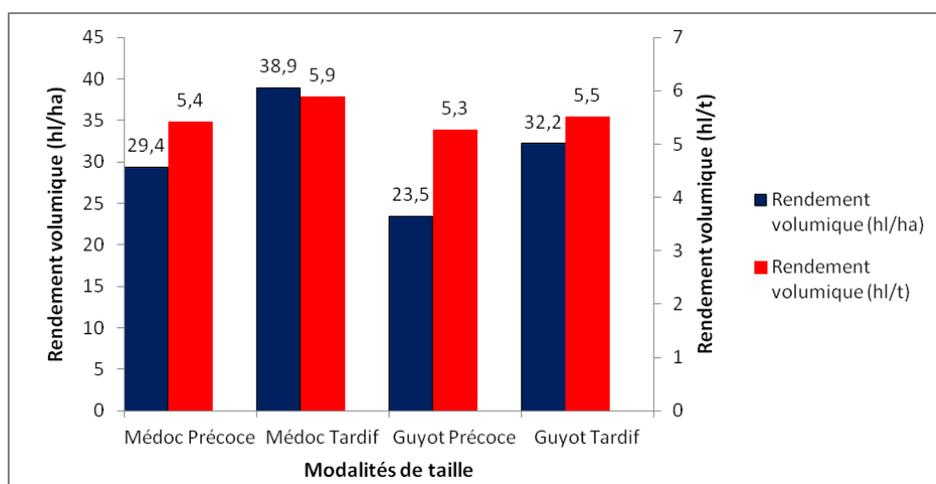


Figure 30 : Rendements volumiques effectifs après vendange (hl/ha et hl/t) en fonction des modalités de taille

Les rendements volumiques suivent les mêmes tendances que les rendements massiques. Ils sont accrus par un mode de taille Médoc (+23%) et une date tardive (+35%). Le différentiel entre dates tardive et précoce est accentué pour le rendement volumique. Ceci s'explique par un rendement en jus qualitatif (hl/t) accru pour les modalités tardives (en moyenne T=5,7 hl/t et P=5,3 hl/t).

#### 4.2.3 Discussion sur l'estimation du rendement

L'étude du rendement a montré qu'une taille tardive et un mode de taille Médoc (ainsi que la combinaison des deux) donnent de meilleurs rendements massiques et volumiques qu'un taille précoce et un mode de taille Guyot. Cette dernière n'apporte donc pas l'augmentation de rendement attendue.

En ce qui concerne le mode de taille, cette différence s'explique par une fertilité et un nombre de baies par grappe plus faible pour la modalité Guyot. Ces deux composantes du rendement ont sensiblement impacté le rendement effectif des modalités Guyot. Le nombre de baies par grappe plus faible ne peut pas être incombé au taux de nouaison qui est identique entre modes de taille. C'est donc une taille des grappes plus faible qui explique cette différence.

Quant à la faible fertilité de la modalité Guyot, les résultats montrent qu'elle est due à une forte proportion de rameaux non fructifères. Une estimation non chiffrée à la parcelle a révélé que ce sont les rameaux issus du courson de rappel qui étaient fréquemment non fructifères et expliqueraient donc la faible fertilité. Il est possible que ce soit une conséquence du récent changement de taille (depuis quelques millésimes), induisant de profondes modifications des flux de

sèves dans les ceps de vigne. Pour expliquer ce constat, il serait intéressant de comparer la fertilité des rameaux du courson de rappel avec celle des deux premiers rameaux de la baguette.

D'autre part, concernant la date de taille, il s'avère que les rendements supérieurs observés pour une taille tardive s'expliquent par un taux de nouaison, et par conséquent un nombre de baies par grappe supérieurs. Le décalage de la phénologie induit par une taille tardive permet donc bel et bien d'améliorer les rendements des pieds de Sauvignon blanc.

#### 4.3 Suivi de la maturation et composition

##### 4.3.1 Analyse physico-chimique de la maturation

400 baies ont été échantillonnées et analysées pour chaque modalité de taille à 6 différentes dates entre le 13-août et le 09-sept. Les analyses d'acidité totale (**figure 31**), pH (**figure 32**) et densité (corrigée en TAP, **figure 33**) permettent de suivre la maturation du raisin dans les semaines précédant la vendange. Les données obtenues ne font l'objet d'aucun traitement statistique particulier du fait du caractère unique de l'échantillonnage pour chaque date.

Les résultats suggèrent tout d'abord que le mode de taille n'influence aucun des paramètres utilisés pour suivre la maturation. Il est par ailleurs complexe d'observer une tendance nette discriminant les modalités tardives et précoces. Cependant, il apparaît que les modalités « Médoc Précocé » et « Guyot Tardif » proposent des valeurs de pH, acidité totale et TAP clairement différentes tout au long de la série de mesure.

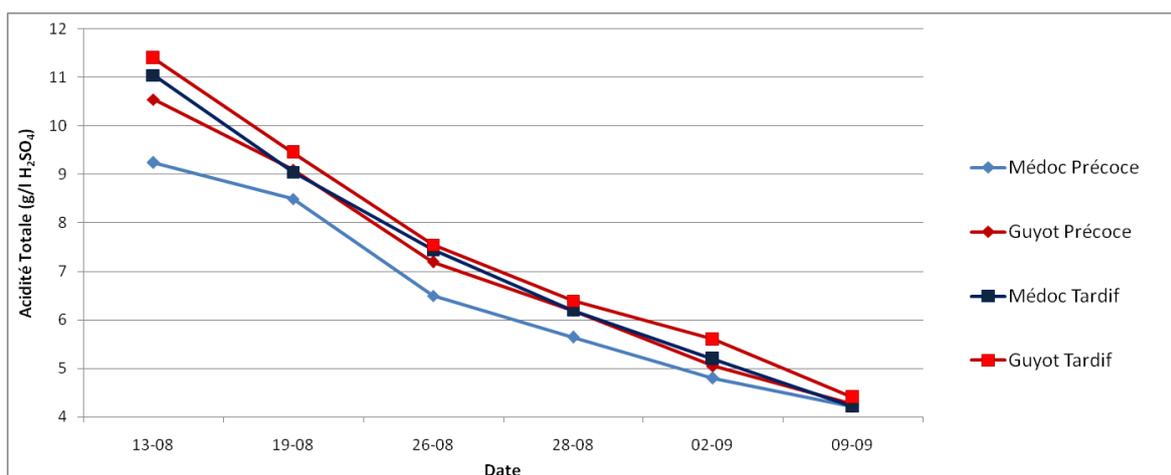


Figure 31 : Acidité Totale en fonction du temps

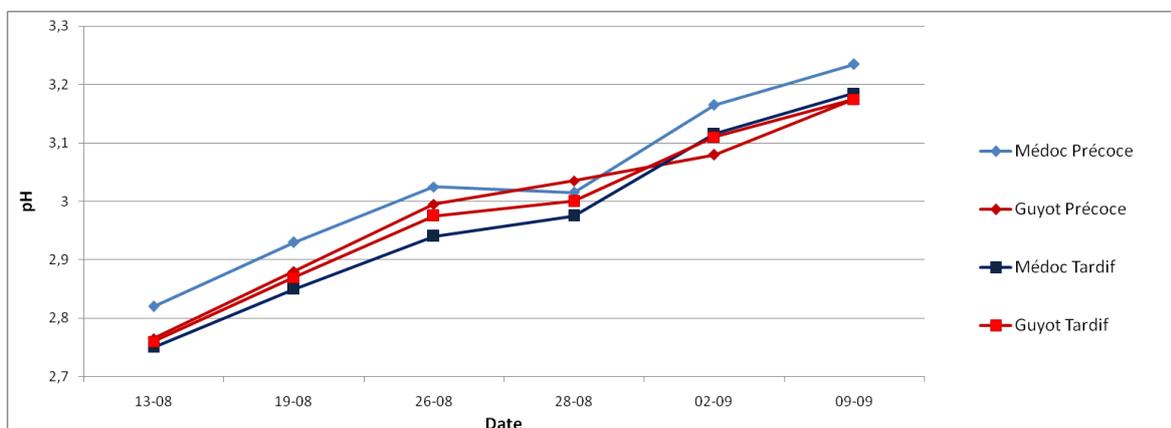


Figure 32 : pH en fonction du temps

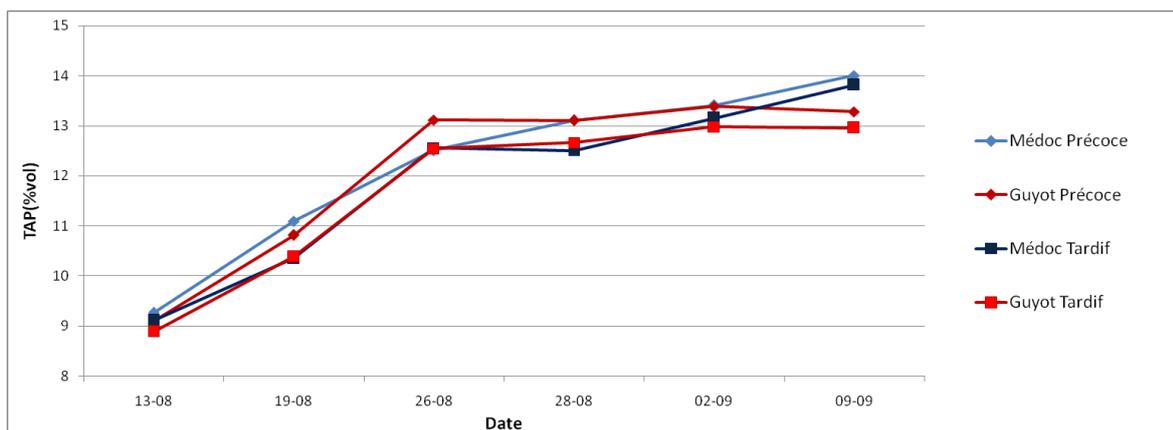


Figure 33 : Titre alcoométrique potentiel (TAP) en fonction du temps

Les différences d'acidité totale entre « Médoc Précoce » et « Guyot Tardif » sont maximales au 13-août ( $\Delta_{AT} = -2,15$  g/l  $H_2SO_4$ ) puis s'amenuisent au cours des semaines jusqu'à être minimale au 09-sept ( $\Delta_{AT} = -0,19$  g/l  $H_2SO_4$ ). Le pH demeure en revanche supérieur pour la modalité « Médoc Précoce » tout au long des mesures (au 13-août :  $\Delta_{pH} = +0,06$  ; au 09-sept :  $\Delta_{pH} = +0,06$ ). Enfin, le TAP reste également supérieur pour la modalité « Médoc Précoce » du début ( $\Delta_{TAP} = +0,38$  %vol) à la fin des mesures ( $\Delta_{TAP} = +1,05$  %vol).

S'il est impossible de conclure lequel du mode ou la date de taille explique ces différences, il est en revanche possible d'avancer qu'il existe une forte interaction entre la date et le mode de taille en ce qui concerne la maturation des baies. Il semble en effet que la maturation soit plus avancée (Acidité totale plus faible, pH et TAP plus élevés) avec la combinaison « Guyot X Précoce » et plus faible avec la combinaison « Médoc X Tardif ».

Il est en outre intéressant de constater que le « retard » d'acidité est « rattrapé » par la modalité « Médoc Tardif » à l'approche de la date de vendange. Ce n'est en revanche ni le cas du pH, ni du TAP : pour ces deux paramètres analysés, le « retard » de maturité est conservé même en fin de maturation. Ainsi, le développement décalé de cette modalité tout au long du cycle végétatif n'est pas pleinement compensé à maturité technologique.

#### 4.3.2 Analyse sensorielle de la maturation

Trois séries de dégustations de baies ont été réalisées entre le 22-août et le 04-sept. Il a été demandé aux examinateurs de noter les lots de baies selon 9 paramètres dépendant de l'avancée de la maturation. Il en découle l'établissement de profils sensoriels permettant de comparer les résultats en fonction de la date (figure 34) ou du mode de taille (figure 35). La représentation graphique des paramètres est telle que plus leur valeur est élevée (plus les profils sensoriels sont « éloignés » du centre du graphique) plus cela correspond à un stade avancé de maturité.

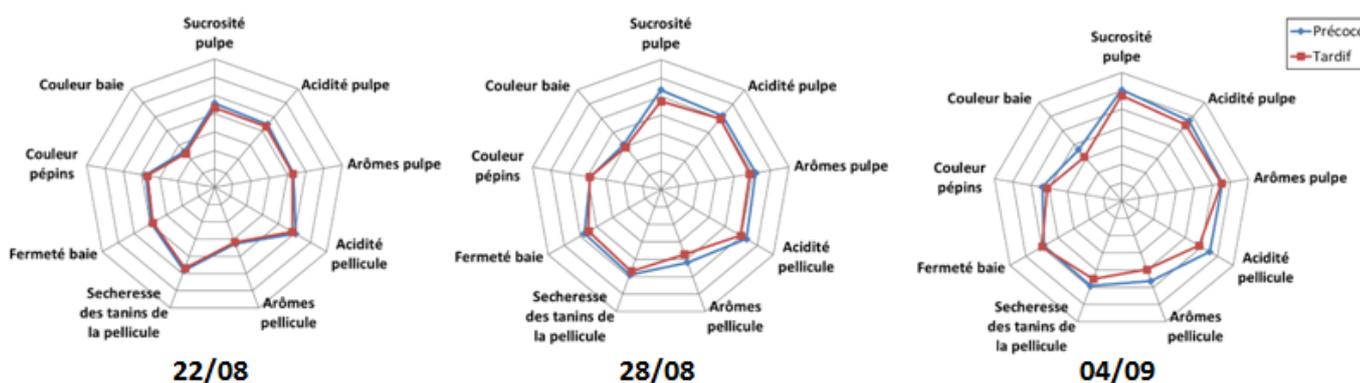


Figure 34 : Profils sensoriels en fonction de la date de taille à 3 différentes dates

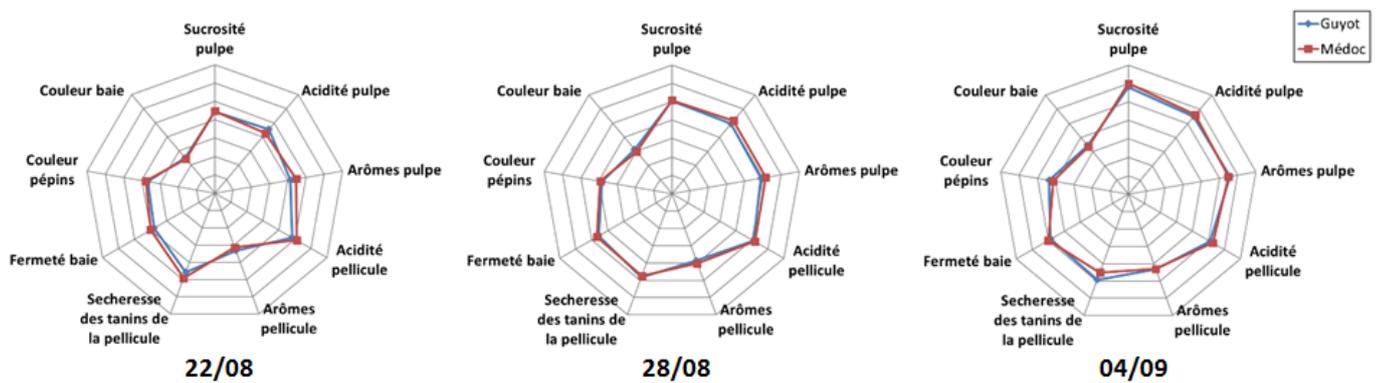


Figure 35 : Profils sensoriels en fonction du mode de taille à 3 différentes dates

Les résultats montrent que le mode de taille ne semble pas impacter le profil sensoriel des baies. Les modalités Guyot et Médoc suivent la même dynamique entre le 22-août et le 04-sept pour l'augmentation de la sucrosité, la baisse de la fermeté et de l'acidité ainsi que le changement de couleur et de la nature des arômes.

De plus, un test des classements de Friedman réalisé à l'issue des sessions révèle qu'il n'est pas possible de discerner significativement le moindre échantillon sur la base de l'analyse sensorielle (**Annexe 20**).

En revanche, il semble que la date de taille ait un effet sur l'évolution des profils sensoriels. En effet, les profils des modalités tardives et précoces, bien qu'identiques au 22-août, sont dissemblables aux 28-août et 04-sept. La modalité précoce présente un profil correspondant à une maturité plus avancée. Il semble que l'écart séparant la maturation des deux modalités s'accroisse à l'approche de la date de vendange. De nettes différences sensorielles sont ainsi observables concernant notamment l'acidité, les arômes et la couleur de la pellicule.

Il se pourrait que les modalités précoces aient déjà une maturité plus avancée au 22-août bien que cela ne se traduise pas lors de l'analyse sensorielle. Il est en effet notifié dans le **4.3.1** qu'un TAP plus élevé et une acidité totale plus faible par rapport aux modalités tardives (respectivement  $\Delta_{TAP}=+0,59$  %vol et  $\Delta_{AT}=-0,45$  g/l  $H_2SO_4$  au 19-août).

Il est en revanche difficile d'estimer si le retard de maturité observé pour les modalités tardives peut être rattrapé par des vendanges plus tardives, et si oui dans quels délais.

#### 4.3.3 Analyse des composés phénoliques

Les indices EasyOx (composés phénoliques facilement oxydables, **figure 36**) et PhenOx (composés phénoliques totaux, **figure 37**) ont été mesurés à 3 dates (02-sept, 19-août et 30-août) sur les 4 modalités de taille. Les résultats montrent que les deux indices présentent une forte corrélation en fonction de la date et de la modalité de taille. La concentration en composés phénoliques, bien que très variable au 19-août selon les modalités de taille, se stabilise au 30-août. Au 02-sept, date de la dernière mesure avant vendange, les résultats indiquent un indice EasyOx supérieur pour les modalités précoces ( $\Delta_{PM}/TM=+42\%$  et  $\Delta_{PG}/TG=+18\%$ ) et Guyot ( $\Delta_{PG}/PM=+7\%$  et  $\Delta_{TG}/TM=+29\%$ ).

Il apparaît donc que les composés phénoliques facilement oxydables susceptibles de réagir avec les thiols variétaux (voir **2.5.6**) ont des teneurs plus fortes dans le cas d'une taille tardive et/ou Guyot. Il serait intéressant d'étudier si ces concentrations plus élevées coïncident avec une dégradation accrue des composés thiolés.

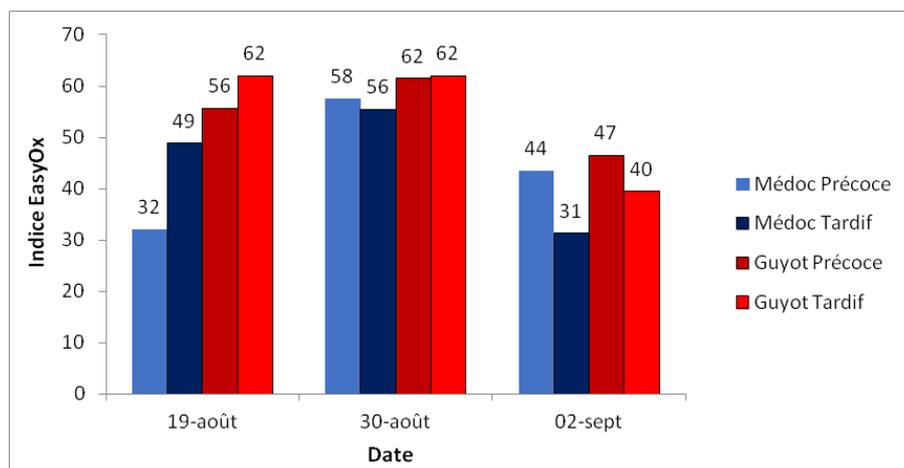


Figure 36 : Evolution de l'indice EasyOx entre le 02-sept et le 30-aout pour les 4 modalités de taille

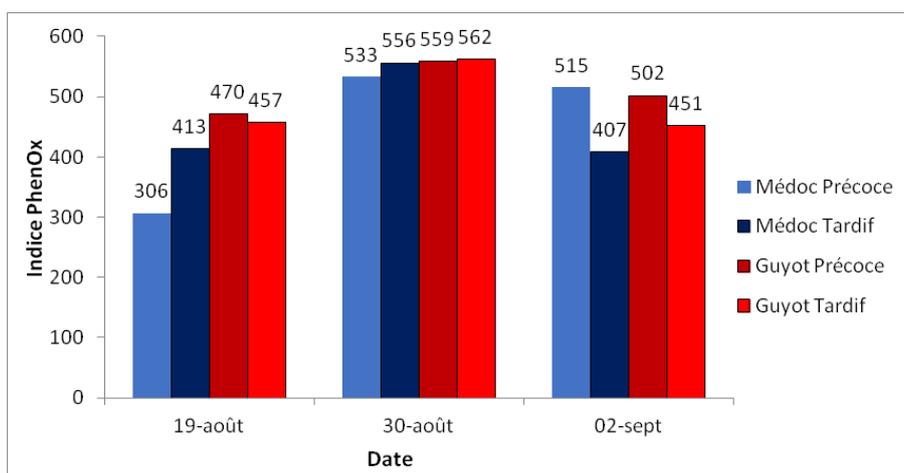


Figure 37 : Evolution de l'indice PhenOx entre le 02-sept et le 30-aout pour les 4 modalités de taille

#### 4.3.4 Maturation aromatique

Les précurseurs de thiols (3-SH-Glu et 3-SH-Cys ; **figure 38**) ainsi que les thiols variétaux (4-MMP, 4-MMPOH, 3-MH et 3-MHA ; **figures 39 et 40**) du Sauvignon blanc ont été analysés respectivement après le pressurage et à l'issue de la fermentation alcoolique.

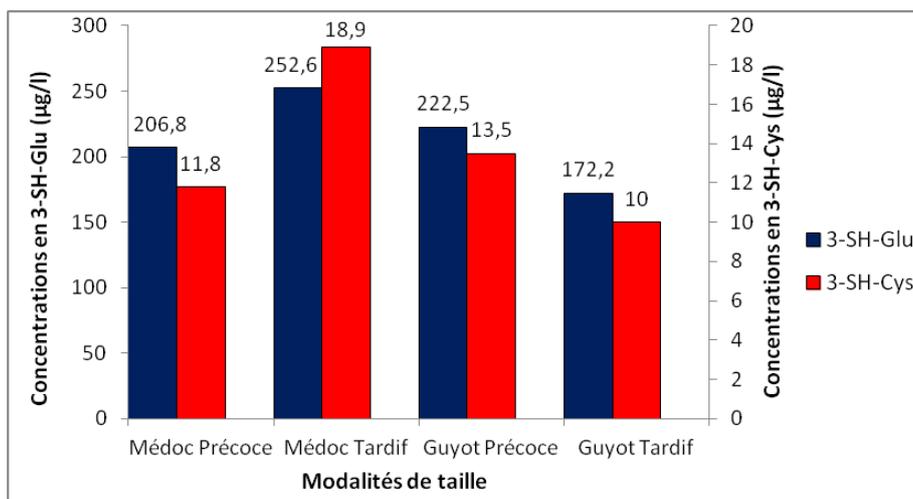


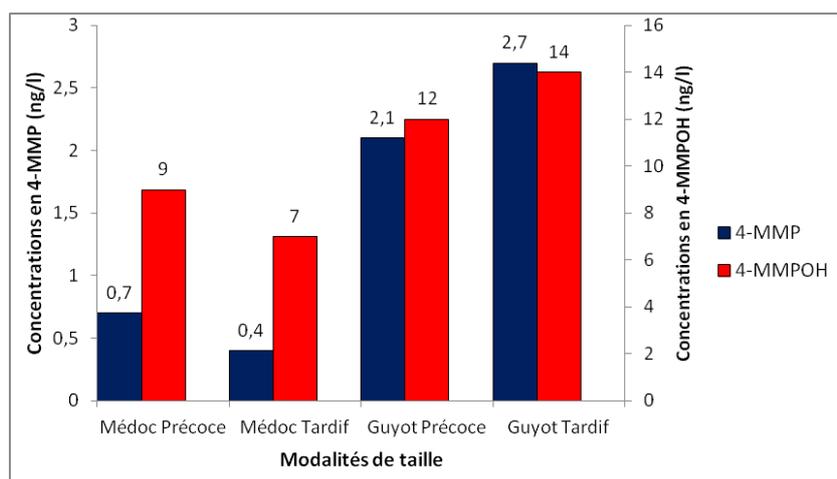
Figure 38 : Concentrations en S3-(hexan-1-ol)-L-Glutathion (3-SH-Glu) et S3-(hexan-1-ol)-L-Cystéine (3-SH-Cys) pour les 4 modalités de taille dans les jus après pressurage.

Les résultats suggèrent que les modalités Médoc présentent des concentrations en 3-SH-Glu légèrement supérieures aux modalités Guyot (en moyenne M=229,7 µg/l et G=197,4 µg/l). Il en va de même concernant les concentrations en 3-SH-Cys (en moyenne M=15,4 µg/l et G=11,8 µg/l). Ce constat s'explique par une forte différence entre mode de taille chez les modalités tardives. En revanche, il semble n'y avoir aucun effet de la date de taille sur les 2 précurseurs de thiols analysés (pour le 3-SH-Glu : P=214,7 µg/l et T=212,4 µg/l ; pour le 3-SH-Cys : P=12,7 µg/l et T=14,5 µg/l).

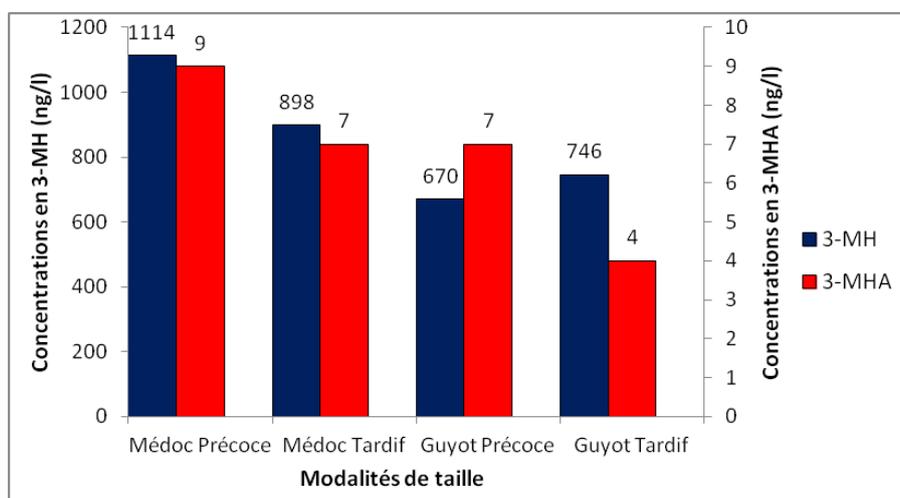
Par ailleurs, il apparaît sur les **figures 39 et 40** que le mode de taille a une forte influence sur les teneurs en thiols variétaux dans les moûts. En effet, les concentrations en 4-MMP et 4-MMPOH (fortement corrélées) sont nettement supérieures chez les modalités Guyot (pour le 4-MMP :  $\Delta$ PG/PM=+200% et  $\Delta$ TG/TM=+575% ; pour le 4-MMPOH :  $\Delta$ PG/PM=+33% et  $\Delta$ TG/TM=+100%). Les résultats révèlent un autre constat concernant le 3-MH et le 3-MHA : les modalités Médoc présentent des teneurs supérieures (pour le 3-MH :  $\Delta$ PM/PG=+60% et  $\Delta$ TM/TG=+20% ; pour le 3-MHA :  $\Delta$ PM/PG=+28% et  $\Delta$ TM/TG=+75%).

Enfin, alors que les concentrations en 4-MMP et 4-MMPOH semblent être indépendantes de la date de taille, les modalités précoces présentent des teneurs en 3-MH et 3-MHA légèrement supérieures aux modalités tardives (pour le 3-MH :  $\Delta$ PM/TM=+24% et  $\Delta$ PG/TG=-10% ; pour le 3-MHA :  $\Delta$ PM/TM=+29% et  $\Delta$ PG/TG=+75%).

A noter qu'il ne semble pas y avoir de corrélation inverse entre l'indice EasyOx et les teneurs en différents thiols variétaux.



**Figure 39 : Concentrations en 4-méthyl-4-mercaptopentan-2-one (4-MMP) et 4-méthyl-4-mercaptopentan-2-ol (4-MMPOH) pour les 4 modalités de taille dans les moûts après fermentation alcoolique**



**Figure 40 : Concentrations en 3-mercapto-hexan-1-ol (3-MH) et Acétate de 3-mercapto-hexan-1-ol (3-MHA) pour les 4 modalités de taille dans les moûts après fermentation alcoolique**

Les 4 thiols variétaux étudiés, 4-MMPOH, 4MMP, 3-MH et 3-MHA, présentent des seuils de perceptions divers, respectivement 60 ng/l, 0,8 ng/l, 60 ng/l et 4 ng/l (Tominaga et al., 1998). Les teneurs en 3-MHA et en 3-MHA sont supérieures ou égales au seuil de perception quelles que soient les modalités de taille. Les teneurs en 4-MMPOH sont pour leurs parts inférieures au seuil de perception pour l'ensemble des modalités de taille. Hormis une légère variation de l'intensité aromatique, il n'existe donc pas de différences radicales de la perception de ces thiols en fonction de la date ou du mode de taille.

En revanche, les teneurs en 4-MMP sont inférieures au seuil de perception pour les modalités Médoc (0,7 et 0,4 ng/l) et supérieures pour les modalités Guyot (2,1 et 2,7 ng/l). Il est donc probable qu'il existe une forte différence de la perception du 4-MMP (arôme de buis et de genêt) et a fortiori du profil aromatique des vins entre modes de taille.

## CONCLUSIONS

Ce mémoire avait comme premier objectif de déterminer les effets d'un nouveau mode de taille (Guyot en lieu et place de la taille « médocaine » traditionnelle) sur les rendements et la maîtrise de la vigueur, et, dans une moindre mesure, sur la maturation des baies de Sauvignon blanc de Château Margaux. Le second objectif était d'étudier d'éventuels différences ou décalages de la maturation des baies entre la taille tardive début Mars (pratiquée depuis de nombreuses années) et une taille précoce début Janvier.

Les résultats montrent que, contrairement aux attentes et à l'état actuel des connaissances, les rendements volumiques et massiques sont nettement inférieurs avec la pratique de la taille Guyot. Le constat est similaire concernant la maîtrise de la vigueur du Sauvignon blanc : la taille Guyot ne la contrôle aucunement voire tend peut-être à l'augmenter. Par ailleurs, si la maturation des baies ne semble pas varier avec l'un ou l'autre des modes de taille, il apparaît que les profils aromatiques des vins puissent être modifiés avec la pratique d'une taille Guyot, du fait de teneurs en 4-MMP très largement supérieures.

Parallèlement, l'étude de la date de taille a révélé qu'une taille tardive ne décale que très légèrement la maturation des baies. Ces dernières semblent en outre avoir des compositions en thiols variétaux similaires selon la date de taille, laissant présager des profils aromatiques équivalents. De plus, les résultats ont fait ressortir la supériorité initialement soupçonnée des rendements des modalités tardives par rapport aux modalités précoces.

L'étude réalisée suggère donc que la pérennisation de la taille Guyot en lieu et place de la taille « médocaine » traditionnelle ne permette pas d'améliorer les rendements. Ce constat doit cependant être relativisé compte-tenu du caractère très récent du changement de mode de taille. L'adaptation de la vigne à la taille Guyot est peut-être nécessaire avant de proposer de meilleurs rendements. En outre, il semble que l'amélioration des rendements permise par une taille tardive n'entraîne pas ou peu de retard de la maturation des baies.

Les expérimentations similaires menées en 2018 sur la même parcelle d'étude n'ont pas abouti aux mêmes résultats. Il a en effet été montré que la taille Guyot confère un rendement plus élevé, conformément aux attentes de l'équipe technique (Guillaume, 2018). Des conditions météorologiques (fortes pluviométries induisant une forte pression des maladies) et des itinéraires techniques (ébourgeonnage, éclaircissage) différents peuvent expliquer la différence avec les résultats de cette année (conditions climatiques favorables, pas ou peu de pression des maladies).

Il est toutefois pertinent de rappeler que les résultats et conclusions tirées de cette étude doivent être tempérés en raison de facteurs externes ayant pu les influencer. En particulier, l'importante hétérogénéité des porte-greffes utilisés sur la parcelle d'expérimentation et l'absence de données quant à leur répartition précise peuvent avoir impactés les résultats (voir **Annexe 21**). La mosaïque de sols de la parcelle expérimentale n'est par ailleurs pas totalement représentative de l'ensemble des parcelles de Sauvignon blanc de Château Margaux. Il n'est donc pas exclu que des résultats contrastés puissent être observés sur d'autres parcelles. Enfin l'effet millésime peut également avoir joué un rôle, et il conviendrait de confirmer les résultats de cette étude dans des conditions météorologiques différentes tout au long du cycle végétatif de la vigne.

En complément de cette étude, il serait intéressant d'évaluer si les résultats relatifs aux thiols variétaux s'appliquent également à d'autres molécules aromatiques du Sauvignon blanc (tels que les terpènes ou norisoprénoides) pouvant jouer sur le profil organoleptique des vins.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARGILLIER, J.P., 1989.** *Interdépendance des facteurs de qualités, CA de l'Hérault, 55p.*
- BAZOT, M., LESUR, C., BIO BERI, F., 2014.** *Mesurer et prédire les rendements du Miscanthus (Miscanthus X giganteus) en parcelles agricoles.*
- BRANAS, J., 1974.** *Viticulture. Déhan, Montpellier, 990 pp.*
- BRICHE, E., QUENOL, H., BELTRANDO, G., 2011.** *Changement climatique dans le vignoble champenois : L'année 2003, préfigure-t-elle les prévisions des modèles numériques pour le XXI<sup>e</sup> siècle ? Dans L'Espace géographique 2011/2 (Tome 40), pages 164 à 175*
- BUTTROSE, M. S., 1969a.** *Fruitfulness in grapevines: effects of light intensity and temperatures. Botanical Gazette Vol. 130, No. 3 (Sep., 1969), pp. 166-173.*
- CARBONNEAU, A., 1985.** *The Early Selection of Grapevine Rootstocks for Resistance to Drought Conditions. Am J Enol Vitic. January 1985 36: 195-198*
- CARBONNEAU, A., CASTERAN, P., 1987.** *Interactions "training system x soil x rootstock" with regard to vine ecophysiology, vigor, yield and red wine quality in the Bordeaux area. Acta Horticulturae, (206), 119–140.*
- DE BROUWER, M.** *Les gelées de printemps dans les vignobles belges et voisins, quelles mesures de protection ?*
- DE KEERSMAECKER, M.L., 1987.** *Stratégie d'échantillonnage des données de terrain intégrées dans l'analyse des images satellitaires.*
- DELAS, J., POUGET, R., 1982.** *Interaction entre le greffon et le porte-greffe chez la vigne. Application de la méthode des greffages réciproques à l'étude de la nutrition minérale.*
- DELAS, J., MOLOT, C., SOYER, J. P., 1982.** *Influence d'une fertilisation azotée excessive, du porte-greffe et de la charge sur la sensibilité du cépage Merlot à Botrytis Cinerea.*
- D'KHILI, B., BOUBALS, D. GREANAN, S., 1994.** *Grafting incompatibility in grapevine. Vitis vinifera grafted on 3309 Couderc (Vitis riparia x Vitis rupestris).*
- DUBOURDIEU, D. & LAVIGNE, V., 1990.** *Incidence de l'hyperoxygénation sur la composition chimique et les qualités organoleptiques des vins blancs secs du bordelais. Rev Fr Oenol 124, 58-61.*
- EASLON, H. M., 2014.** *Easy leaf area: automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area.*
- FERRER, M., 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. Vol 38 No 1 (2004): Journal international des sciences de la vigne et du vin.*
- FRIEND, A. P., & TROUGHT, M. C. T., 2007.** *Delayed winter spur-pruning in New Zealand can alter yield components of Merlot grapevines. Australian Journal of Grape and Wine Research, 13(3).*
- FRIEND, A.P., 2005.** *Berry set and development in Vitis vinifera L. PhD Thesis, Lincoln University, New Zealand.*
- FROGER, M., CELLIER, V., AUBERTOT, J.N., 2016.** *Outil d'aide à la conception de stratégies d'échantillonnage pour caractériser la composante biotique des agroécosystèmes.*
- GUILLAUME, J.B. 2018.** *Influence de la date et du mode de taille du Sauvignon Blanc sur la précocité des stades phénologiques jusqu'à maturité des raisins ainsi que sur la vigueur et le rendement.*

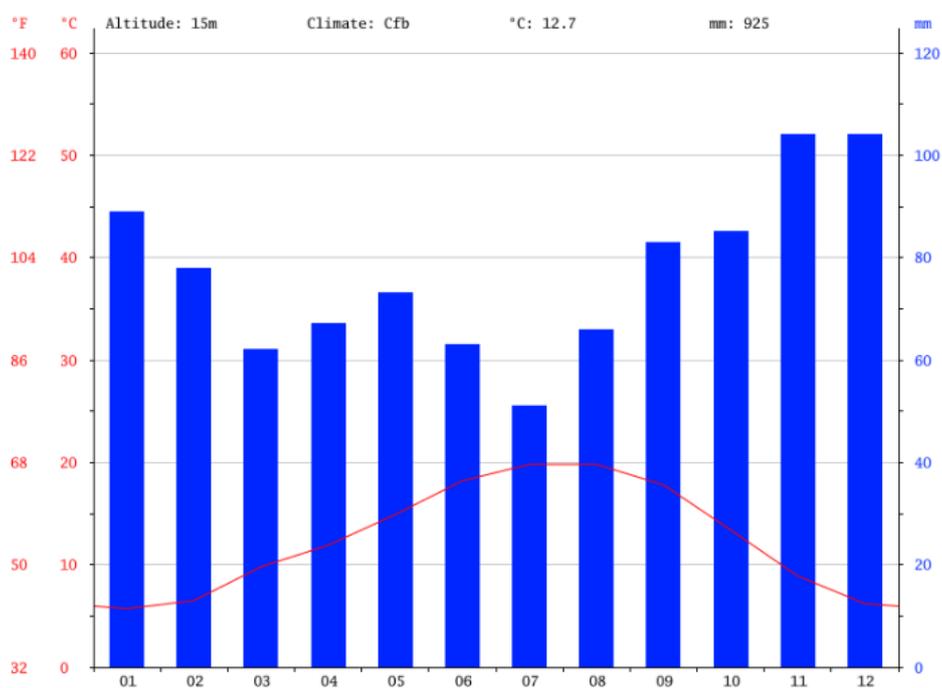
- GUILPART ET AL., 2014.** Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year.
- HERBST, M., NICOLAU, L. & KILMARTIN, P., 2008.** Aroma stability in Sauvignon blanc wines. *The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker* 6, 66-72.
- HIDALGO, L., 1999.** *Tratado de Viticultura*. Mundi-prensa, 1172 pp.
- HOWELL, G.S. AND WOLPERT, J.A., 1978.** Nodes per cane, primary bud phenology, and spring freeze damage to Concord grapevines: A preliminary note. *American Journal of Enology and Viticulture* 29, 229–232.
- HUGLIN, P., 1959.** *Recherche sur les bourgeons de la vigne : Initiation florale et développement végétatif*, Thèse Strasbourg.
- HUGLIN, P., 1986.** *Biologie et écologie de la vigne*. Payot (Eds), Lausanne, 371 p.
- HUGLIN, P., BALTHAZARD, J., 1961.** Observations préliminaires concernant la coulure du Muscat Ottonel. *Vins d'Alsace* 122-129.
- KHATER, F., 2011.** *Identification et validation fonctionnelle de nouveaux gènes potentiellement impliqués dans la biosynthèse des composés phénoliques*.
- LEBON, G., 2006.** *Importance des glucides lors de la floraison chez la vigne (Vitis vinifera L.). Exemples de cépages présentant une sensibilité différente à la coulure*.
- MAGALHÃES, N., 2008.** *Tratado de Viticultura : A Videira, a Vinha e o Terroir*. Chaves Ferreira, Lisboa, pp. 292–327.
- MAIGRE, D., MURISIER, F., 2002.** *Influence du rapport feuille/fruit sur la qualité des moûts et des vins*. Journée technique régionale, Gestion du rendement, vers une recherche de la qualité, décembre 2002, Toulouse.
- MILNE, A., 1959.** The centric systematic area sample treated as a random sample. *Biometrics*, 15, 270-29.
- MOLITOR ET AL., 2017.** Yield of Müller-Thurgau and Riesling grapevines is altered by meteorological conditions in the current and previous growing seasons.
- MURISIER, F., SPRING J. L., 1987.** Influence de la hauteur du tronc et de la densité de plantation sur le comportement de la vigne. *CR Symposium sur la physiologie de la Vigne*, Bordeaux. 412-416.
- NIKOLANTONAKI, M., 2010.** Incidence de l'oxydation des composés phénoliques sur la composante aromatique des vins blancs.
- PALMA, B. A., JACKSON, D. I., 1981.** Effect of Temperature on Flower Initiation in Grapes *Botanical Gazette* Vol. 142, No. 4 (Dec., 1981), pp. 490-493
- PEYROT DES GACHONS, C., TOMINAGA, T., DUBOURDIEU, D., 2000a.** Measuring the aromatic potential of *Vitis vinifera* L. Cv. Sauvignon blanc grapes by assaying S-cysteine conjugates, precursors of the volatile thiols responsible for their varietal aroma. *J Agric Food Chem.* 2000 Aug;48(8):3387-91.
- PEYROT DES GACHONS, C., TOMINAGA, T., 2002b.** Sulfur aroma precursor present in Sglutathione conjugate form: identification of S-3-(hexan-1-ol)-glutathione in must from *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), 4076-407.
- POUGET, R., OTTENWALTER, M., 1978.** Etude de l'adaptation de nouvelles variétés de porte-greffes à des sols très chlorosants. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, 1978, 12, W 3, 167-175.

- ROLLAND, A., CAVELIER, F., SCHNEIDER, R. 2012.** Les thiols variétaux : Point sur les voies de biogénèse et incidence des itinéraires de production et d'élaboration.
- ROUSSEAU, J., DELTEIL, D., 2000.** Présentation d'une méthode d'analyse sensorielle des baies de raisin. Principe, méthode, interprétation. *Revue Française d'Oenologie*, N°183, pages 10-13.
- SAWICKI, M., 2015.** Effet du froid sur le métabolisme carboné de la vigne et sur son développement floral.
- TOMINAGA, T., DARRIET, P., DUBOURDIEU, D., 1996.** Identification of 3-mercaptopentyl acetate in Sauvignon wine, a powerful aromatic compound exhibiting box-tree odor. *Vitis*, 35(4), 207-210
- TOMINAGA, T., FURRER, A., HENRY, R., DUBOURDIEU, D., 1998a.** Identification of new volatile thiols in the aroma of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon blanc wines. *Flavour and Fragrance Journal*, 13(3), 159-162
- TOMINAGA, T., FURRER, A., HENRY, R., DUBOURDIEU, D., 1998.** Identification of new volatile thiols in the aroma of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon blanc wines.
- TOUSSAINT, X., 1983.** Coulure et millerandage. *Vititech* 68, 14-15.
- VAILLANT, J., 1996.** Notions de base en échantillonnage.
- VIGNE ET VIN,** Guide des vins et vigne de France : Le Sauvignon Blanc.
- WEIDNER, S., PAPROCKA, J., 1996.** Phenolic acids and dormancy in oat (*Avena sativa* L.) and rye (*Secale cereale* L.) caryopses. *Acta Physiologiae Plantarum* 18 : 277-286.
- ZHENG ET AL., 2017.** Effects of late winter pruning at different phenological stages on vine yield components and berry composition in La Rioja, North-central Spain.

## WEBOGRAPHIE

- FEDERATION DES GRANDS VIN DE BORDEAUX,** Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « BORDEAUX » : <https://fqvb.fr/wp-content/uploads/2019/05/CDC-Bordeaux-modifié-arrêté-24-avril-2019-BOMA9mai2019.pdf>
- Fiche technique « Gel », Chambre d'agriculture du Pays de la Loire. [https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Pays\\_de\\_la\\_Loire/022\\_Inst-Pays-de-la-loire/RUBR-RD-innovation/Productions-vegetales/2019\\_ATV\\_TECH\\_Viti\\_Gel.pdf](https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Pays_de_la_Loire/022_Inst-Pays-de-la-loire/RUBR-RD-innovation/Productions-vegetales/2019_ATV_TECH_Viti_Gel.pdf)
- <http://plantgrape.plantnet-project.org/fr/>
- <http://www.vin-vigne.com/cepage/sauvignon-blanc.html>
- LA REVUE DU VIN DE FRANCE,** 3 minutes pour comprendre le Sauvignon Blanc : <https://www.larvf.com/vins-sauvignon-blanc-cepage-comprendre-aromes-accords-terroir-culture,4430438.asp>

## Annexe 1 : Diagramme Climatique Margaux (climate-data.org)



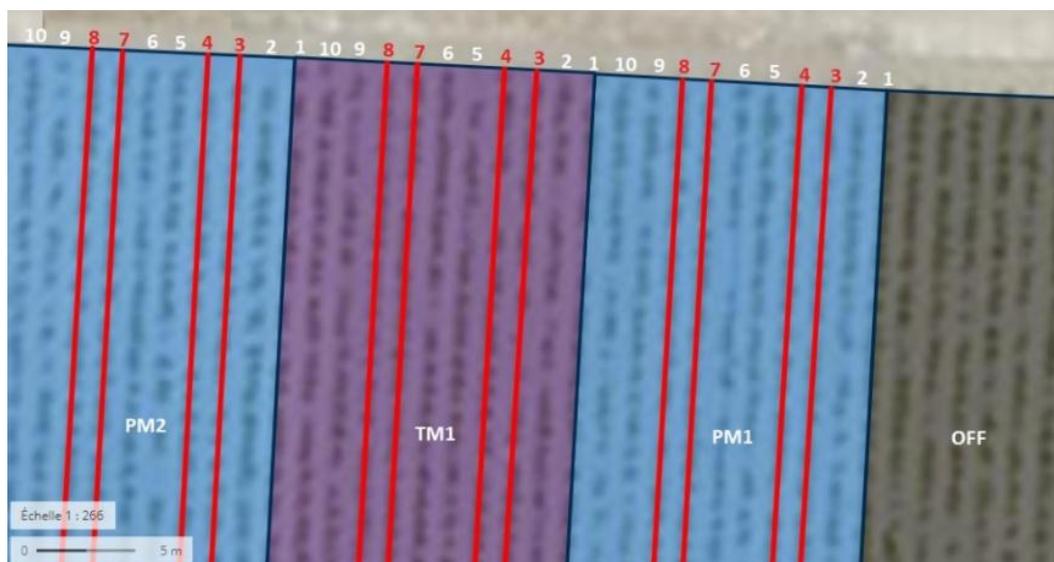
## Annexe 2 : Précision de 3 différents modèles d'estimation du nombre de fleurs par inflorescence sur 11 différents cépages (Milan, 2016)

**Table 4.** Results yielded by the linear (single-variable and multivariable) and nonlinear models in the estimation of the total flower number per inflorescence from features extracted using image analysis algorithm ( $n = 77$ )

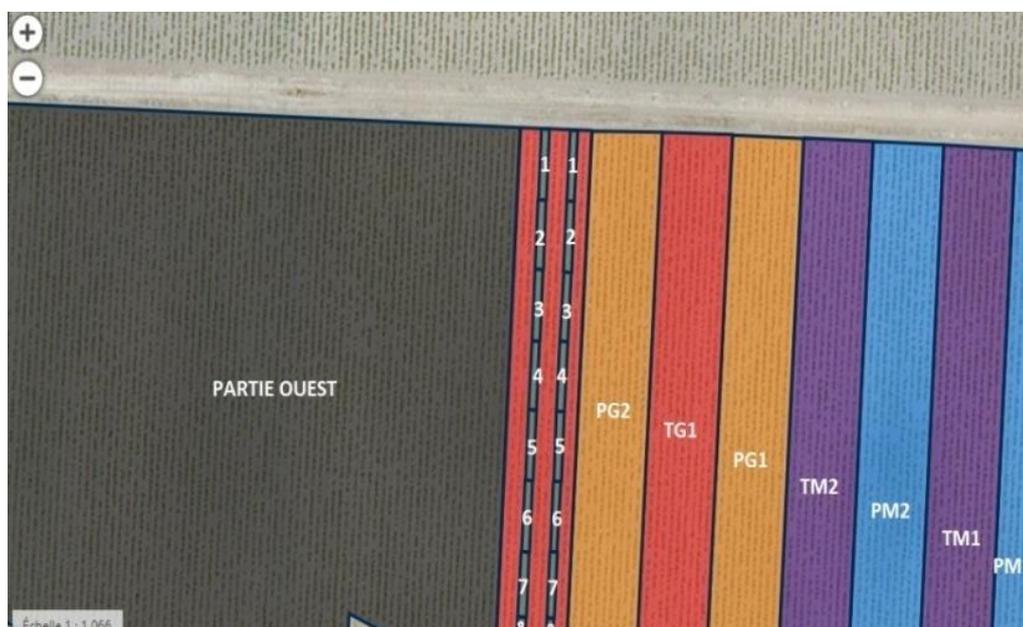
Variety	Single-variable linear model			Multivariable linear model			Nonlinear model		
	$R^2$	RMSE <sup>a</sup>	RPD <sup>b</sup>	$R^2$	RMSE <sup>a</sup>	RPD <sup>b</sup>	$R^2$	RMSE <sup>a</sup>	RPD <sup>b</sup>
Vignier	0.70	62.4	4.94	0.75	23.6	13.08	0.89	15.6	19.74
Verdejo	0.95	83.3	3.70	0.96	52.4	5.89	0.95	52.4	5.89
Touriga Nacional	0.34	67.2	4.59	0.19	32.5	9.50	0.52	37.4	8.25
Tempranillo	0.94	20.4	15.09	0.95	10.2	30.22	0.99	10.2	30.22
Syrah	0.76	36.5	8.46	0.84	28.8	10.70	0.86	32.2	9.59
Riesling	0.82	29.7	10.38	0.72	39.1	7.90	0.81	32.6	9.46
Pinot Noir	0.45	48.2	6.39	0.17	38.5	8.01	0.43	44.8	6.88
Garnacha	0.79	74.5	4.14	0.84	47.8	6.46	0.91	55.6	5.55
Cabernet Sauvignon	0.98	24.1	12.79	0.99	21.4	14.45	0.99	21.4	14.45
Albariño	0.58	77.3	3.99	0.65	30.8	10.03	0.79	22.4	13.80
Airen	0.37	98.2	3.14	0.84	126.9	2.43	0.85	60.6	5.09
Global	0.91	59.9	5.15	0.94	46.7	6.61	0.96	37.1	8.32

<sup>a</sup> Root mean square error: represents the average root deviation between predicted and observed values.  
<sup>b</sup> Ratio of performance-to-deviation: the ratio between the standard deviation of the sample set used to train a model and the RMSE measured for that model.

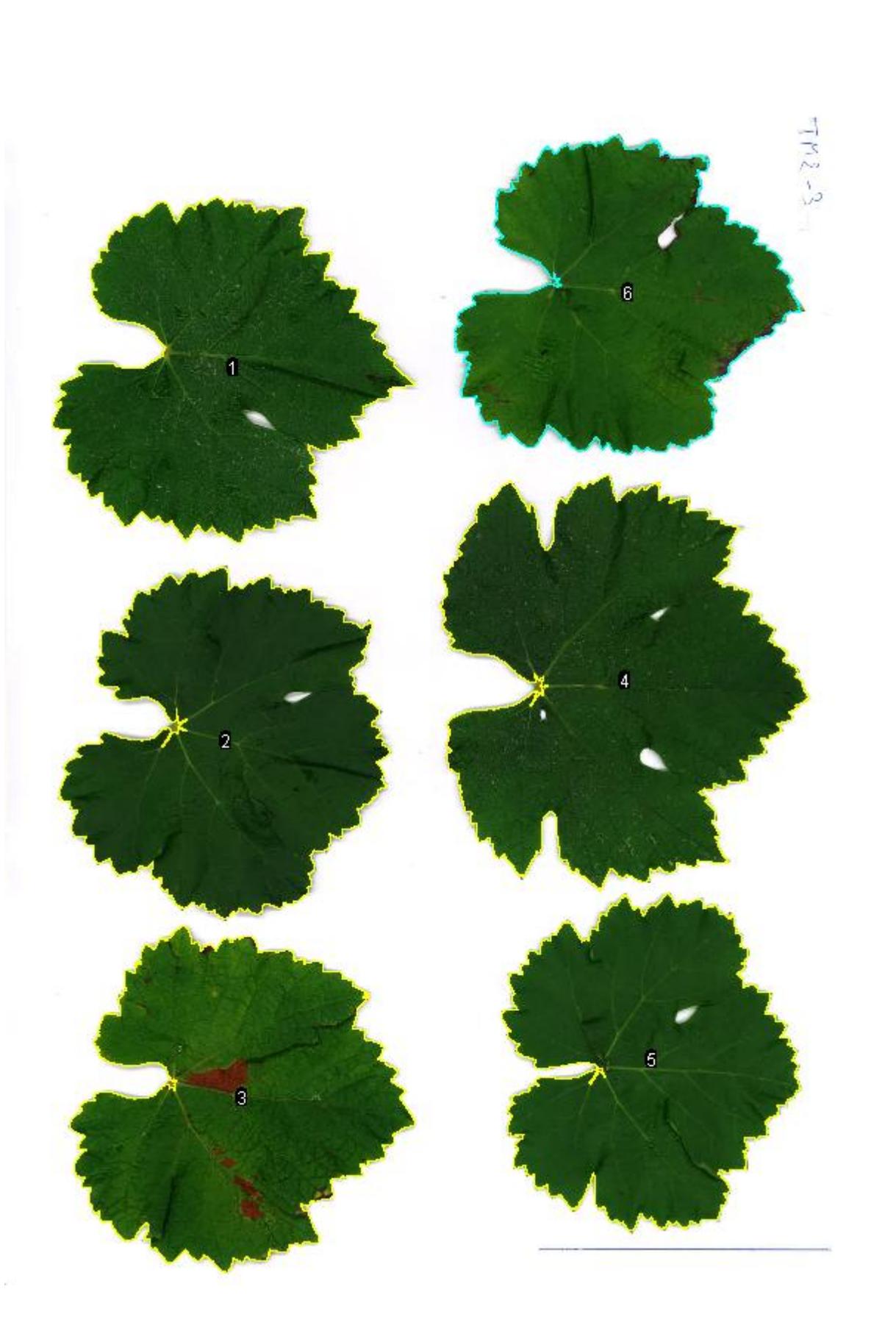
**Annexe 3 : Disposition des paires de rangs au sein des répétitions (réalisation personnelle sur [geoportail.gouv.fr](http://geoportail.gouv.fr))**



**Annexe 4 : Division d'une « paire de rangs expérimentaux » (TG2) de la parcelle 110 en 8 mailles de surface identique**



**Annexe 5 : Illustration de l'estimation de la surface de feuilles sous ImageJ**



## Annexe 6 : Illustration de l'estimation du nombre de fleurs par inflorescence sous ImageJ



## Annexe 7 : Correction de la masse volumique des moûts en fonction de la température (source OIV)

TABLE III

Corrections  $c$  de température sur la masse volumique des moûts naturels et des moûts concentrés mesurée à  $t^\circ$  à l'aide d'un pycnomètre en verre pyrex, pour ramener les résultats à  $20^\circ\text{C}$ ,

$$\rho_{20} = \rho_t \pm \frac{c}{1000} \quad \begin{array}{l} - \text{si } t^\circ \text{ est inférieur à } 20^\circ\text{C} \\ + \text{si } t^\circ \text{ est supérieure à } 20^\circ\text{C} \end{array}$$

		Masses volumiques																					
		1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	1,36
Températures en °C	10	2,31	2,48	2,66	2,82	2,99	3,13	3,30	3,44	3,59	3,73	3,88	4,01	4,28	4,52	4,76	4,98	5,18	5,42	5,56	5,73	5,90	6,05
	11	2,12	2,28	2,42	2,57	2,72	2,86	2,99	3,12	3,25	3,37	3,50	3,62	3,85	4,08	4,29	4,48	4,67	4,84	5,00	5,16	5,31	5,45
	12	1,92	2,06	2,19	2,32	2,45	2,58	2,70	2,92	2,94	3,04	3,15	3,26	3,47	3,67	3,85	4,03	4,20	4,36	4,51	4,65	4,78	4,91
	13	1,72	1,84	1,95	2,06	2,17	2,27	2,38	2,48	2,58	2,69	2,78	2,89	3,05	3,22	3,39	3,55	3,65	3,84	3,98	4,11	4,24	4,36
	14	1,52	1,62	1,72	1,81	1,90	2,00	2,09	2,17	2,26	2,34	2,43	2,51	2,66	2,82	2,96	3,09	3,22	3,34	3,45	3,56	3,67	3,76
	15	1,28	1,36	1,44	1,52	1,60	1,67	1,75	1,82	1,89	1,96	2,04	2,11	2,24	2,36	2,48	2,59	2,69	2,79	2,88	2,97	3,03	3,10
	16	1,05	1,12	1,18	1,25	1,31	1,37	1,43	1,49	1,55	1,60	1,66	1,71	1,81	1,90	2,00	2,08	2,16	2,24	2,30	2,37	2,43	2,49
	17	0,80	0,86	0,90	0,95	1,00	1,04	1,09	1,13	1,18	1,22	1,26	1,30	1,37	1,44	1,51	1,57	1,62	1,68	1,72	1,76	1,80	1,84
	18	0,56	0,59	0,62	0,66	0,68	0,72	0,75	0,77	0,80	0,83	0,85	0,88	0,93	0,98	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16	1,19	1,21	1,24
	19	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,57	0,59	0,60	0,61	0,62
	20																						
	21	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,53	0,56	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,62
	22	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,81	0,84	0,87	0,90	0,96	1,03	1,05	1,09	1,12	1,15	1,18	1,20	1,22	1,23
	23	0,89	0,94	0,99	1,03	1,08	1,12	1,16	1,20	1,25	1,29	1,33	1,37	1,44	1,51	1,57	1,63	1,67	1,73	1,77	1,80	1,82	1,94
	24	1,20	1,25	1,31	1,37	1,43	1,49	1,54	1,60	1,66	1,71	1,77	1,82	1,92	2,01	2,10	2,17	2,24	2,30	2,36	2,40	2,42	2,44
	25	1,51	1,59	1,66	1,74	1,81	1,88	1,95	2,02	2,09	2,16	2,23	2,30	2,42	2,53	2,63	2,72	2,82	2,89	2,95	2,99	3,01	3,05
26	1,84	1,92	2,01	2,10	2,18	2,26	2,34	2,42	2,50	2,58	2,65	2,73	2,87	3,00	3,13	3,25	3,36	3,47	3,57	3,65	3,72	3,79	
27	2,17	2,26	2,36	2,46	2,56	2,66	2,75	2,84	2,93	3,01	3,10	3,18	3,35	3,50	3,66	3,80	3,93	4,06	4,16	4,26	4,35	4,42	
28	2,50	2,62	2,74	2,85	2,96	3,07	3,18	3,28	3,40	3,50	3,60	3,69	3,87	4,04	4,21	4,36	4,50	4,64	4,75	4,86	4,94	5,00	
29	2,86	2,98	3,10	3,22	3,35	3,47	3,59	3,70	3,82	3,93	4,03	4,14	4,34	4,53	4,72	4,89	5,05	5,20	5,34	5,46	5,56	5,64	
30	3,20	3,35	3,49	3,64	3,77	3,91	4,05	4,17	4,30	4,43	4,55	4,67	4,90	5,12	5,39	5,51	5,68	5,94	5,96	6,09	6,16	6,22	

Note : On peut utiliser cette table pour transformer la densité  $d_{20}^t$  en  $d_{20}^{20}$

**Annexe 8 : Correspondance entre masse volumique des moûts et TAP (source OIV)**

Saccharose % (m/m)	Indice de réfraction à 20 °C	Masse volumique à 20 °C	Sucres en g/l	Sucres en g/kg	TAV % vol à 20 °C
20.0	1.36384	1.0818	191.9	177.4	11.40
20.1	1.36401	1.0822	193.0	178.4	11.47
20.2	1.36418	1.0827	194.2	179.3	11.54
20.3	1.36434	1.0831	195.3	180.3	11.61
20.4	1.36451	1.0836	196.4	181.3	11.67
20.5	1.36468	1.0840	197.6	182.3	11.74
20.6	1.36484	1.0845	198.7	183.2	11.81
20.7	1.36501	1.0849	199.8	184.2	11.87
20.8	1.36518	1.0854	201.0	185.2	11.95
20.9	1.36535	1.0858	202.1	186.1	12.01
21.0	1.36551	1.0863	203.3	187.1	12.08
21.1	1.36568	1.0867	204.4	188.1	12.15
21.2	1.36585	1.0872	205.5	189.1	12.21
21.3	1.36602	1.0876	206.7	190.0	12.28
21.4	1.36619	1.0881	207.8	191.0	12.35
21.5	1.36635	1.0885	209.0	192.0	12.42
21.6	1.36652	1.0890	210.1	192.9	12.49
21.7	1.36669	1.0895	211.3	193.9	12.56
21.8	1.36686	1.0899	212.4	194.9	12.62
21.9	1.36703	1.0904	213.6	195.9	12.69
22.0	1.36720	1.0908	214.7	196.8	12.76
22.1	1.36737	1.0913	215.9	197.8	12.83
22.2	1.36754	1.0917	217.0	198.8	12.90
22.3	1.36771	1.0922	218.2	199.7	12.97
22.4	1.36787	1.0927	219.3	200.7	13.03
22.5	1.36804	1.0931	220.5	201.7	13.10
22.6	1.36821	1.0936	221.6	202.6	13.17
22.7	1.36838	1.0940	222.8	203.6	13.24
22.8	1.36855	1.0945	223.9	204.6	13.31
22.9	1.36872	1.0950	225.1	205.5	13.38
23.0	1.36889	1.0954	226.2	206.5	13.44
23.1	1.36906	1.0959	227.4	207.5	13.51
23.2	1.36924	1.0964	228.5	208.4	13.58
23.3	1.36941	1.0968	229.7	209.4	13.65
23.4	1.36958	1.0973	230.8	210.4	13.72
23.5	1.36975	1.0977	232.0	211.3	13.79
23.6	1.36992	1.0982	233.2	212.3	13.86
23.7	1.37009	1.0987	234.3	213.3	13.92
23.8	1.37026	1.0991	235.5	214.2	14.00
23.9	1.37043	1.0996	236.6	215.2	14.06
24.0	1.37060	1.1001	237.8	216.2	14.13
24.1	1.37078	1.1005	239.0	217.1	14.20
24.2	1.37095	1.1010	240.1	218.1	14.27
24.3	1.37112	1.1015	241.3	219.1	14.34
24.4	1.37129	1.1019	242.5	220.0	14.41
24.5	1.37146	1.1024	243.6	221.0	14.48
24.6	1.37164	1.1029	244.8	222.0	14.55
24.7	1.37181	1.1033	246.0	222.9	14.62
24.8	1.37198	1.1038	247.1	223.9	14.69
24.9	1.37216	1.1043	248.3	224.8	14.76

**Annexe 9 : Fiche dégustateur d'analyse sensorielle (réalisation personnelle à partir de Rousseau et al., 2000)**

**FICHE DEGUSTATION : ANALYSE  
SENSORIELLE DE BAIES DE RAISIN**

Examineur :

N° Echantillon :

Date :

	N°	EXAMEN	1	2	3	4
<b>1</b> Examen visuel des baies	1.1	<i>Couleur</i>				
<b>2</b> Examen tactile des baies	2.1	<i>Aptitude à l'écrasement</i>				
	2.2	<i>Aptitude à l'égrenage</i>				
<b>3</b> Examen gustatif de la pulpe	3.1.1 *	<i>Pulpe sur pellicule</i>	En quantité	Film observable	Film peu visible	Pas de film visible
	3.1.2 *	<i>Pulpe sur pépins ?</i>	Oui		Non	
	3.1.3 *	<i>Libération de jus ?</i>	Oui		Non	
	3.1	<i>Adhérence</i>				
	3.2	<i>Sucrosité</i>				
	3.3	<i>Acidité</i>				
	3.4	<i>Nature des arômes</i>				
<b>4</b> Examen gustatif de la pellicule	4.1	<i>Aptitude à la dilacération</i>				
	4.2	<i>Sécheresse des tanins</i>				
	4.3	<i>Acidité</i>				
	4.4	<i>Nature des arômes</i>				
<b>5</b> Examen visuel et gustatif des pépins	5.1	<i>Couleur</i>				
	5.2	<i>Aptitude à l'écrasement</i>				
	5.3	<i>Arômes</i>				
	5.4	<i>Astringence</i>				

\* : Entourer la proposition adéquate

## Annexe 10 : Protocole d'analyse sensorielle (réalisation personnelle à partir de Rousseau et al., 2000)

- **1° Examen visuel des baies :**

L'examen doit être réalisé aux alentours du point d'insertion du pédicelle. En cas d'hétérogénéité ou de millerandage, on notera la plus « faible » couleur observée.

		Examen Visuel des baies			
		1	2	3	4
<b>1.1</b>	<b>Couleur</b>	Vert véré à jaune pâle	Jaune	Jaune paille	Jaune ambré

- **2° Examen tactile des baies :**

L'évaluation de l'**aptitude à l'égrenage (2.1)** consiste à noter la facilité avec laquelle la baie se détache du pédicelle.

L'évaluation de l'**aptitude à l'écrasement (2.2)** consiste à noter la sensation perçue lorsque l'on presse la baie entre ses doigts. Une fois le pédicelle détaché, il faut presser légèrement les baies en prenant soin d'exercer la même pression à chaque fois (pour un même examinateur).

		Examen tactile des baies			
		1	2	3	4
<b>2.1</b>	<b>Aptitude à l'écrasement</b>	Baie dure éclatant sous forte pression	Baie se déformant légèrement sous le doigt, très élastique, reprenant sa forme initiale	Baie se déformant facilement, légèrement plastique, tardant à reprendre sa forme initiale	Baie molle, s'écrasant complètement avec une légère pression
<b>2.2</b>	<b>Aptitude à l'égrenage</b>	Baie fortement adhérente, pédicelle se détachant difficilement en déchirant la pellicule	Baie adhérente, pédicelle se détachant difficilement en entraînant une grosse partie de la pulpe	Baie se détachant assez facilement, pédicelle entraînant un peu de pulpe non colorée	Baie se détachant très facilement, pédicelle entraînant très peu de pulpe

- **3° Examen gustatif de la pulpe :**

Mettre le raisin en bouche. Dans un premier temps, extraire la pulpe de chacune des 3 baies en pressant successivement chaque baie entre la langue et le palais. Noter la facilité avec laquelle la pulpe se détache de la pellicule (**3.1.1**); observer les pépins et noter la présence éventuelle de pulpe adhérente (**3.1.2**).

Conserver en bouche les 3 pulpes et cracher les pellicules et les pépins dans la main et les conserver. Puis, extraire le jus en écrasant complètement la pulpe entre la langue et le palais. Sur le mélange des jus des trois baies, noter la sensation sucrée (**3.2**), acide (**3.3**), et la nature des arômes (**3.4**).

Enfin lors de la mastication ultérieure de la pellicule, noter une éventuelle libération de jus (**3.1.3**) et en conclure quant à l'adhérence de la pulpe (**3.1**).

		Examen gustatif de la pulpe			
		1	2	3	4
<b>3.1</b>	<b>Adhérence de la pulpe</b>	Pulpe fortement adhérente à la pellicule et aux pépins	Film de pulpe adhérente décelable à l'observation	Film de pulpe peu visible, mais libération de jus lors de la mastication des pellicules	Pas de film de pulpe visible ni de libération de jus lors de la mastication des pellicules.
<b>3.2</b>	<b>Sucrosité de la pulpe</b>	Pulpe peu sucrée	Pulpe moyennement sucrée	Pulpe sucrée	Pulpe très sucrée
<b>3.3</b>	<b>Acidité de la pulpe</b>	Pulpe très acide	Pulpe acide	Pulpe moyennement acide	Pulpe peu acide
<b>3.4</b>	<b>Nature des arômes de la pulpe</b>	Herbacé	Neutre	Fruité	Confituré

- **4° Examen gustatif de la pellicule :**

Prendre en bouche les 3 pellicules préalablement réservées et les mastiquer 15 fois. Bien prêter attention à réaliser à chaque fois le même nombre de mastication. Evaluer alors l'aptitude à la dilacération de la pellicule en examinant la texture du broyat obtenu (4.1).

Puis, passer le broyat obtenu sur le palais, sur les joues et entre les gencives et les muqueuses labiales. Evaluer la facilité à re-saliver et la sensation de douceur tactile et de finesse du grain des tanins après avoir passé le broyat sur le palais. Noter la sécheresse des tanins (4.2)

Après avoir recraché le broyat, évaluer l'acidité de la pellicule (4.3) et la nature des arômes de la pellicule (4.4).

		Examen gustatif de la pellicule			
		1	2	3	4
4.1	<b>Aptitude à la dilacération de la pellicule</b>	Pellicule dure, présence de fragments grossiers en fin de mastication	Pellicule dure, présence de fragments fins en fin de mastication	Pellicule se dilacérant assez facilement, formation d'une pâte presque homogène	Pellicule se dilacérant très facilement, formation d'un broyat très homogène assez rapidement
4.2	<b>Sécheresse des tanins de la pellicule</b>	La langue paraît presque collée au palais, difficulté à resaliver pendant + de 5 sec, sensation agressive sur le palais	La langue glisse avec difficulté, difficulté à re-saliver pendant qq sec ; sensation de grains grossiers	La langue est légèrement accrochée, difficulté à resaliver brève, sensation de grains moyens	La langue glisse sans effort sur le palais, aucune difficulté à resaliver, sensation de grain fin et soyeux
4.3	<b>Acidité de la pellicule</b>	Pellicule très acide	Pellicule acide	Pellicule moyennement acide	Pellicule peu acide
4.4	<b>Nature des arômes de la pellicule</b>	Herbacé	Neutre	Fruité	Confituré

- **5° Examen visuel des pépins :**

Dans un premier temps, examiner la couleur des pépins (5.1). S'il reste des traces vertes, ne pas déguster les pépins : leur forte astringence risquerait de saturer les cellules sensorielles des muqueuses et de priver le dégustateur de ses aptitudes à la dégustation pendant plusieurs minutes.

En cas d'absence de traces vertes, croquer les pépins entre les incisives et noter leur aptitude à l'écrasement (5.2). Puis mastiquer les pépins selon la même procédure que la pellicule et noter la nature des arômes (5.3) et leur astringence (5.4).

		Examen visuel des pépins			
		1	2	3	4
5.1	<b>Couleur des pépins</b>	Blanc à Jaune-Vert	Marron-Vert	Bruns gris	Marron foncé
5.2	<b>Aptitude à l'écrasement des pépins</b>	Forte pression des incisives pour éclater le pépin	Pépin encore humide s'écrasant après une forte pression	Pépin encore dur, légèrement craquant	Pépin craquant facilement
5.3	<b>Arômes des pépins</b>	Pépin inapte à la dégustation	Vert, herbacé	Grillé	Torréfié
5.4	<b>Astringence des pépins</b>	La lèvre glisse avec grande difficulté	La lèvre glisse avec difficulté	La lèvre est légèrement accrochée	La lèvre glisse facilement sur la gencive

## **Annexe 11 : Traitement statistique des données de suivi de longueur des rameaux**

#Vérification de la normalité des résidus pour les différentes dates de mesure :

```
modele1<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="1"),Longueur~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele1))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele1)
W = 0.99125, p-value = 0.7533
#p-value>0.05 : les données de la Mesure 1 suivent une loi normale.
```

```
modele2<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="2"),Longueur~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele2))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele2)
W = 0.97953, p-value = 0.1223
#p-value>0.05 : les données de la Mesure 2 suivent une loi normale.
```

```
modele3<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="3"),Longueur~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele3))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele3)
W = 0.98385, p-value = 0.2615
#p-value>0.05 : les données de la Mesure 3 suivent une loi normale.
```

```
modele4<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="4"),Longueur~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele4))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele4)
W = 0.98327, p-value = 0.2311
#p-value>0.05 : les données de la Mesure 4 suivent une loi normale.
```

```
modele5<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="5"),Longueur~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele5))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele5)
W = 0.97316, p-value = 0.03714
#p-value<0.05 : les données de la Mesure 5 ne suivent pas une loi normale bien qu'on s'en approche.
```

```
modele6<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="6"),Longueur~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele6))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele6)
W = 0.977, p-value = 0.09614
#p-value>0.05 : les données de la Mesure 6 suivent une loi normale.
```

```
modele7<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="7"),Longueur~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele7))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele7)
W = 0.98093, p-value = 0.1396
#p-value>0.05 : les données de la Mesure 7 suivent une loi normale.
```

#Vérification de l'homogénéité des variances :

```
modele<- lm(Longueur~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille, data=Datas)
bartlett.test(residuals(modele)~Datas$Modalité)
Bartlett test of homogeneity of variances
data: residuals(modele) by Datas$Modalité
Bartlett's K-squared = 5.8601, df = 3, p-value = 0.1186
#p-value>0.05 : les variances sont homogènes.
```

Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sous XLSTAT :

Test de sphéricité de Mauchly :					
DDL	Statistique de Mauchly	Khi <sup>2</sup>	Pr > Khi <sup>2</sup>	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon
14	0,033514897	329,728805	0,000	0,678	0,728

Tests des effets inter-sujet :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Date de taille	1	17,928	17,928	4,470	0,037
Mode de taille	1	9,877	9,877	2,463	0,120
Date de taille*Mode de taille	1	0,529	0,529	0,132	0,717
Erreur	96	385,011	4,011		

Tests des effets intra-sujet :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Date	5	199,852	39,970	49,675	< 0,0001
Date de taille*Date	5	14,732	2,946	3,662	0,003
Mode de taille*Date	5	7,232	1,446	1,798	0,111
Date de taille*Mode de taille*Date	5	3,500	0,700	0,870	0,501
Erreur	481	387,028	0,805		

Test des comparaisons multiples (Fischer-LSD) :

Date de taille / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :					
Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Date de taille-T vs Date de taille-P	0,586	2,428	1,985	0,017	Oui
LSD-value :					
			0,478		
Modalité	Moyennes estimées	Groupes			
Date de taille-T	1,452	A			
Date de taille-P	0,866	B			
Mode de taille / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :					
Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Mode de taille-G vs Mode de taille-M	0,408	1,693	1,985	0,094	Non
LSD-value :					
			0,478		
Modalité	Moyennes estimées	Groupes			
Mode de taille-G	1,363	A			
Mode de taille-M	0,955	A			
Date de taille*Mode de taille / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :					
Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Date de taille-T*Mode de taille-G vs Date de taille-P*Mode de taille-M	0,994	2,944	1,985	0,004	Oui
Date de taille-T*Mode de taille-G vs Date de taille-P*Mode de taille-G	0,549	1,609	1,985	0,111	Non
Date de taille-T*Mode de taille-G vs Date de taille-T*Mode de taille-M	0,372	1,101	1,985	0,274	Non
Date de taille-T*Mode de taille-M vs Date de taille-P*Mode de taille-M	0,622	1,825	1,985	0,071	Non
Date de taille-T*Mode de taille-M vs Date de taille-P*Mode de taille-G	0,177	0,515	1,985	0,608	Non
Date de taille-P*Mode de taille-G vs Date de taille-P*Mode de taille-M	0,445	1,292	1,985	0,199	Non
LSD-value :					
			0,677		

## **Annexe 12 : Traitement statistique des données de suivi de croissance des rameaux**

#Vérification de la normalité des résidus pour les différentes dates de mesure :

```
modele1<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="1"),Croissance~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele1))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele1)
W = 0.98648, p-value = 0.4035
#p-value>0.05 : les données de la Mesure 1 suivent une loi normale.
```

```
modele2<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="2"),Croissance~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele2))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele2)
W = 0.98256, p-value = 0.2094
#p-value>0.05 : les données de la Mesure 2 suivent une loi normale.
```

```
modele3<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="3"),Croissance~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele3))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele3)
W = 0.99134, p-value = 0.7714
#p-value>0.05 : les données de la Mesure 3 suivent une loi normale.
```

```
modele4<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="4"),Croissance~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele4))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele4)
W = 0.97271, p-value = 0.03575
#p-value<0.05 : les données de la Mesure 4 ne suivent pas une loi normale mais on s'en approche fortement.
```

```
modele5<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="5"),Croissance~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele5))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele5)
W = 0.95089, p-value = 0.0009493
#p-value<0.05 : les données de la Mesure 5 ne suivent pas une loi normale.
```

```
modele6<- lm(data=subset(Datas,Mesure=="6"),Croissance~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele6))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele6)
W = 0.93149, p-value = 6.049e-05
#p-value<0.05 : les données de la Mesure 6 ne suivent pas une loi normale.
```

#Vérification de l'homogénéité des variances :

```
modele7<- lm(data=Datas, Croissance~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
bartlett.test(residuals(modele7)~Datas$Modalité)
Bartlett test of homogeneity of variances
data: residuals(modele7) by Datas$Modalité
Bartlett's K-squared = 1.0495, df = 3, p-value = 0.7893
#p-value>0.05 : les variances sont homogènes.
```

Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sous XLSTATS :

Test de sphéricité de Mauchly :					
DDL	Statistique de Mauchly	Khi <sup>2</sup>	Pr > Khi <sup>2</sup>	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon
14	0,033514897	329,728805	0,000	0,678	0,728

Tests des effets inter-sujet :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Date de taille	1	17,928	17,928	4,470	0,037
Mode de taille	1	9,877	9,877	2,463	0,120
Date de taille*Mode de taille	1	0,529	0,529	0,132	0,717
Erreur	96	385,011	4,011		

Tests des effets intra-sujet :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Date	5	199,852	39,970	49,675	< 0,0001
Date de taille*Date	5	14,732	2,946	3,662	0,003
Mode de taille*Date	5	7,232	1,446	1,798	0,111
Date de taille*Mode de taille*Date	5	3,500	0,700	0,870	0,501
Erreur	481	387,028	0,805		

Test des comparaisons multiples (Fischer-LSD) :

Date de taille / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :					
Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Date de taille-T vs Date de taille-P	0,586	2,428	1,985	0,017	Oui
LSD-value :			0,478		
Modalité	Moyennes estimées	Groupes			
Date de taille-T	1,452	A			
Date de taille-P	0,866	B			
Mode de taille / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :					
Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Mode de taille-G vs Mode de taille-M	0,408	1,693	1,985	0,094	Non
LSD-value :			0,478		
Modalité	Moyennes estimées	Groupes			
Mode de taille-G	1,363	A			
Mode de taille-M	0,955	A			
Date de taille*Mode de taille / Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :					
Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
Date de taille-T*Mode de taille-G vs Date de taille-P*Mode de taille-M	0,994	2,944	1,985	0,004	Oui
Date de taille-T*Mode de taille-G vs Date de taille-P*Mode de taille-G	0,549	1,609	1,985	0,111	Non
Date de taille-T*Mode de taille-G vs Date de taille-T*Mode de taille-M	0,372	1,101	1,985	0,274	Non
Date de taille-T*Mode de taille-M vs Date de taille-P*Mode de taille-M	0,622	1,825	1,985	0,071	Non
Date de taille-T*Mode de taille-M vs Date de taille-P*Mode de taille-G	0,177	0,515	1,985	0,608	Non
Date de taille-P*Mode de taille-G vs Date de taille-P*Mode de taille-M	0,445	1,292	1,985	0,199	Non
LSD-value :			0,677		

## Annexe 13 : Traitement statistique des données de suivi surface foliaire

#Vérification de la normalité des résidus et de l'homogénéité des variances pour les différents stades phénologiques :

### #STADE « FERMETURE DE GRAPPE » :

```
FDG <- subset(Datas,Stade=="Fermeture de grappe")
modele1<- lm(data=FDG,Surface~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele1))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele1)
W = 0.98193, p-value = 0.0004692
#p-value<0.05 : les données du stade « Fermeture de grappe » ne suivent pas une loi normale.
```

```
inter1 <- interaction(FDG$Mode.de.taille, FDG$Date.de.taille, sep=" _")
leveneTest(residuals(modele1)~inter1)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 3  0.2337 0.8729
    316
#p-value>0.05 : les variances du stade « Fermeture de grappe » sont homogènes.
```

### #STADE « MI-VERAISON » :

```
MV <- subset(Datas,Stade=="Mi-Véraison")
modele2<- lm(data=MV,Surface~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele2))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele2)
W = 0.97371, p-value = 1.383e-05
#p-value<0.05 : les données du stade « Mi-Véraison » ne suivent pas une loi normale.
```

```
inter2 <- interaction(MV$Mode.de.taille, MV$Date.de.taille, sep=" _")
leveneTest(residuals(modele2)~inter2)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 3  1.4644 0.2242
    316
#p-value>0.05 : les variances du stade « Mi-Véraison » sont homogènes.
```

### #STADE « MI-FLORAISON »

```
MF <- subset(Datas,Stade=="Mi-floraison")
modele3<- lm(data=MF,Surface~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele3))
Shapiro-Wilk normality test
data: residuals(modele3)
W = 0.96297, p-value = 2.89e-07
#p-value>0.05 : les données du stade « Mi-floraison » ne suivent pas une loi normale.
```

```
inter3 <- interaction(MF$Mode.de.taille, MF$Date.de.taille, sep=" _")
leveneTest(residuals(modele3)~inter3)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 3  2.613 0.05134
    316
#p-value>0.05 : les variances du stade « Mi-floraison » sont homogènes.
```

#Vérification de la normalité des résidus et de l'homogénéité des variances pour l'ensemble des données (tous stades confondus) :

```
modele4<- lm(Surface~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille, data=Datas)
```

```
shapiro.test(residuals(modele4))
```

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(modele4)

W = 0.98677, p-value = 1.282e-07

#p-value<0.05 : les données ne suivent pas une loi normale.

#Vérification de l'homogénéité des variances :

```
inter4 <- interaction(Datas$Mode.de.taille, Datas$Date.de.taille, sep="_")
```

```
leveneTest(residuals(modele4)~inter4)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
--	----	---------	--------

group	3	0.4714	0.7023
-------	---	--------	--------

	956		
--	-----	--	--

#p-value>0.05 : les variances sont homogènes.

#Réalisation des ANOVA :

**#STADE « FERMETURE DE GRAPPE » :**

```
anova(modele1)
```

Analysis of Variance Table

Response: Surface

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Date.de.taille	1	40492311	40492311	3.6411	0.05727 .
Mode.de.taille	1	4546395	4546395	0.4088	0.52303
Date.de.taille:Mode.de.taille	1	45175502	45175502	4.0623	0.04470 *
Residuals	316	3514161170	11120763		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Il y a un effet significatif de la date de taille sur la Surface foliaire. L'interaction entre et mode de taille est significative.

#Réalisation du test post-hoc :

```
"PostHocTest"(aov(modele1), method = "lsd")
```

Posthoc multiple comparisons of means : Fisher LSD

95% family-wise confidence level

\$Date.de.taille

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
--	------	--------	--------	------

T-P	711.4449	-22.11726	1445.007	0.0573 .
-----	----------	-----------	----------	----------

\$Mode.de.taille

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
--	------	--------	--------	------

M-G	238.3903	-495.1719	971.9525	0.5230
-----	----------	-----------	----------	--------

\$`Date.de.taille:Mode.de.taille`

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
--	------	--------	--------	------

T:G-P:G	1462.90603	425.49243	2500.3196	0.0059 **
---------	------------	-----------	-----------	-----------

P:M-P:G	989.85141	-47.56218	2027.2650	0.0614 .
---------	-----------	-----------	-----------	----------

T:M-P:G	949.83525	-87.57835	1987.2488	0.0726 .
---------	-----------	-----------	-----------	----------

P:M-T:G	-473.05462	-1510.46821	564.3590	0.3703
---------	------------	-------------	----------	--------

T:M-T:G	-513.07078	-1550.48438	524.3428	0.3313
---------	------------	-------------	----------	--------

T:M-P:M	-40.01616	-1077.42976	997.3974	0.9396
---------	-----------	-------------	----------	--------

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**#STADE « MI-VERAISON » :**

**anova(modele2)**

Analysis of Variance Table

Response: Surface

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Date.de.taille	1	11979908	11979908	1.3174	0.2519
Mode.de.taille	1	15703551	15703551	1.7269	0.1898
Date.de.taille:Mode.de.taille	1	16626302	16626302	1.8284	0.1773
Residuals	316	2873558226	9093539		

#Il n'y a aucun effet significatif de la date ou du mode de taille à ce stade.

**#Réalisation du test post-hoc :**

**"PostHocTest"(aov(modele2), method = "lsd")**

Posthoc multiple comparisons of means : Fisher LSD

95% family-wise confidence level

\$Date.de.taille

diff	lwr.ci	upr.ci	pval
------	--------	--------	------

T-P	386.974	-276.3659	1050.314	0.2519
-----	---------	-----------	----------	--------

\$Mode.de.taille

diff	lwr.ci	upr.ci	pval
------	--------	--------	------

M-G	443.0512	-220.2886	1106.391	0.1898
-----	----------	-----------	----------	--------

\$`Date.de.taille:Mode.de.taille`

diff	lwr.ci	upr.ci	pval
------	--------	--------	------

T:G-P:G	842.85638	-95.24786	1780.9606	0.0781
---------	-----------	-----------	-----------	--------

P:M-P:G	898.93364	-39.17060	1837.0379	0.0603
---------	-----------	-----------	-----------	--------

T:M-P:G	830.02519	-108.07905	1768.1294	0.0827
---------	-----------	------------	-----------	--------

P:M-T:G	56.07726	-882.02698	994.1815	0.9065
---------	----------	------------	----------	--------

T:M-T:G	-12.83119	-950.93543	925.2730	0.9785
---------	-----------	------------	----------	--------

T:M-P:M	-68.90845	-1007.01269	869.1958	0.8852
---------	-----------	-------------	----------	--------

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**#STADE « MI-FLORAISON » :**

**anova(modele3)**

Analysis of Variance Table

Response: Surface

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Date.de.taille	1	4586878	4586878	0.5991	0.4394841
Mode.de.taille	1	87262076	87262076	11.3983	0.0008269 ***
Date.de.taille:Mode.de.taille	1	113065308	113065308	14.7687	0.0001469 ***
Residuals	316	2419213443	7655739		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Il y a un effet très significatif du mode de taille sur la Surface foliaire. L'interaction entre et mode de taille est très significative.

**#Réalisation du test post-hoc :**

**"PostHocTest"(aov(modele3), method = "lsd")**

Posthoc multiple comparisons of means : Fisher LSD

95% family-wise confidence level

\$Date.de.taille

diff	lwr.ci	upr.ci	pval
------	--------	--------	------

T-P	239.4493	-369.1945	848.0931	0.4395
-----	----------	-----------	----------	--------

\$Mode.de.taille

diff	lwr.ci	upr.ci	pval
------	--------	--------	------

M-G	1044.402	435.7584	1653.046	0.00083 ***
-----	----------	----------	----------	-------------

\$`Date.de.taille:Mode.de.taille`

diff	lwr.ci	upr.ci	pval
------	--------	--------	------

T:G-P:G	1428.2792	567.52685	2289.0314	0.0012 **
---------	-----------	-----------	-----------	-----------

```

P:M-P:G 2233.2320 1372.47973 3093.9843 5.7e-07 ***
T:M-P:G 1283.8515 423.09923 2144.6038 0.0036 **
P:M-T:G 804.9529 -55.79942 1665.7052 0.0667 .
T:M-T:G -144.4276 -1005.17992 716.3247 0.7415
T:M-P:M -949.3805 -1810.13280 -88.6282 0.0307 *
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

**#TOUS STADES CONFONDUS :**

**anova(modele4)**

Analysis of Variance Table

Response: Surface

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Date.de.taille	1	4.7730e+07	47730437	3.9101	0.0482836 *
Mode.de.taille	1	7.9428e+07	79427643	6.5068	0.0109014 *
Date.de.taille:Mode.de.taille	1	1.5311e+08	153110578	12.5429	0.0004169 ***
Residuals	956	1.1670e+10	12206957		

```

---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

#Il y a un effet significatif de la date et du mode de taille sur la Surface foliaire. L'interaction entre les deux facteurs est fortement significative.

**#Réalisation du test post-hoc :**

**"PostHocTest"(aov(modele), method = "lsd")**

Posthoc multiple comparisons of means : Fisher LSD

95% family-wise confidence level

\$Date.de.taille

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
--	------	--------	--------	------

T-P 445.9561 3.371416 888.5407 0.0483 \*

\$Mode.de.taille

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
--	------	--------	--------	------

M-G 575.2812 132.6966 1017.866 0.0109 \*

\$Date.de.taille:Mode.de.taille

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
--	------	--------	--------	------

T:G-P:G 1244.6805 618.7713 1870.5897 0.0001 \*\*\*

P:M-P:G 1374.0057 748.0965 1999.9149 1.8e-05 \*\*\*

T:M-P:G 1021.2373 395.3281 1647.1465 0.0014 \*\*

P:M-T:G 129.3252 -496.5841 755.2344 0.6852

T:M-T:G -223.4432 -849.3524 402.4660 0.4837

T:M-P:M -352.7684 -978.6776 273.1409 0.2690

```

---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

## Annexe 14 : Traitement statistique des données de taux de nouaison

#Vérification de la normalité des résidus pour les différentes dates de mesure :

```
modele<- lm(data=Datas,Taux.de.nouaison~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele))
```

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(modele)

W = 0.97922, p-value = 0.5465

#p-value>0.05 : les données suivent une loi normale.

#Vérification de l'homogénéité des variances :

```
inter <- interaction(Datas$Mode.de.taille, Datas$Date.de.taille, sep=" _")
```

```
bartlett.test(residuals(modele)~inter)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: residuals(modele) by Datas\$inter

Bartlett's K-squared = 5.9811, df = 3, p-value = 0.1125

#p-value>0.05 : les variances sont homogènes.

#Réalisation de l'ANOVA :

```
anova(modele)
```

Analysis of Variance Table

Response: Taux.de.nouaison

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Date.de.taille	1	0.33584	0.33584	8.3858	0.005869 **
Mode.de.taille	1	0.01798	0.01798	0.4490	0.506333
Date.de.taille:Mode.de.taille	1	0.00387	0.00387	0.0966	0.757376
Residuals	44	1.76214	0.04005		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Il y a un effet significatif de la Date de taille sur le Taux de nouaison.

#Réalisation du test post-hoc

```
"PostHocTest"(aov(modele), method = "lsd")
```

Posthoc multiple comparisons of means : Fisher LSD

95% family-wise confidence level

\$Date.de.taille

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
T-P	0.1672917	0.05086375	0.2837196	0.0059 **

\$Mode.de.taille

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
M-G	0.03870833	-0.07771958	0.1551362	0.5063

\$`Date.de.taille:Mode.de.taille`

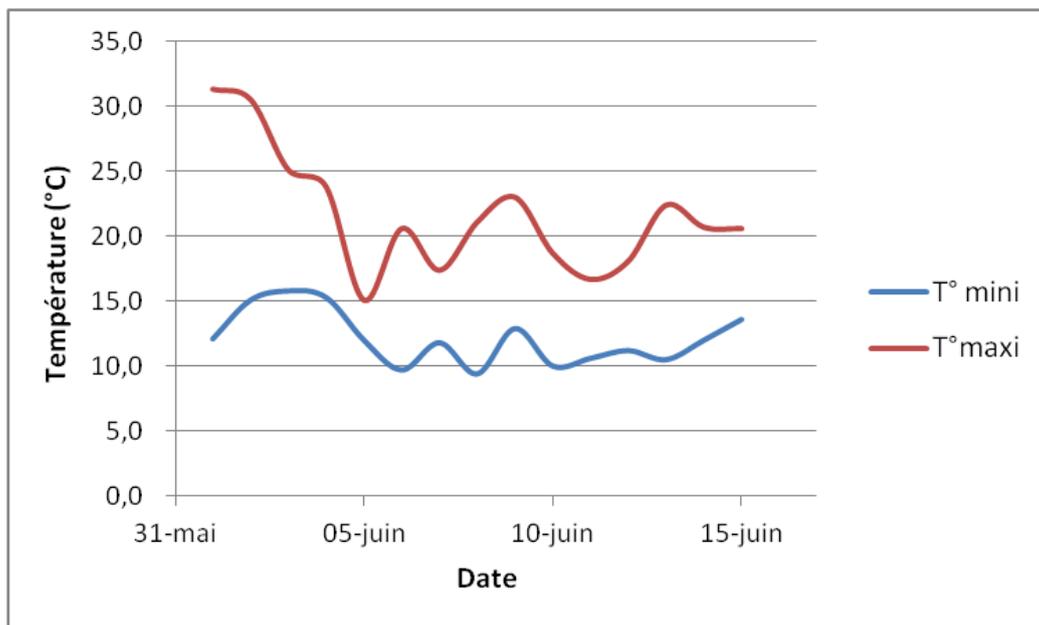
	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
T:G-P:G	0.18525000	0.02059607	0.3499039	0.0283 *
P:M-P:G	0.05666667	-0.10798727	0.2213206	0.4916
T:M-P:G	0.20600000	0.04134607	0.3706539	0.0154 *
P:M-T:G	-0.12858333	-0.29323727	0.0360706	0.1227
T:M-T:G	0.02075000	-0.14390393	0.1854039	0.8007
T:M-P:M	0.14933333	-0.01532060	0.3139873	0.0744 .

---

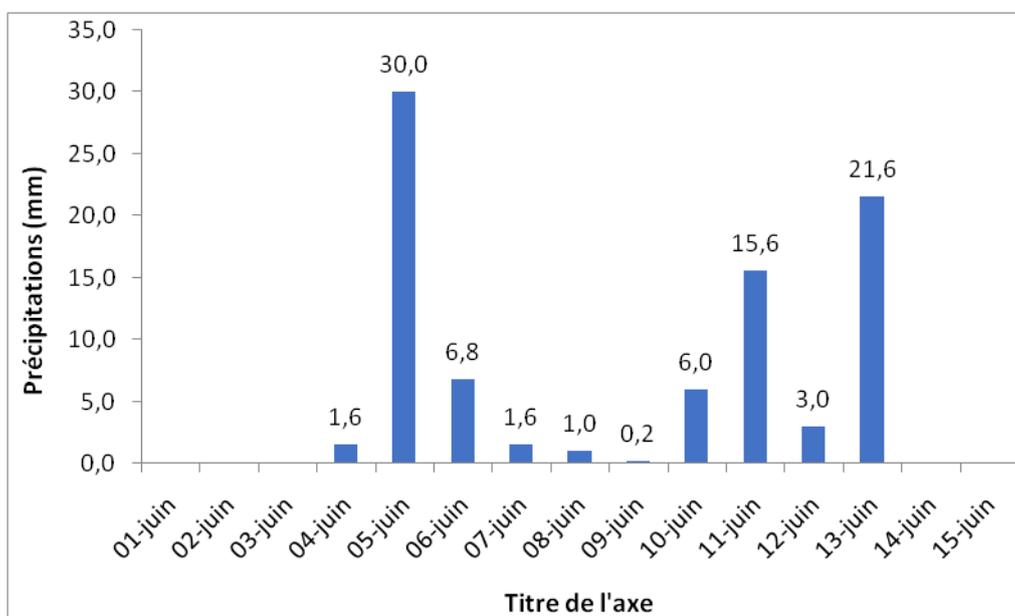
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Le test nous révèle que les différences de taux de nouaison sont significatives selon la date pour les 2 modes de taille.

**Annexe 15 : Evolution des températures minimales et maximales entre le 01-juin et le 15-juin (autour de la mi-floraison)**



**Annexe 16 : Précipitations entre le 01-juin et le 15-juin**



## Annexe 17 : Traitement statistique des données de nombre de baies par grappe

#Vérification de la normalité des résidus pour les différentes dates de mesure :

```
modele<- lm(data=Datas,Nombre.de.baies.par.grappe~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele))
```

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(modele)

W = 0.98102, p-value = 0.6217

#p-value>0.05 : les données suivent une loi normale.

#Vérification de l'homogénéité des variances :

```
inter <- interaction(Datas$Mode.de.taille, Datas$Date.de.taille, sep=" _")
```

```
bartlett.test(residuals(modele)~inter)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: residuals(modele) by inter

Bartlett's K-squared = 3.4416, df = 3, p-value = 0.3284

#p-value>0.05 : les variances sont homogènes.

#Réalisation de l'ANOVA :

```
anova(modele)
```

Analysis of Variance Table

Response: Nombre.de.baies.par.grappe

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Date.de.taille	1	12545	12545.3	8.1485	0.006549 **
Mode.de.taille	1	4563	4563.0	2.9638	0.092173 .
Date.de.taille:Mode.de.taille	1	0	0.1	0.0001	0.994163
Residuals	44	67742	1539.6		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Réalisation du test post-hoc :

```
"PostHocTest"(aov(modele), method = "lsd")
```

Posthoc multiple comparisons of means : Fisher LSD

95% family-wise confidence level

```
$Date.de.taille
```

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
T-P	32.33333	9.505499	55.16117	0.0065 **

```
$Mode.de.taille
```

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
M-G	19.5	-3.327834	42.32783	0.0922 .

```
$`Date.de.taille:Mode.de.taille`
```

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
T:G-P:G	32.25000	-0.03343276	64.53343	0.0502 .
P:M-P:G	19.41667	-12.86676610	51.70010	0.2319
T:M-P:G	51.83333	19.54990057	84.11677	0.0023 **
P:M-T:G	-12.83333	-45.11676610	19.45010	0.4273
T:M-T:G	19.58333	-12.70009943	51.86677	0.2280
T:M-P:M	32.41667	0.13323390	64.70010	0.0491 *

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## Annexe 18 : Traitement statistique des données de fertilité par rameau

#Vérification de la normalité des résidus pour les différentes dates de mesure :

```
modele<- lm(data=Datas,Charge.par.rameau~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele))
```

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(modele)

W = 0.88318, p-value < 2.2e-16

#p-value>0.05 : les données ne suivent pas une loi normale.

#Vérification de l'homogénéité des variances :

```
inter <- interaction(Datas$Mode.de.taille, Datas$Date.de.taille, sep="_")
```

```
leveneTest(residuals(modele)~inter)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

	Df	F value	Pr(>F)
group	3	5.6454	0.0007662 ***
	1250		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#p-value>0.05 : les variances ne sont pas homogènes.

#Réalisation du test de Kruskal-Wallis:

```
kruskal.test(grappes.par.rameau~Modalité, data=Datas)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: grappes.par.rameau by Modalité

Kruskal-Wallis chi-squared = 13.853, df = 3, p-value = 0.003112

#Réalisation du test post-hoc:

```
dunnTest(grappes.par.rameau ~ Modalité, data=Datas, method="bh")
```

Dunn (1964) Kruskal-Wallis multiple comparison

p-values adjusted with the Benjamini-Hochberg method.

Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1 PG - PM	-2.22650079	0.025980656	0.03897098
2 PG - TG	0.65868563	0.510097663	0.61211720
3 PM - TG	2.90049578	0.003725728	0.01117719
4 PG - TM	-2.23506501	0.025413081	0.05082616
5 PM - TM	0.09962792	0.920639728	0.92063973
6 TG - TM	-2.94738845	0.003204703	0.01922822

## **Annexe 19 : Traitement statistique des données de fertilité par pied**

#Vérification de la normalité des résidus pour les différentes dates de mesure :

```
modele<- lm(data=Datas,Charge.en.grappe~Date.de.taille+Mode.de.taille+Date.de.taille:Mode.de.taille)
shapiro.test(residuals(modele))
```

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(modele)

W = 0.98867, p-value = 0.3758

#p-value>0.05 : les données suivent une loi normale.

#Vérification de l'homogénéité des variances :

```
inter <- interaction(Datas$Mode.de.taille, Datas$Date.de.taille, sep=" _")
```

```
bartlett.test(residuals(modele)~inter)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: residuals(modele) by inter

Bartlett's K-squared = 0.033838, df = 3, p-value = 0.9527

#p-value>0.05 : les variances sont homogènes.

#Réalisation de l'ANOVA :

```
anova(modele)
```

Analysis of Variance Table

Response: Charge.en.grappe

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Date.de.taille	1	82.88	82.883	4.6783	0.03246 *
Mode.de.taille	1	2.26	2.258	0.1274	0.72171
Date.de.taille:Mode.de.taille	1	18.76	18.758	1.0588	0.30550
Residuals	124	2196.84	17.716		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Il y a un effet significatif de la Date de taille sur la Charge en Grappe par pied.

#Réalisation du test post-hoc

```
"PostHocTest"(aov(modele), method = "lsd")
```

Posthoc multiple comparisons of means : Fisher LSD

95% family-wise confidence level

```
$Date.de.taille
```

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
T-P	1.609375	0.1366522	3.082098	0.0325 *

```
$Mode.de.taille
```

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
M-G	0.265625	-1.207098	1.738348	0.7217

```
$`Date.de.taille:Mode.de.taille`
```

	diff	lwr.ci	upr.ci	pval
T:G-P:G	0.84375	-1.2389946	2.9264946	0.4242
P:M-P:G	-0.50000	-2.5827446	1.5827446	0.6355
T:M-P:G	1.87500	-0.2077446	3.9577446	0.0772 .
P:M-T:G	-1.34375	-3.4264946	0.7389946	0.2040
T:M-T:G	1.03125	-1.0514946	3.1139946	0.3290
T:M-P:M	2.37500	0.2922554	4.4577446	0.0258 *

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#Le test nous révèle que les différences de Charge en grappe par pied sont significatives uniquement pour la taille Médoc.

## **Annexe 20 : Traitement statistique des données d'analyse sensorielle**

Test de classement de Friedman (réalisé sous excel) :

- Analyse sensorielle du 22/08 : 7 dégustateurs, 16 échantillons.

Echantillons	Classement																R
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
PG1-1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	59
PG1-2	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	48
PG2-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	84
PG2-2	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	53
PM1-1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	38
PM1-2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	65
PM2-1	0	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	43
PM2-2	1	0	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	43
TG1-1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	61
TG1-2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1	0	1	0	1	80
TG2-1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	63
TG2-2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	63
TM1-1	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	58
TM1-2	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	1	60
TM2-1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	41
TM2-2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	93

**Statistique de Friedman : F=23,48**

D'après SMITH, 1985, deux échantillons sont considérés comme différents dans le cas présent (16 échantillons, 7 dégustateurs), si la différence de leur somme de classement est supérieure à 60. Il n'y a donc aucune différence significative entre les échantillons.

- Analyse sensorielle du 28/08 : 7 dégustateurs, 16 échantillons.

Echantillons	Classement																R
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
PG1-1	1	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	54
PG1-2	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	61
PG2-1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	48
PG2-2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	67
PM1-1	2	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	34
PM1-2	0	1	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	46
PM2-1	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	54
PM2-2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	1	72
TG1-1	0	1	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	59
TG1-2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	1	66
TG2-1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0	1	70
TG2-2	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	2	0	1	71
TM1-1	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	59
TM1-2	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	45
TM2-1	0	1	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0	1	0	0	59
TM2-2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	1	2	0	87

**Statistique de Friedman : F=16,71**

D'après SMITH, 1985, deux échantillons sont considérés comme différents dans le cas présent (16 échantillons, 7 dégustateurs), si la différence de leur somme de classement est supérieure à 60. Il n'y a donc aucune différence significative entre les échantillons.

- Analyse sensorielle du 04/09 : 10 dégustateurs, 16 échantillons.

Echantillons	Classement																R
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
PG1-1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	2	0	1	1	0	1	0	80
PG1-2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	0	113
PG2-1	2	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	1	0	79
PG2-2	1	3	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	58
PM1-1	1	1	0	3	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	70
PM1-2	1	1	2	1	1	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	58
PM2-1	1	0	1	0	1	2	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	80
PM2-2	1	1	0	0	0	0	2	3	1	1	0	0	0	0	1	0	75
TG1-1	0	0	0	0	2	0	1	2	1	0	0	0	1	1	0	2	101
TG1-2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	1	2	2	0	0	113
TG2-1	0	0	2	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	72
TG2-2	0	1	2	1	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	68
TM1-1	0	0	1	1	0	2	0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	90
TM1-2	0	1	1	0	1	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	76
TM2-1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	1	2	0	2	117
TM2-2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	1	1	1	110

### Statistique de Friedman : F=26,0

D'après SMITH, 1985, deux échantillons sont considérés comme différents dans le cas présent (16 échantillons, 10 dégustateurs), si la différence de leur somme de classement est supérieure à 70. Il n'y a donc aucune différence significative entre les échantillons.

### Annexe 21 : Les porte-greffes 110 R, 101-14 MGt et 3309 C

Les porte-greffes de la vigne sont multiples et possèdent des caractéristiques agronomiques distinctes dépendant notamment des propriétés des variétés dont ils sont issus. Il existe chez les porte-greffes différentes capacités d'absorption des minéraux du sol (Pouget et Delas, 1982), différentes sensibilités aux maladies (Delas et al., 1982) et à la sécheresse (Carbonneau, 1985) ou encore différentes propensions à s'accommoder des toxicités des sols telle que la chlorose (Pouget et Ottenwaelter, 1978). De ce fait, le porte-greffe influe fortement sur le développement du greffon et sur certaines caractéristiques agronomiques telles que la vigueur ou le rendement (Carbonneau et Casteran, 1987). Le tableau ci-dessous regroupe les potentialités d'adaptation au milieu ainsi que les aptitudes agronomiques de 3 porte-greffes : le 110 R, le 101-14 MGt et le 3309 C.

#### Le 110 R

Le 110 Richter (ou 110 R) est issu d'un croisement des espèces *Vitis rupestris* et *Vitis berlandieri* bien adapté à la sécheresse et aux sols calcaires (résistant jusqu'à 17% de calcaire actif pour certains assemblages). Ce porte-greffe est en revanche très sensible aux excès d'humidité. Par ailleurs, la vigueur et la fertilité conférées par le 110 R sont considérée comme fortes et il peut induire un léger décalage du cycle végétatif et, de ce fait, un retard dans la maturation des baies (Source : Plantgrape). Enfin, aucun cas d'incompatibilité avec le Sauvignon blanc n'a été à priori recensé.

#### Le 101-14 MGt

Le 101-14 de Millardet et De Grasset (ou 101-14 MGt) est lui issu d'un croisement entre *Vitis riparia* et *Vitis rupestris*. Il n'est que peu tolérant à la chlorose (jusqu'à 9% de calcaire actif) et se trouve en outre être sensible aux sols acides, à la toxicité cuivrique et à la carence en bore. Ce porte-greffe est par ailleurs bien adapté à l'humidité mais sensible à la sécheresse, c'est pourquoi il s'accommode de sols argileux offrant une bonne alimentation hydrique. Contrairement au 110 R, le 101-14 maîtrise la vigueur et le rendement du greffon tout en avançant le cycle végétatif de ce

dernier. Enfin, l'assemblage avec le Sauvignon blanc semble être qualitatif autant que productif et donc bien apprécié des vigneron (Source : Plantgrape).

### Le 3309 C

Le 3309 Couderc (ou 3309 C) est, à l'instar du 101-14, le fruit d'un croisement de *Vitis riparia* et *Vitis rupestris*. Il s'agit d'un porte-greffe légèrement tolérant à la chlorose (jusqu'à 11% de calcaire actif) et bien adapté aux sols acides. Il est très sensible au stress hydrique autant qu'à l'excès d'humidité et s'adapte bien aux sols profonds sablo-argileux peu calcaires. Le 3309 C confère une vigueur moyenne au greffon et favorise la nouaison des cépages sensibles à la coulure. Il contribue de ce fait à favoriser de bons rendements (Source : Plantgrape). Bien que ce porte-greffe semble donner des résultats appréciables en assemblage avec le Sauvignon blanc, de nombreux cas d'incompatibilité ont été observés avec ce cépage, entraînant notamment dans certains cas un fort dépérissement des souches. Cependant, les études menées sur ce sujet n'ont pas apporté de preuve tangible de cette incompatibilité (*D'Khili et al., 1994*).

Porte-greffe	Adaptation au milieu				Interaction avec le greffon			Compatibilité avec le Sauvignon Blanc
	Chlorose	Sol acide	Sécheresse	Humidité	Vigueur	Rendement	Précocité du cycle végétatif	
110 R	+	=	++	--	+	+	-	+
101-14 MGt	-	--	-	++	-	-	+	++
3309 C	-	++	--	--	=	+	=	+ -

*Adaptation au milieu et potentialités agronomiques de 3 porte-greffes : 110 R, 101-14 MGt et 3309 C (Source : Plantgrape, réalisation personnelle)*



## Résumé :

La perpétuelle remise en question d'un premier cru classé tel que Château Margaux a amené l'équipe technique du château à entreprendre des travaux pour optimiser le rendement de son vin blanc (le Pavillon blanc, 100% Sauvignon blanc) tout en conservant ses qualités organoleptiques. La taille de la vigne est au cœur de ce processus d'optimisation. Deux paramètres de la taille (date et mode) sont en effet étudiés depuis maintenant plusieurs années dans le but d'augmenter les rendements jusqu'alors faibles (de l'ordre de 20hL/ha) tout en préservant le potentiel qualitatif du vin. Sur la base des travaux entrepris lors des précédents millésimes, les parcelles de Sauvignon blanc sont désormais taillées en Guyot mixte en lieu et place de la taille « médocaine » traditionnelle dans la région (Guyot double). La combinaison de ce nouveau mode de taille avec une date de taille tardive, pratiquée depuis de nombreuses années pour protéger les parcelles des gelées de Printemps, a été étudiée. Le rendement, la vigueur et la maturation de différentes modalités de taille combinant divers modes (Guyot et « Médoc ») et dates de taille (précoce et tardive) ont ainsi été suivis durant le millésime 2019. Les résultats montrent, contrairement aux précédentes études réalisées sur le même sujet, que la taille Guyot mixte entraîne une importante chute de rendement par rapport à la taille « Médoc » et ne permet pas de maîtriser davantage la vigueur du Sauvignon blanc. Bien que les analyses sensorielles n'aient révélé aucune différence significative lors de la dégustation de baies issues de différentes modalités de taille, il apparaît que la taille Guyot modifie la composition des moûts en arômes variétaux. Par ailleurs, la taille tardive ne semble pas décaler la maturation des baies outre mesure tout en permettant de meilleurs rendements qu'une taille précoce, plus sensible au gel.

**Mots clés :** Sauvignon blanc, date de taille, Guyot, rendement, vigueur, maturation, thioles variétaux.

## Abstract :

A continuous reconsideration of a « premier cru classé » such as Château Margaux led the château's technical team to conduct studies to optimize white wine (Pavillon blanc, 100% Sauvignon blanc) yield whereas keeping its quality. Grapevine pruning is the key for this optimization process. Indeed, two pruning parameters (pruning date and type) are studied for several years to increase low yields (around 20hl/ha) while maintaining wine quality. Following previous vintages studies, Château Margaux Sauvignon blanc parcels are now simple Guyot pruned instead of the typical double Guyot pruning of the Médoc area. Late and Guyot pruning combination were studied, as late pruning allowed a protection against spring frost for decades. Grapevine yield, vigor and maturity were analyzed during 2019 vintage, combining pruning dates (early and late) and types (simple and double Guyot). According to results, simple Guyot pruning yields are significantly lower than double Guyot pruning yields, despite previous studies showing averse results. Moreover, simple Guyot pruning does not regulate grapevine vigor better than typical Médoc pruning. Despite sensorial analysis showing no variation during berries tastings, it seems simple Guyot pruning changed varietal aromas must concentrations. Furthermore, it seems late pruning does not affect berry maturity while allowing better yields than a frost sensitive early pruning.

**Key words :** Sauvignon blanc, pruning date, Guyot pruning, yield, vigor, maturity, varietal aromas.

Pour citer ce document : David Laurent 2019. Influence de la date et du mode de taille du Sauvignon blanc sur la maturation des baies et la vigueur dans une optique d'amélioration des rendements. Mémoire de fin d'études, diplôme d'ingénieur agronome, option Viticulture-Œnologie, Montpellier SupAgro. 70 pages.

Montpellier SupAgro, Institut national d'études supérieures agronomiques de Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02. <http://www.supagro.fr>