



HAL
open science

L'innovation variétale des porte-greffes en Champagne : historique, projets en cours et perspectives

Herrade Gelb

► **To cite this version:**

Herrade Gelb. L'innovation variétale des porte-greffes en Champagne : historique, projets en cours et perspectives. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04419092

HAL Id: dumas-04419092

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04419092v1>

Submitted on 15 Mar 2024

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.

Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur agronome

Option/Parcours : Viticulture et Œnologie

**L'innovation variétale des porte-greffes en Champagne :
historique, projets en cours et perspectives.**

Par Herrade GELB

Année de soutenance : 2023

Organisme d'accueil : Comité Champagne (CIVC)



Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur agronome

Option/Parcours : Viticulture et Œnologie

**L'innovation variétale des porte-greffes en Champagne :
historique, projets en cours et perspectives**

par Herrade GELB

Année de soutenance : 2023

**Mémoire préparé sous la direction
de : Thierry LACOMBE**

Présenté le : 07/11/2023

devant le jury :

Thierry LACOMBE

Laurent TORREGROSA

**Organisme d'accueil : Comité
Champagne**

Maître de stage : Géraldine URIEL

REMERCIEMENTS

Mon premier merci s'adresse à Géraldine Uriel, ma maîtresse de stage, pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser mon stage au sein de l'équipe matériel végétal du Comité Champagne. Elle m'a permis de découvrir de nombreux aspects du matériel végétal et m'a enseigné de nombreuses choses. Je la remercie pour son implication dans mon stage et dans la supervision de mon mémoire ainsi que pour sa disponibilité, son suivi et ses conseils.

Je remercie particulièrement Loïc Laval, membre du service matériel végétal en charge de l'expérimentation VATE Porte-greffe pour son implication, sa gentillesse et sa volonté de transmettre ses connaissances.

Je souhaite également remercier tous les membres de l'équipe matériel végétal : Magali Wentzel, Jérémy Follet, Juliette Fristot et Nicolas Mamer pour leur accompagnement pendant mon stage. Ils m'ont permis de découvrir leurs activités et ont répondu à mes interrogations. Je souhaite également remercier Nicolas Richet pour l'aide qu'il m'a fourni pour réaliser l'analyse statistique de mes résultats.

Je tiens à remercier Sébastien Debuisson de m'avoir accueilli au sein de son pôle.

J'adresse également un remerciement à l'ensemble des membres du service vigne pour leur accueil et leur gentillesse. Ils ont toujours pris le temps de répondre à mes questions.

Je remercie aussi mes collègues de bureau pour leur accueil et les moments partagés ensemble. Ils m'ont apporté une aide précieuse tout au long de mon stage. Un grand merci à Clothilde Marty et Camille Hot, stagiaires au sein de l'équipe matériel végétal, pour leur aide précieuse sur le terrain et pour leur soutien tout au long de mon stage.

Merci aussi à Léa Garcin pour m'avoir formée et pour son accompagnement lors de la saisie des données sur Silex Viti-Oeno.

Je souhaite enfin remercier mon tuteur de stage Thierry Lacombe pour son encadrement et sa disponibilité au cours de mon stage, pour les cours dispensés à l'Institut Agro Montpellier ainsi que pour sa volonté de partager ses connaissances.

AVANT-PROPOS

Le Comité Champagne collabore depuis plusieurs années avec l'INRAE de Bordeaux, l'Institut Français de la vigne et du Vin et les Partenaires de la Sélection sur des projets visant à évaluer ou ré-évaluer des porte-greffes avec deux objectifs principaux : l'adaptation au changement climatique et la pérennité du vignoble champenois, en particulier dans des zones court-nouées.

Le thème de mon stage s'inscrit dans ce contexte. J'avais pour principales missions :

- Le suivi expérimental des essais porte-greffes en cours au Comité Champagne (essai VATE ou de comportement) ;
- Le recensement des essais porte-greffe existant au vignoble, la collecte des données associées et le recueil du retour d'expérience des vigneron pour alimenter le module porte-greffe du système d'information Silex Viti-oeno,
- La réalisation d'un Outil d'Aide à la Décision (OAD) pour guider les vigneron champenois dans le choix du porte-greffe, au cours de mon stage, cette partie s'est limitée à la création d'un arbre de décision,
- Participation ponctuelle aux suivis expérimentaux des autres essais du service « viticulture ».

L'objectif qui m'a été fixé était de retracer l'histoire de l'expérimentation des porte-greffes en Champagne, pour faire le lien avec les recherches en cours et imaginer les perspectives pour le futur. Mon mémoire comporte donc, une partie historique, une partie qui décrit les essais en cours et une ouverture vers de nouvelles expérimentations possibles pour faire face aux enjeux de pérennité du vignoble et d'adaptation au changement climatique.

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	13
I. Contexte	13
II. Le Comité Champagne et ses missions.....	15
III. Les enjeux actuels.....	17
Etat de l'art.....	17
I) La Champagne	17
a. Le climat	17
b. Le sol.....	19
II) L'invasion phylloxérique et ses conséquences.....	19
III) Le cas de la Champagne	29
a. La chlorose ferrique.....	29
i. Les symptômes.....	29
ii. Causes et mécanismes de la chlorose	29
iii. Conséquences de la chlorose	33
iv. Traitements de la chlorose.....	33
IV) Les porte-greffes et leurs caractéristiques.....	35
V) Critères de sélection.....	37
a. Les prérequis pour l'inscription au catalogue	37
b. Les caractéristiques qui intéressent les pépiniéristes.....	39
c. Les caractéristiques qui intéressent le viticulteur.....	41
Conclusion	45
Matériel et méthode	47
I) Le dispositif VATE Porte-greffe.....	47
a. Description du dispositif VATE porte-greffe en Champagne	47
a. Objectif du dispositif	47
II) Evaluation agronomique	49
a. Notation des stades phénologiques.....	49
b. Suivi des maladies et carences	49
c. Pesée des bois de taille	51
d. Suivi de la maturité.....	51
e. Vendange.....	53
III) Analyse statistique.....	53
IV) Saisie des données dans la base de données Silex-VitiOeno Porte-greffe.....	53
I) Réalisation d'un questionnaire à destination des viticulteurs	55

Résultats et discussion	55
I. Evaluation agronomique	55
A. Stades phénologiques	55
B. Poids des bois et vigueur	57
C. Maladies et carences	57
D. Maturité.....	59
E. Vendange.....	63
II. Questionnaire à destination des viticulteurs	63
Thèmes des essais menés par les viticulteurs	63
Porte-greffes utilisés dans les essais et variables suivies.....	63
Critères de choix d'un porte-greffe pour les viticulteurs	65
Conclusions et perspectives	67

TABLE DES FIGURES :

Figure 1 : L'encépagement champenois et sa répartition (CIVC 2023 b).....	12
Figure 2 : Organigramme simplifié du Comité Champagne	14
Figure 3 : Missions de l'équipe Matériel végétal.....	14
Figure 4 : Diagramme ombrothermique pour le domaine de Plumecoq (Chouilly) (CIVC).....	16
Figure 5 : Carte des types de sols en Champagne (Geoportail)	18
Figure 6 : Carte de la progression du phylloxéra en France entre 1875 et 1894 (MAURO 2016).....	20
Figure 7 : Cycle du phylloxéra, H. Gelb 2023.....	22
Figure 8 : Publicité de Léo Laliman pour les vignes américaines au début des années 1880.....	24
Figure 9 : Extraits d'un film de 1929, où Pierre Viala explique l'hybridation (Source : INA).....	26
Figure 10 : Manifestation de la chlorose ferrique à l'échelle d'une parcelle à Lisse-en-Champagne (source : Comité Champagne)	28
Figure 11 : Manifestation de la chlorose ferrique sur feuille et rameau (source : IFV Occitanie).	28
Figure 12 : Deux stratégies distinctes d'absorption du fer chez les plantes. La stratégie II est spécifique aux graminées. La stratégie I est celle qui concerne la vigne : le fer Fe ³⁺ est réduit en Fe ²⁺ par acidification du sol (source Thèse de Charlotte Montacié, La protéase et le fer, 2019).	30
Figure 13 : Résistance à la chlorose des principaux porte-greffes utilisés en France (source : IFV Occitanie).	30
Figure 14 : Répartition des porte-greffes actuellement utilisés en Champagne (source CVI 2020).....	36
Figure 15 : Reprise au greffage des porte-greffes les plus utilisés en Champagne.....	38
Figure 16 : Capacité d'enracinement des porte-greffes les plus utilisés en Champagne	38
Figure 17 : Tolérance au calcaire des porte-greffes les plus utilisés en Champagne.....	40
Figure 18 : Tolérance à la sécheresse des porte-greffes les plus utilisés en Champagne.....	42
Figure 19 : Vigueur conférée au greffon des porte-greffes les plus utilisés en Champagne	42
Figure 20 : Précocité induite des porte-greffes des plus utilisés en Champagne	44
Figure 21 : Plan de l'essai VATE porte-greffes et Chardonnay rose.....	46
Figure 22 : Emplacement des prélèvements pour les analyses de sol et résultats pour le calcaire et l'IPC.....	46
Figure 23 : Comparaison des dates de mi-débourrement des différentes modalités	54
Figure 24 : Comparaison des dates de mi-floraison pour les différentes modalités	56
Figure 25 : Comparaison des dates de mi-véraison pour les différentes modalités.....	56
Figure 26 : Poids moyen d'une baie lors des trois prélèvements	60
Figure 27 : Moyenne des acidités totales en g/L d'H ₂ SO ₄ par modalité.....	61
Figure 28 : Moyenne des TAVP en %vol. par modalité	61
Figure 29 : Nombre de grappes moyen et poids moyen par grappe par porte-greffe	62
Figure 30 : Poids moyen par cep et poids moyen par m ²	62
Figure 31 : Thèmes des essais menés par les viticulteurs	62
Figure 32 : Variables étudiées dans les essais menés par les viticulteurs.....	64
Figure 33 : Répartition des porte-greffes testés dans les essais des viticulteurs.....	64
Figure 34 : Critères de choix d'un porte-greffe selon les viticulteurs interrogés.....	64
Figure 35 : La généalogie du Nemadex AB (CS : Cabernet Sauvignon et AB : Alicante Bouschet).....	66

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse de la résistance observée au phylloxéra des espèces entrant dans la composition des porte-greffes. D'après GALET 1988.	24
Tableau 2 : Porte-greffes utilisés lors de la reconstruction du vignoble champenois, principales aptitudes et pourcentage d'utilisation actuelle en Champagne. D'après les articles de synthèse parus dans le Vigneron Champenois en 1912 et 1928 et CVI 2020.	34
Tableau 3 : Production de bois greffables des principaux porte-greffes utilisés en Champagne.....	39
Tableau 4 : Pesée des bois de taille et vigueur des différentes modalités	56
Tableau 5 : Proportion des feuilles et des grappes touchées par le mildiou et l'oïdium lors de la notation du 7 juillet 2023.	58
Tableau 6 : Proportion des grappes touchées par l'oïdium et la pourriture grise lors de la notation maladie au moment de la vendange. Les cases grisées correspondent aux modalités présentant plus de 20 % d'oïdium.....	58
Tableau 7 : Proportion de ceps touchés par la chlorose et note moyenne par modalité.....	58
Tableau 8 : Tableau des gènes de résistance au phylloxéra MAMER 2022, d'après les travaux de Zhang 2009, Clark 2018, Smith 2018, Rubio 2020, Yin 2022.....	66

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES :

AB = Agriculture Biologique

AOC = Appellation d'Origine Contrôlée

AVC = Association Viticole Champenoise

CIVC = Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne

CVC = Conservatoire du Vignoble Charentais

CVI = Casier viticole informatisé

HVE = Haute Valeur Environnementale

IFV = Institut Français de la Vigne et du Vin

INA : Institut national de l'audiovisuel

INRAE = Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

pH = Potentiel Hydrogène

OIV = Organisation Internationale de la Vigne et du Vin

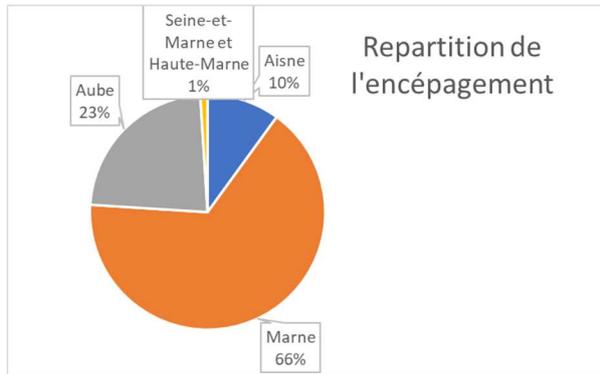
TAVP = Titre alcoométrique volumique potentiel

VATE = Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale

VDC = Viticulture Durable en Champagne

VIFA = Variété d'intérêt à fin d'adaptation

LA CHAMPAGNE VITICOLE



Encépagement champenois

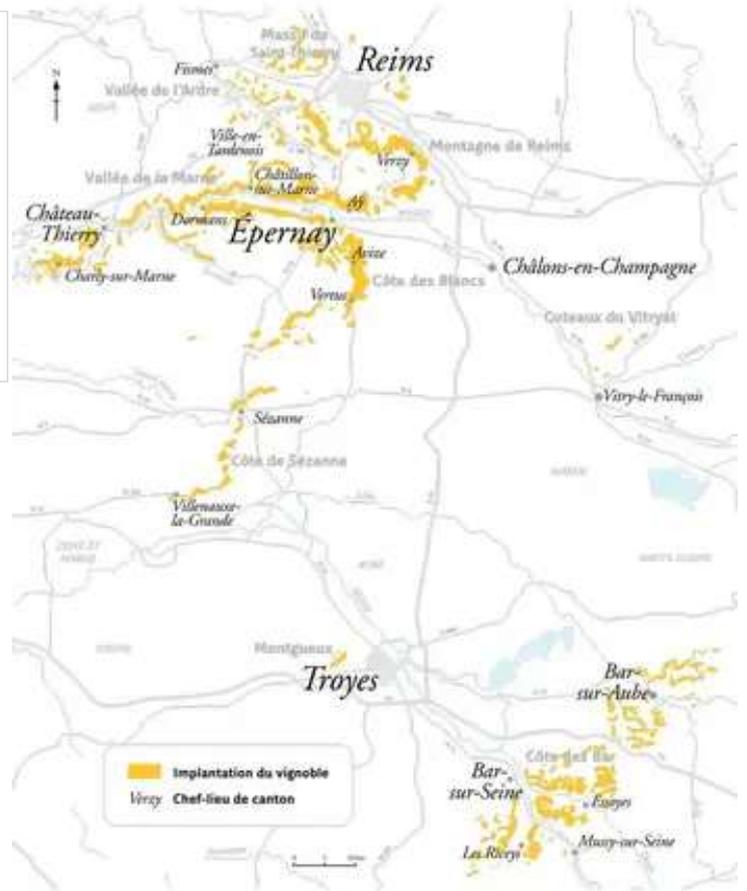
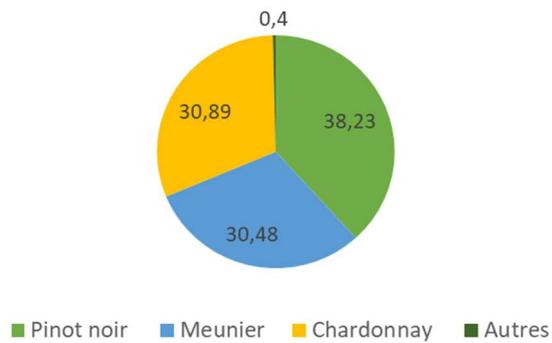


Figure 1 : L'encépagement champenois et sa répartition (CIVC 2023 b)

Introduction

I. Contexte

Le vignoble champenois se situe au nord de la France, au nord-est du Bassin parisien et à 150 km de Paris. Le vignoble est situé sur 3 régions (Grand Est, Hauts-de-France, Ile-de-France) et 5 départements : la Marne (66 % du vignoble), l'Aube (23 % du vignoble), l'Aisne (10 % du vignoble), la Haute-Marne et la Seine-et-Marne (1 % du vignoble) (Figure 1) et est constitué de 319 crus (communes). Le vignoble est réparti en 4 grandes régions viticoles : la Montagne de Reims, la Vallée de la Marne, la Côte des Blancs et la Côte des Bar. Ces régions ont des différences importantes notamment au niveau du climat et du sous-sol. (CIVC 2023b)

Le vignoble champenois est la première AOC viticole mondiale en valeur, elle correspond à 0.5 % de la surface du vignoble mondial et 4 % de la surface du vignoble français. L'AOC Champagne représente 9 % en volume de la consommation des vins effervescents et 33 % en valeur ainsi que 5.7 milliards d'euros de chiffre d'affaires et 320,2 millions de bouteilles expédiées dont 56,1 % à l'export.

L'aire de l'AOC Champagne est délimitée par la loi de 1927 (Figure 1). Elle couvre 34 300 ha dont 33 725 ha en production soit 280 000 parcelles d'une superficie moyenne de 12 ares. La taille moyenne d'une exploitation est de 2 ha. (CIVC 2023b)

La Champagne regroupe 16200 vignerons, 130 coopératives et 370 maisons qui correspondent à 4300 metteurs en marché et 1800 exportateurs. Les vignerons exploitent 90 % du vignoble et les maisons expédient plus de 70 % des volumes. (CIVC 2021)

Le cahier des charges de l'AOC Champagne régit et encadre la culture de la vigne. Il encadre la conduite de la vigne, l'encépagement ainsi que la vinification. La conduite de la vigne en Champagne est très contrôlée. La taille doit être réalisée avant le stade 4 feuilles étalées (stade F de Baggioolini), elle doit être faite selon l'une des quatre tailles autorisées : taille Chablis, taille vallée de la Marne, taille cordon de Royat, taille Guyot (simple ou double) (Cahier des charges AOC). La densité de plantation moyenne en Champagne est de 8000 pieds/ha (CIVC 2023b). L'espace inter-rang doit être inférieur à 1,50 m et l'écartement entre ceps doit être compris entre 0.90 m et 1.50 m. La somme de l'écartement entre les rangs et entre les ceps ne doit pas dépasser 2.50 m. La vendange doit être exclusivement manuelle et l'irrigation est interdite. Seuls les vins issus de raisins produits en Champagne et vinifiés, élevés et conditionnés sur l'aire d'appellation peuvent bénéficier de l'appellation Champagne. Les vins portant le nom de Champagne sont exclusivement des vins effervescents.

La filière du Champagne est engagée dans une démarche de développement durable. 54 % du vignoble est sous certification environnementale (AB, HVE, VDC). La certification Viticulture durable en Champagne (VDC) représente 36 % des surfaces certifiées. Il s'agit du premier vignoble de France pour l'utilisation de la confusion sexuelle dans la lutte contre les tordeuses de la grappe (CIVC 2021).

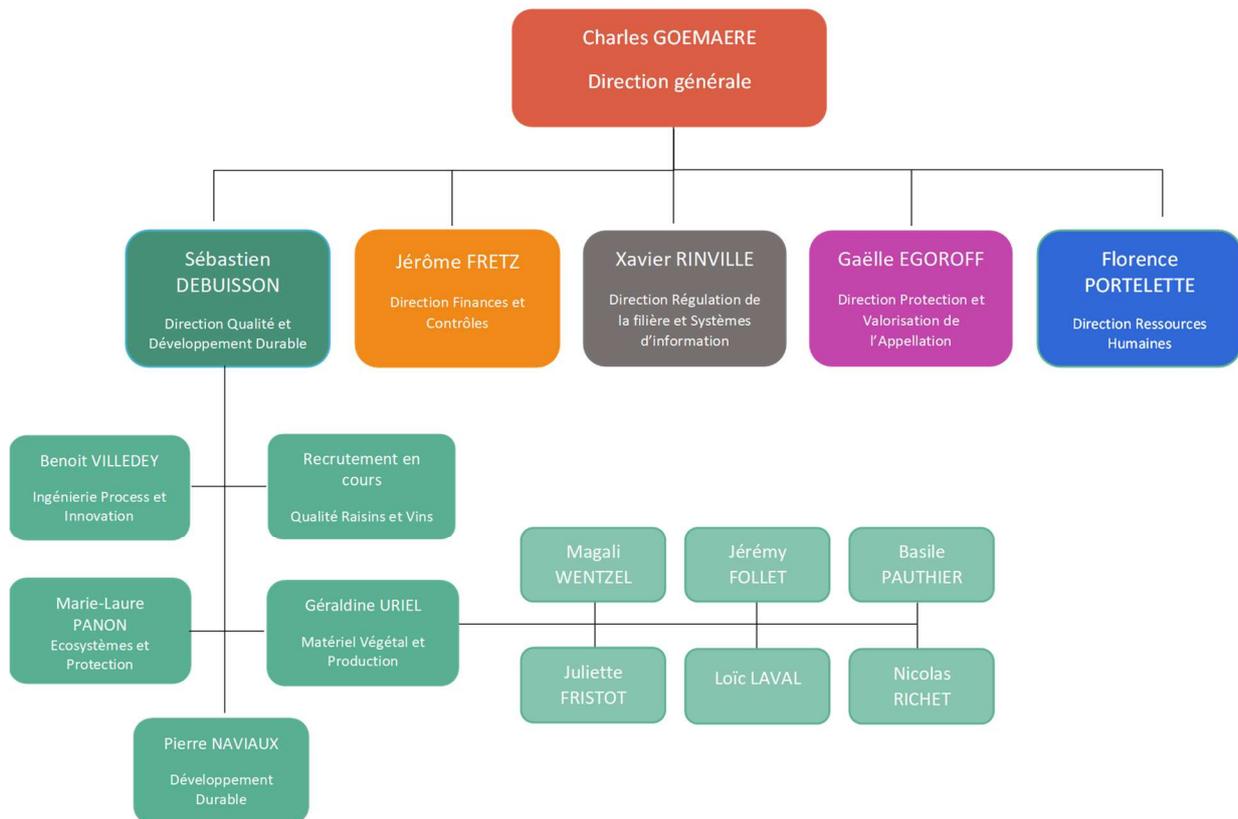


Figure 2 : Organigramme simplifié du Comité Champagne

Conservation et sélection	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion des collections - Conservation de la diversité génétique des cépages
Pré-multiplication et multiplication du matériel végétal	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion des vignes-mères de greffons pour la production de matériel de base - Production et commercialisation de bois de greffage de matériel de base - Production de matériel certifié à destination des pépiniéristes - Gestion du parc de multiplication de l'ensemble de l'appellation
Expérimentations	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptation au changement climatique : variétés résistantes à l'oïdium et au mildiou (programme INRAE-ResDur et programme CEPInnov, porte-greffes mieux adaptés à la sécheresse) - Lutte contre les dépérissements : court-noué, enroulement, virose du Pinot gris, ...

Figure 3 : Missions de l'équipe Matériel végétal

Le cahier des charges de l'appellation autorise 7 cépages et, depuis fin 2022, une variété. Les cépages autorisés sont le Pinot noir, le Meunier, le Chardonnay, le Pinot gris, le Pinot blanc, l'Arbane et le Petit Meslier, auxquels vient s'ajouter le Voltis dont la plantation est autorisée en tant que VIFA. Le Pinot noir, le Meunier et le Chardonnay représentent la quasi-totalité de l'encépagement (Figure 1). Un porte-greffe est planté majoritairement, le 41 B MGt qui représente 82,8 % des surfaces plantées (CVI-CIVC 2020). La liste des porte-greffes inscrits au catalogue français et de leur dénomination usuelle se trouve en annexe 1. D'autres porte-greffes sont utilisés mais leur utilisation reste plus anecdotique.

II. Le Comité Champagne et ses missions

Le Comité interprofessionnel du vin de Champagne (CIVC) ou Comité Champagne est une organisation interprofessionnelle qui a été créée en 1941 pour gérer les intérêts communs des vigneron et des Maisons de Champagne. Le Comité Champagne est géré à l'aide d'une double présidence : M. David Chatillon qui est le président des Maisons et M. Maxime Toubart qui représente les vigneron. Les missions principales du Comité Champagne sont :

- La gestion de l'équilibre écologique,
- La valorisation technique du vignoble et du vin,
- La protection et la valorisation de l'appellation,
- La communication auprès du public et des professionnels.

Le Comité Champagne est organisé en cinq directions, dont la direction « Qualité et Développement durable ». Cette direction s'occupe de la recherche et du développement de la partie viticulture et œnologie. Le Comité Champagne dispose d'une cuverie, d'une cave expérimentale, d'une salle de dégustation et de quatre vignobles expérimentaux : Plumecoq (10 ha), Essoyes (6 ha), Gionges (4 ha) et Villeneuve-Renneville (5,80 ha). Il a également deux laboratoires : un de microbiologie et un accrédité à la COFRAC.

Je réalise mon stage de fin d'études dans le pôle « Qualité et développement durable » au sein du service Matériel Végétal et Production. Ce service est dirigé par Géraldine Uriel et comprend six autres personnes : Magali Wentzel, Jérémy Follet, Loïc Laval, Juliette Fristot, Basile Pauthier et Nicolas Richet (Figure 2). Les missions principales du service sont :

- Conservation et sélection
- Pré-multiplication et multiplication du matériel végétal
- L'expérimentations.

Ces missions sont détaillées en Figure 3. Dans le cadre de mon stage j'ai eu l'occasion de participer à la gestion du conservatoire, de découvrir les étapes de la production de plants et de participer au suivi des expérimentations menées par le Comité Champagne.

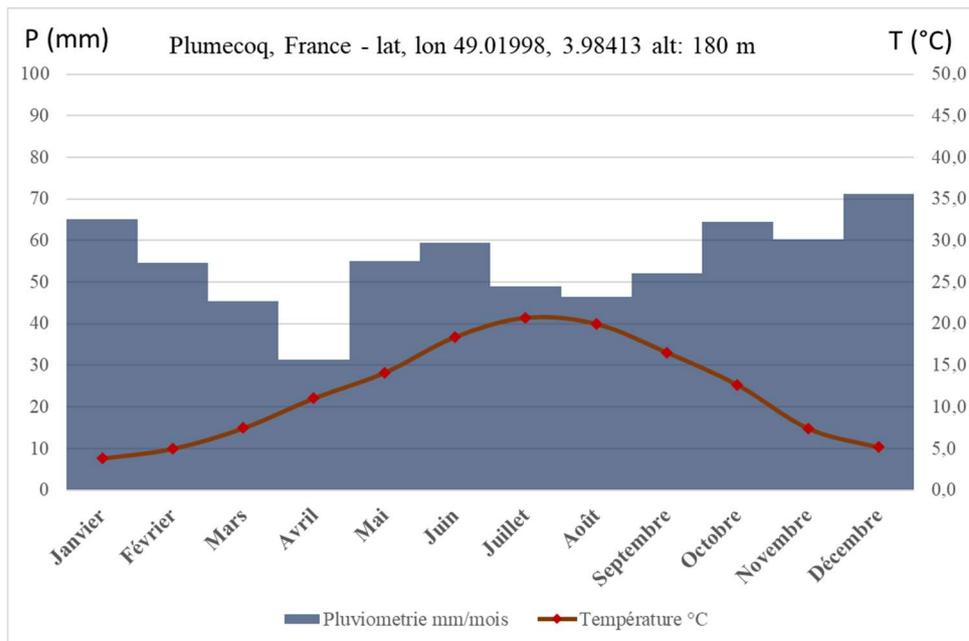


Figure 4 : Diagramme ombrothermique pour le domaine de Plumecoq (Chouilly) (CIVC)

III. Les enjeux actuels

Depuis le milieu du XXe siècle, on observe les effets d'une modification du climat à l'échelle de la planète. Le dérèglement climatique est lié à l'activité humaine et principalement dû aux émissions de gaz à effets de serre tels que le CO₂, le NO₂ et le CH₄ (Ministère de la transition écologique 2023). Cela entraîne une augmentation des températures, un changement dans la pluviométrie et une augmentation des phénomènes extrêmes. La vigne est impactée par ce dérèglement. En effet, le débourrement, la floraison et la véraison, les stades phénologiques importants pour décrire le cycle de la vigne, sont de plus en plus précoces (JONES & DAVIS, 2000). La vigne se trouve ainsi exposée aux gelées de printemps pendant une plus longue période. La maturation des raisins se fait pendant les fortes chaleurs et les vendanges sont plus précoces. Il y a également une diminution de la quantité d'eau disponible pour la vigne, ce qui provoque un stress hydrique et diminue les rendements. Il y a également un impact sur le vin. En effet, le TAVP augmente, l'acidité totale diminue et le profil aromatique du vin change (TOUZARD, 2021).

L'année 2003 a été une année avec des gelées printanières importantes et avec une canicule pendant l'été. Cette année est considérée comme un exemple possible des années futures. En raison de la température estivale élevée, la vendange était plus précoce, avec un TAV supérieur de 1 %vol. à la moyenne et avec une acidité totale inférieure de 2,5 gH₂SO₄/L à l'acidité totale moyenne (BRICHE 2011). Ces caractéristiques des moûts ont un impact sur le profil aromatique des vins et impactent la qualité des champagnes produits. La sélection de variétés à débourrement plus tardif est l'un des leviers utilisés pour atténuer les effets du changement climatique sur la vigne. Ainsi, la sélection de porte-greffes retardant le cycle végétatif de la vigne permettrait de décaler le cycle de façon à limiter la période d'exposition de la vigne au risque gélif et à retarder la maturation pour que les raisins conservent mieux leur acidité.

Etat de l'art

I) La Champagne

a. Le climat

i. L'évolution récente du climat

La Champagne possède un climat soumis à une double influence : océanique et continentale. Le climat océanique apporte de l'eau en quantité régulière avec peu de différences de températures entre les saisons. L'influence continentale se traduit par des gelées parfois destructrices et un ensoleillement favorable pendant l'été.

La température annuelle moyenne est de 11°C en Champagne. Les températures peuvent parfois passer en dessous de -10°C. En été, les températures peuvent être élevées et s'accompagner de violents orages. La pluviométrie est régulière sur l'année (Figure 4). La Champagne est à la limite de la zone de culture de la vigne. On considère qu'au-delà de 50° de latitude nord, la culture de la vigne est difficile. Reims est à 49.5° de latitude nord, Epernay à 49° de latitude nord et Bar-sur-Seine est à 48° de latitude nord.

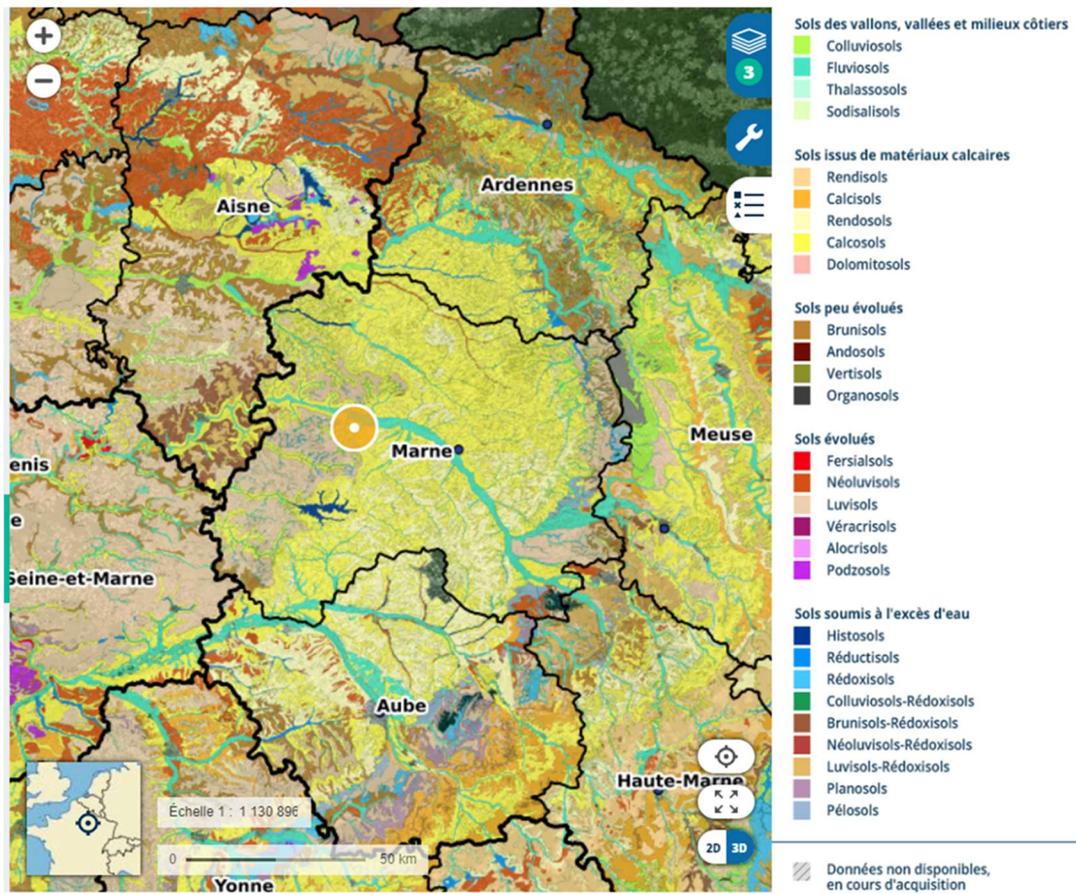


Figure 5 : Carte des types de sols en Champagne (Geoportail)

Point jaune : localisation du domaine expérimental de Plumecoq

ii. Les différents *scenarii* possibles

D'après BELTRANDO et BRICHE (2010), en Champagne, l'écart entre la date de débourrement et le début des vendanges se réduit depuis le début des années 1990. Les dates moyennes d'apparition de la végétation, de la floraison et des vendanges ont également changé et sont plus précoces depuis la fin des années 1980. Il y a un raccourcissement du cycle végétatif de la vigne qui risque d'imposer une modification des pratiques culturales pour éviter de vendanger pendant la saison chaude. En une trentaine d'années, la maturité de la vendange a gagné 0,8 % vol. d'alcool probable.

Les aléas extrêmes tels que le gel, la grêle mais aussi les températures très élevées en été, impactent également le développement de la plante. Lorsque les températures passent en dessous de -2°C, les bourgeons, s'ils ont débourré, peuvent geler. De même, des températures supérieures à 35-40°C provoquent l'échaudage des baies et peuvent bloquer la synthèse des tanins (MATUS et al., 2009).

Les *scenarii* estimés par le modèle ARPEGE-Climat (Retic) prévoient une augmentation des températures moyennes de jusqu'à 4°C pour les dernières décennies du XXI^e siècle, par rapport aux dernières décennies du XX^e siècle. Ces *scenarii* ne montrent pas de différence nette entre eux pour la fréquence d'apparition de températures inférieures à -2°C en mars. Cependant, l'augmentation moyenne des températures du printemps induirait probablement le débourrement plus précoce et exposerait donc plus souvent les bourgeons débourrés au gel. Les températures estivales devraient également augmenter selon le modèle ce qui pourrait entraîner des dommages sur la vigne comme l'échaudage des baies ou le blocage de la synthèse des tanins.

b. Le sol

Les sols de la Marne sont des sols du Crétacé, de l'Eocène et du Quaternaire. Ce sont principalement des sols issus de matériaux calcaires (calcosols, dolomitosols et rendosols). Il y a également quelques sols soumis à un excès d'eau (histosols et rédoxisols). Dans l'Aube, les sols sont du Jurassique, du Crétacé, de l'Eocène et du Quaternaire. Ce sont principalement des sols issus de matériaux calcaires (calcosols, calcisols, dolomitosols et rendosols). Il y a aussi des sols peu évolués (brunisol) et des sols soumis à excès d'eau (histosols, rédoxisols, planosols). Dans l'Aisne, les sols sont de l'Eocène, du Jurassique et du Quaternaire. Ce sont principalement des sols issus de matériaux calcaires (calcosols, dolomitosols), des sols évolués (luvisols), et des sols soumis à excès d'eau (brunisol-rédoxisols, néoluvisols-redoxisols) (Figure 5)

Le cahier des charges de l'AOC Champagne décrit la zone géographique comme étant un vignoble de coteau sur les cuestas de l'est du Bassin parisien. Les coteaux sont exposés à l'est et au sud (parfois au nord). Les fronts de côte sont constitués de couches dures de calcaire ou de craies. Les pentes des coteaux sont crayeuses, marneuses ou sableuses, plus tendres, déblayées par l'érosion puis recouvertes de produits de colluvionnement provenant des fronts sus-jacents.

Ces sols calcaires au fort pouvoir chlorosant, vont nécessiter des porte-greffes adaptés à des calcaires actifs et des IPC élevés. Et l'histoire des porte-greffes commence par l'arrivée d'un nouveau parasite.

II) L'invasion phylloxérique et ses conséquences

Avant l'arrivée du phylloxéra en Europe, la vigne *Vitis vinifera* y était cultivée franche de pied, sur ses propres racines. L'introduction de nouvelles espèces de vigne venant d'Amérique du Nord, va s'accompagner de l'introduction accidentelle d'un ravageur inconnu, le phylloxéra dont la solution viendra des porte-greffes.

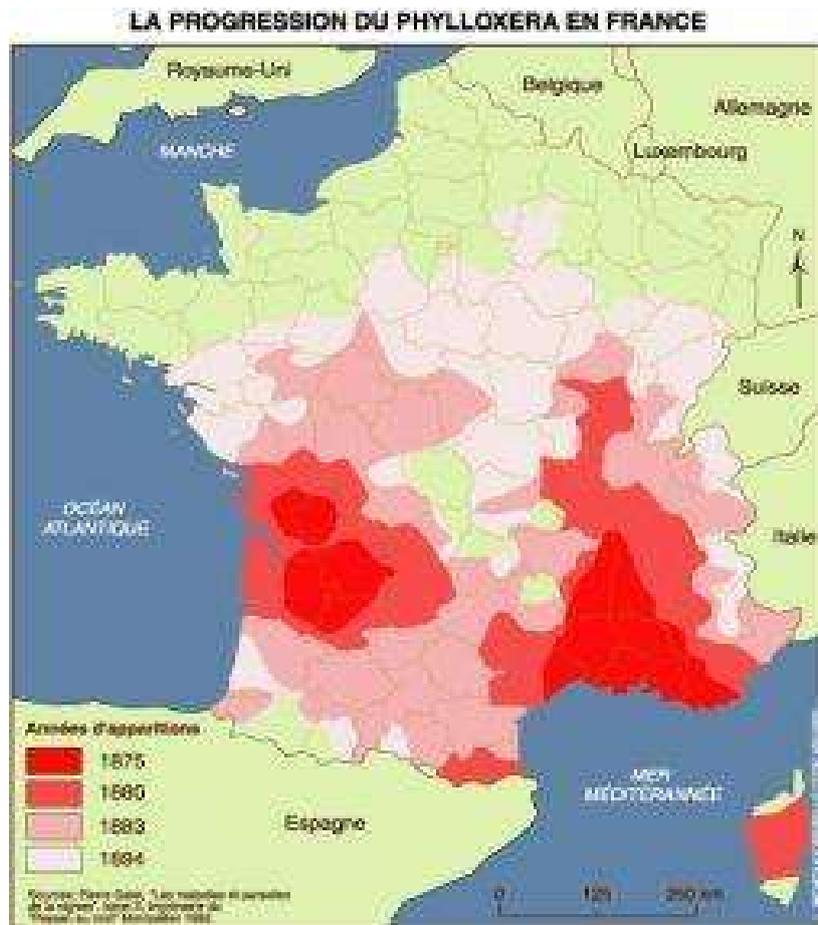


Figure 6 : Carte de la progression du phylloxéra en France entre 1875 et 1894 (MAURO 2016)

a) Découverte du phylloxéra

Les botanistes importent en Europe des vignes américaines pour leurs qualités ornementales. En introduisant ces plants en Europe, ils introduisent également des parasites auxquels les *Vitis vinifera* sont sensibles. C'est notamment le cas de l'oïdium (*Erysiphe necator*) qui est découvert en 1845 dans une serre de Margate en Angleterre. Le champignon se propage dans toute l'Europe car le climat méditerranéen lui est favorable. D'autres parasites arrivent ensuite dont le phylloxéra (*Daktulosphaira vitifoliae*) en 1861, le mildiou (*Plasmopara viticola*) en 1878 et le Black-rot (*Guignardia bidwelli*) en 1885. Cependant, la crise phylloxérique reste la plus importante subie par le vignoble. Cette crise a durablement modifié le vignoble européen. Le vignoble français avait une surface de 2,5 millions d'hectares en 1875. En 1900, il ne restait que 1,70 millions d'hectares. Cette crise a eu de graves conséquences économiques et sociales. Des solutions chimiques sont trouvées pour lutter contre l'oïdium et le mildiou : l'utilisation de soufre pour lutter contre l'oïdium est mise en place à la suite d'une découverte de Kyle en Angleterre. L'utilisation de sulfate de cuivre, mise en place par Alexis Millardet en 1885 permet de lutter contre le mildiou. Des essais utilisant du sulfure de carbone sont mis en place pour lutter contre le phylloxéra mais s'avèrent insuffisants. (DELMOTTE *et al.* 2021)

Le phylloxéra de la vigne (*Daktulosphaira vitifoliae*) est un puceron originaire d'Amérique du Nord. Les premiers symptômes du phylloxéra sont détectés à Pujaut dans le Gard en 1863 avec notamment une mortalité soudaine. Des symptômes apparaissent ensuite à La-Crau-Saint-Rémy dans les Bouches-du-Rhône entre 1865 et 1868 puis à Floirac en Gironde entre 1866 et 1869 (GARRIER 1989, ANDRE *et al.* 2020). Progressivement, les zones autour sont touchées (Figure 6). En juillet 1868, le Pr Jules-Émile Planchon identifie le *Phylloxera vastatrix* comme étant responsable de cette mortalité soudaine. M. Asa Fitch a identifié le phylloxéra aux États-Unis dès 1854. En 1866, MM. Riley et Walsh confirment la présence du phylloxéra sur les vignes américaines. En 1871, Riley vient en France et confirme la présence du phylloxéra sur les vignes françaises. L'origine américaine du phylloxéra est établie mais la date de son introduction en France reste inconnue. Le phylloxéra a été apporté par des vignes américaines, utilisées à cette époque pour lutter contre l'oïdium. Aux États-Unis, le phylloxéra ne fait pas de dégâts sur les vignes américaines et cela pousse les chercheurs à chercher des vignes américaines pour servir de porte-greffe.

b) Le cycle du phylloxéra, symptômes et propagation

La biologie du phylloxera est très complexe car il se présente lors de son cycle sous différentes formes : ailé ou aptère, sexué ou asexué, gallicole ou radicole, on comprend pourquoi son identification a été difficile. Début avril, un œuf d'hiver donne une femelle fondatrice qui pique les feuilles et forme des galles dans lesquelles elle pond ses œufs. Au bout d'une dizaine de jours, les œufs éclosent. Cette génération s'installe sur les dixièmes et douzièmes feuilles des sarments où elle forme des galles qui donnent naissance à une nouvelle génération qui se fixe sur les feuilles intactes. En année moyenne, une fondatrice donne donc plusieurs dizaines de millions de descendants. Des individus « néo-gallicoles- radicales » descendent des feuilles et s'installent dans le sol (Figure 7 en page 21). Le puceron se fixe sur une petite racine, la pique et pond. Ces piqûres de phylloxéra sur les racines provoquent une désorganisation des tissus, les radicales n'assurent plus leur fonction d'absorption. Des micro-organismes peuvent alors se développer sur les racines ce qui provoque de la pourriture. Les phylloxéras qui sortent de ces œufs ont des ailes et, en août, vont à la surface du sol, muent et deviennent des phylloxéras ailés. Lorsqu'il y a du vent, ils peuvent se déplacer sur des dizaines de kilomètres.

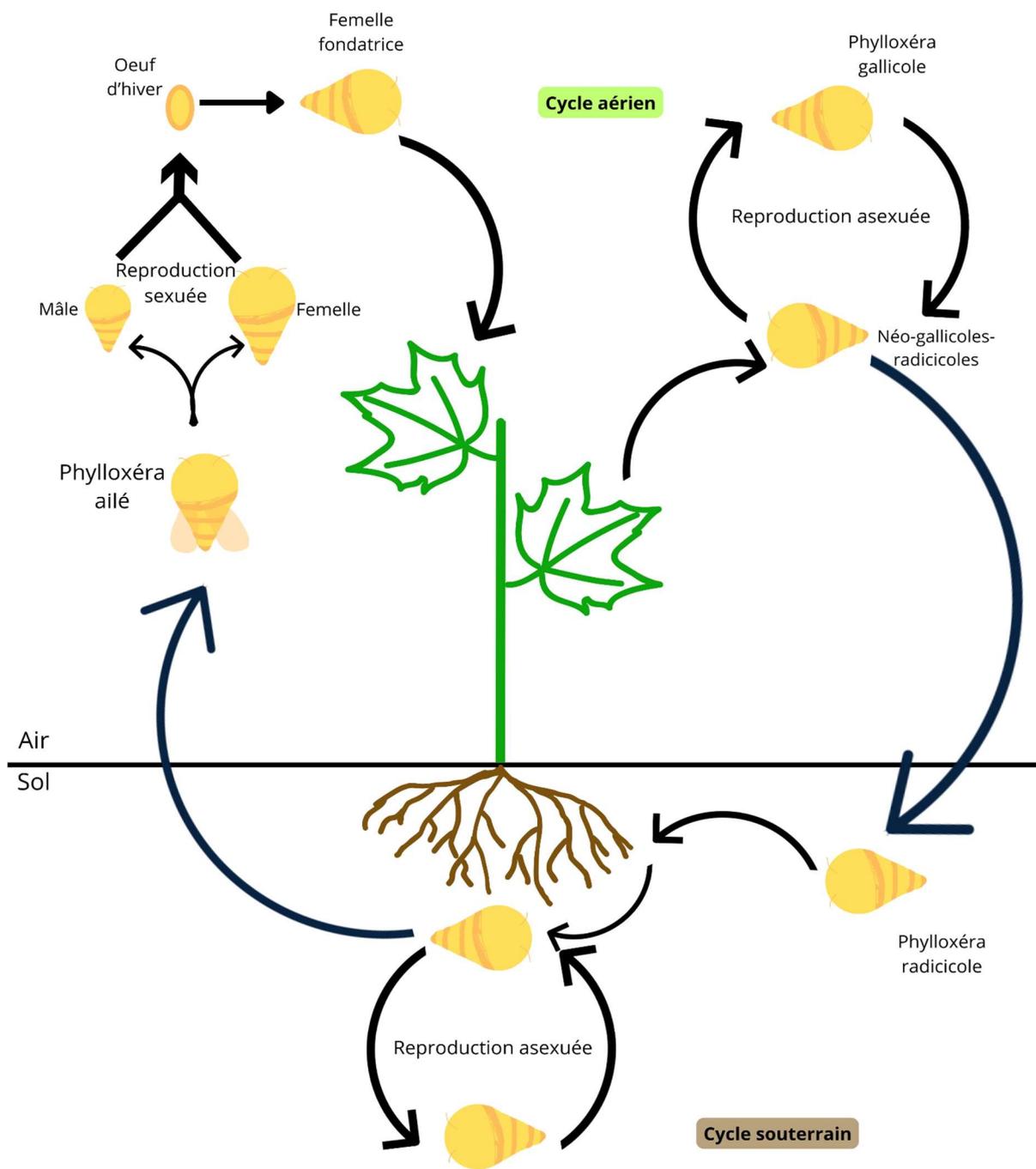


Figure 7 : Cycle du phylloxéra, H. Gelb 2023

Ils pondent alors entre 2 et 5 œufs par individu. Ces œufs peuvent alors donner des mâles et des femelles qui s'accouplent et les femelles vont pondre dans l'écorce un œuf, l'œuf d'hiver (GARRIER 1989).

Les feuilles sont couvertes de galles et finissent par se dessécher, les grappes avortent ou n'atteignent pas la maturité. Au début, on voit une zone jaunâtre dans les vignes qui s'élargit au cours du temps. La récolte diminue et ce qui peut être récolté n'est pas mûr. L'année suivante, il n'y a plus de production. Après trois ans, il n'y a plus de bourgeons et les ceps ne tiennent plus dans le sol et peuvent être arrachés juste en tirant dessus car les racines et les radicelles pourrissent. Plus le cep de vigne est vigoureux plus la fécondité des phylloxéras sera importante et tuera rapidement le cep (GARRIER 1989).

La propagation du phylloxéra se fait par les phylloxéras ailés mais aussi par les viticulteurs qui transportent les insectes sur leurs outils, leurs bottes et par la circulation de plants et de bois à brûler. L'une des premières mesures administratives fut d'interdire la circulation de matériel végétal. Les lois du 15 juillet 1878 et du 2 août 1879 réglementent la circulation des vignes américaines sur le territoire français en définissant trois types de zones en fonction du niveau d'invasion de ces zones par le phylloxéra :

- La zone indemne de phylloxéra : circulation de matériel végétal interdite (plants, feuilles de vignes, échelas)
- La zone récemment envahie par le phylloxéra : circulation de matériel végétale interdite ; traitements au sulfure de carbone subventionnée
- La zone phylloxérée : introduction de vignes américaines libres

Cette carte de France était dressée chaque année en fonction de l'évolution de la situation pendant la crise.

c) La crise phylloxérique

Dès 1868, les deux premières zones impactées se rejoignent et le phylloxéra se propage le long des vallées. En Gironde, la tâche progresse plus lentement en raison des hivers froids et de la pluviométrie importante durant la décennie 1870-1879. En 1880, les deux zones se rejoignent à Toulouse. La Champagne est atteinte en 1888. L'Aube est atteinte en premier puis en 1894, la Marne est déclarée phylloxérée. Le vignoble champenois est atteint tardivement et moins fortement que les autres régions car les conditions climatiques sont assez défavorables à la propagation du phylloxéra. La reconstruction se fait rapidement car la solution a déjà été trouvée et des formations pour le greffage ont déjà eu lieu (GARRIER 1989).

Pour lutter contre le phylloxéra, plusieurs méthodes sont mises en place plus ou moins de succès. La submersion des vignes permet d'asphyxier les phylloxéras et des résultats positifs ont été observés à condition de fournir suffisamment d'eau pour chasser tout l'air du sol. Cette méthode a un coût important. Cette méthode ne peut pas être utilisée partout car il est nécessaire d'avoir accès à une grande quantité d'eau. Des produits ont également été utilisés pour faire diminuer les populations de phylloxéras. C'est le cas de l'arsenic, du polysulfure de calcium et de l'acide phénique qui tuent l'insecte lorsqu'il est immergé dans le produit mais leurs effets en plein champ ont tous été insuffisants car l'air autour des racines protège le phylloxéra des produits. Des applications sous forme gazeuse peuvent avoir un effet positif mais peuvent compromettre la survie de la vigne. Le sulfure de carbone a notamment été utilisé mais suivant les conditions de son emploi, les résultats n'ont pas été les mêmes.

Espèces	Résistance au phylloxéra observée
<i>Muscadinia rotundifolia</i>	Très bonne
<i>Vitis berlandieri</i>	Très bonne
<i>Vitis candicans</i>	Moyenne
<i>Vitis labrusca</i>	Faible
<i>Vitis riparia</i>	Très bonne
<i>Vitis rupestris</i>	Très bonne
<i>Vitis vinifera</i>	Nulle

Tableau 1 : Synthèse de la résistance observée au phylloxéra des espèces entrant dans la composition des porte-greffes. D'après GALET 1988.



VIGNES AMÉRICAINES

Du Château de La Touratte
près BORDEAUX-LABASTIDE

qui ont fait découvrir la résistance au Phylloxera

**1° York's-Madeira, — Riparia Vialla, — Riparia Solonis, —
Dumas, — Elsimboro;**

**2° Véritable Jacquez, — Herbemont, — Long n° 1, —
Long n° 2, — Riparia de sélection, — Elsenburgii.**

Médaille d'OR ministérielle au Congrès de Bordeaux 1881
Grande Médaille d'Or de la Société d'Agriculture de la Gironde,
Médaille d'Or de la Société des Agriculteurs de France;
Médaille d'Or de la Société nationale d'Agriculture, etc., etc.
Décorations de l'Espagne et du Portugal pour initiative dans la question
des vignes résistantes.

S'adresser au Régisseur du CHATEAU DE LA TOURATTE.

Figure 8 : Publicité de Léo Laliman pour les vignes américaines au début des années 1880.

Des ennemis naturels du phylloxéra ont été trouvés mais avec des effets insuffisants (J-E PLANCHON 1874).

Deux viticulteurs Léo Laliman et Gaston Bazille proposent alors que les vignes européennes soient greffées sur des vignes américaines pour lesquelles on a observé une résistance naturelle au phylloxera (Wikipédia 2023). Le greffage est une technique ancienne qui a été utilisée lors d'un essai de Gaston Bazille en 1871, au début de la crise phylloxérique. Il a greffé des vignes européennes sur vignes américaines. Cet essai a été fait "par curiosité". En 1874 que J.E. PLANCHON estime que la solution pour lutter contre le phylloxéra est le greffage des vignes européennes sur des vignes américaines résistantes. Pour éviter d'apporter d'autres maladies et ravageurs, il propose de traiter les sarments avec des produits corrosifs. La lignification des racines des vignes américaines est plus complète que celle des *V. vinifera*. Les rayons médullaires sont plus étroits, les cellules ont une membrane plus épaisse. La cellulose est plus condensée. Ces caractéristiques permettent aux vignes américaines de mieux résister au phylloxéra. Il observe que les vignes américaines peuvent être classées en trois groupes en fonction de leur résistance au phylloxéra (Tableau1) :

- Les indemnes : il n'a identifié que *Vitis rotundifolia* comme n'étant pas attaquée par le phylloxéra.
- Les résistantes : ce groupe comprend des espèces de *Vitis* autres que *Vinifera* et des producteurs directs utilisés en Amérique pour produire du vin. Les vignes résistantes ne sont pas à l'abri d'attaques de phylloxéra mais bien souvent, celles-ci n'ont un impact que sur le chevelu racinaire. Les piqûres développent des nodosités mais les générations suivantes n'attaquent pas les racines plus grandes.
- Les non-résistantes : dont font partie les *Vitis vinifera*.

La solution du greffage sur des vignes américaines s'avère efficace. Les partisans de la méthode de Laliman et Bazille vont s'appeler les « américanistes ». La figure 8 est une publicité de Léo Laliman pour inciter au greffage sur les vignes américaines.

d) La reconstruction du vignoble

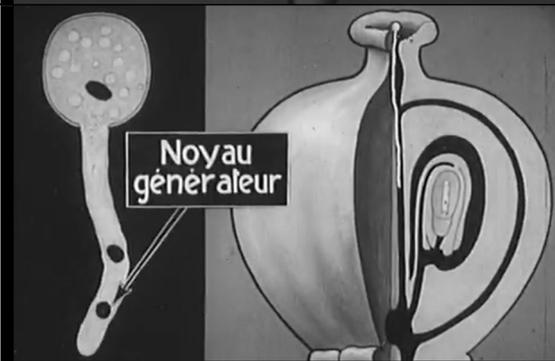
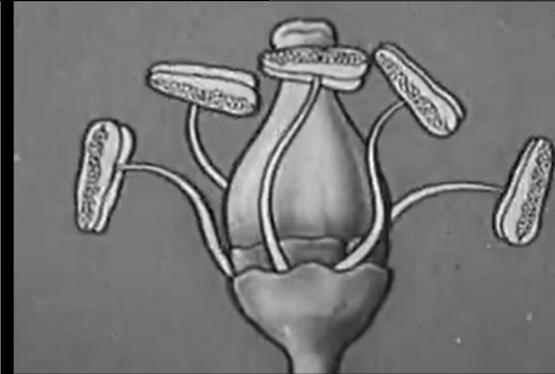
1. En France

Des hybridations sont réalisées entre les espèces sauvages de *Vitis* américains et les cépages européens. Les vignes américaines étant alors source de résistance à l'oïdium, au phylloxéra et au mildiou. Les vignes obtenues sont appelées hybrides producteurs directs. Ils sont plantés dans le vignoble pour remplacer les vignes atteintes par le phylloxéra. Au cours de la première moitié du XXème siècle, le succès des hybrides producteurs directs va diminuer. Cela est dû en partie à la résistance insuffisante de certains hybrides mais ce sont surtout leurs problèmes œnologiques qui entraînent un désintéressement. En effet, certaines variétés produisent du méthanol en quantités trop importantes, ce qui présente un risque pour la santé des consommateurs. D'autres variétés ont un goût dit « foxé », c'est-à-dire un goût de cassis très prononcé. La plupart des hybrides producteurs directs ont été abandonnés au profit de l'utilisation de porte-greffes. (DELMOTTE 2021)

L'introduction des vignes américaines comme porte-greffe s'est faite principalement à l'initiative de la société centrale d'agriculture de l'Hérault. La reconstruction du vignoble de l'Hérault s'est faite d'abord chez les grands propriétaires puis les petits viticulteurs ont suivi l'exemple et ont planté des vignes greffées sur des vignes américaines (DEGRULLY et VIALA 1884). Cela est notamment dû au fait que la

*L'hybridation a joué
un rôle capital dans la
reconstitution du vignoble
français.*

Pierre VIALA,
de l'Institut.



*La résistance au
phylloxéra est la qualité
maîtresse recherchée par
les hybrideurs français.*

G. COUDERC.

Figure 9 : Extraits d'un film de 1929, où Pierre Viala explique l'hybridation (Source : INA)

culture de la vigne est l'une des seules cultures permettant de dégager des bénéfices dans cette zone. Dans certaines régions, la plantation de vignes américaines a mis du temps à se faire en raison d'une méfiance des viticulteurs envers les vignes américaines et les pépiniéristes. Pour que le porte-greffe soit le mieux adapté possible au sol, des hybrides ont été créés. Les principaux hybrideurs sont Couderc, Millardet, Ganzin, Castel, Malègue, Richter, Teleki, Paulsen, Ruggeri et Vidal (GALET 1988). Les mécanismes d'hybridation utilisés sont les suivants (DEGRULLY et VIALA 1884) :

- Première méthode utilisée : entrelacement lors de la floraison des rameaux issus des deux variétés à hybrider. Résultat très aléatoire, l'hybridation n'a pas toujours lieu ;
- Méthode utilisée à l'Ecole d'agriculture de Montpellier : suppression des étamines du pied mère avant la floraison, ajout de pollen du pied père sur les fleurs. Il peut être nécessaire de faire coïncider les floraisons des deux variétés. On protège ensuite les fleurs ainsi pollinisées jusqu'à nouaison. En 1929, le professeur P. Viala, explique cette méthode dans un film produit par le Ministère de l'Agriculture. (Figure 9)

La replantation du vignoble avec des plants greffés coûte très cher et pour aider les viticulteurs, la loi du 2 août 1879 les dispense de l'impôt foncier pour les nouvelles plantations pendant trois ans (HUETZ DE LEMPS 1992)

2. En Champagne

En Champagne, la lutte contre le phylloxéra se concrétise en 1898 lorsque vingt-trois Maisons de Champagne s'unissent pour créer l'Association Viticole Champenoise (AVC) pour lutter contre le phylloxéra (Le Vigneron champenois 1898). L'AVC va participer activement à la reconstitution du vignoble au travers notamment, de la mise en place et du suivi des essais sur les vignes américaines. Elle est à l'origine de l'adoption du greffage en Champagne et organise l'achat et la distribution des bois américains aux vigneron et aux Maisons.

En 1928, l'AVC fait un premier bilan et explique que lorsqu'on regarde les variations de commandes de porte-greffes, on observe que les changements se font lentement. On peut y voir que les « Américains purs » qui étaient plantés en Champagne au début de la reconstruction ont rapidement disparu. Les *Franco-Rupestris* diminuent fortement et sont également amenés à disparaître en Champagne. La demande pour les *Riparia-Rupestris* diminue aussi mais plus lentement. Les hybrides de *Berlandieri* sont en croissance dans le vignoble champenois. Certains porte-greffes utilisés lors de la reconstruction du vignoble ne figurent plus au catalogue des variétés autorisées. Au départ, les rendements de greffage du 41 B étaient mauvais ce qui a, dans un premier temps, limité son utilisation. Ces rendements ont par la suite été améliorés ce qui a permis une plus grande diffusion de ce porte-greffe. De plus, des printemps humides répétés ont provoqué une chlorose intense à laquelle seules les vignes greffées sur 41 B ont résisté. Les viticulteurs ont alors commencé à le planter même dans les sols peu chlorosant où d'autres porte-greffes pourraient donner de bons résultats.

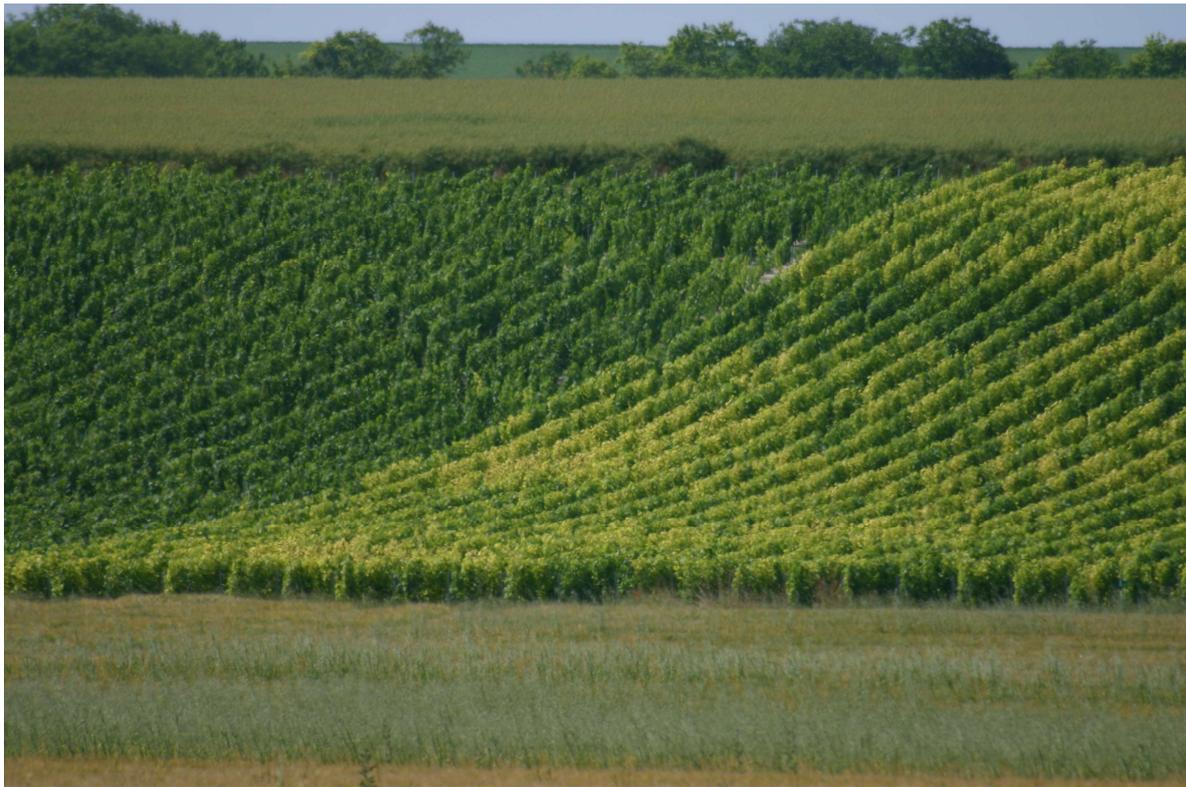


Figure 10 : Manifestation de la chlorose ferrique à l'échelle d'une parcelle à Lisse-en-Champagne (source : Comité Champagne)



Figure 11 : Manifestation de la chlorose ferrique sur feuille et rameau (source : IFV Occitanie).

III) Le cas de la Champagne

En Champagne, en plus de résister au phylloxéra, les porte-greffes devront s'adapter au calcaire et conférer une bonne mise à fruit.

a. La chlorose ferrique

i. Les symptômes

Les symptômes de la chlorose s'expriment notamment sur le feuillage de la vigne. Il y a un jaunissement des feuilles. Lorsque la chlorose est plus légère, seules les jeunes feuilles des rameaux principaux sont touchées par ce jaunissement. Dans les cas les plus graves, les feuilles deviennent presque blanches (absence de chlorophylle) et se nécrosent. Les rameaux grandissent peu et s'aoûtent mal. La décoloration des feuilles commence dans les zones internervaires puis s'étend à tout le limbe. Les nervures principales ne sont pas touchées tant que la chlorose reste modérée (Figure 11). Au vignoble, les pieds atteints apparaissent buissonnants. A l'échelle de la parcelle, la chlorose dessine souvent des tâches plus ou moins grandes (Figure 10). Le pic des symptômes a lieu en général autour de la période de floraison.

Au sein des tissus, la chlorose s'exprime par une accumulation de phosphore et de potassium dans les tissus atteints (POUGET, DELMAS et BOVARD 1971). La présence importante de potassium entraîne, visiblement, une forte demande en calcium (HIDALGO et CANDELA 1958). Cette présence plus importante de calcium entraîne une augmentation de l'absorption de phosphate (PO_4^{3-}) qui entraîne la précipitation du fer dans les feuilles (MANARESI 1947). Le fer s'accumule dans les feuilles chlorosées lorsque les vignes sont plantées sur des sols calcaires même s'ils ne sont pas carencés en fer. (POUGET, DELMAS et BOVARD 1971). On constate également une diminution de la synthèse des protéines causée par une accumulation d'acides aminés libres. De plus, on a observé une accumulation d'acide citrique dans les feuilles atteintes et une baisse d'activité de la catalase (DROUINEAU et GOUNY 1946) et de la peroxydase des feuilles et de l'oxydase du cytochrome C. La baisse de l'activité de cette dernière entraîne une baisse de l'intensité respiratoire. Les racines absorbent beaucoup plus de cations que d'anions. La synthèse des sucres des raisins et la synthèse de bois diminuent.

ii. Causes et mécanismes de la chlorose

La chlorose est due à une carence en fer qui bloque la synthèse de chlorophylle (MAZE *et al.* 1912).

Le fer est utilisé comme catalyseur de réaction dans les chaînes d'oxydoréduction de la respiration et de la biosynthèse de chlorophylle. La vigne est une dicotylédone et absorbe le fer selon la stratégie I, expliquée en figure 12. C'est-à-dire qu'elle absorbe le fer après réduction en Fe^{2+} (VARANINI et MAGGIONI 1982). Dans le sol, le fer est sous forme de Fe^{3+} dans des chélates. La vigne doit donc réduire le fer pour le transporter (POUGET 1974). Les racines produisent des protons grâce à des ATPases ce qui acidifie la rhizosphère et permet d'extraire le fer des chélates. La vigne possède des réductases membranaires qui réduisent le fer et permettent son absorption par les racines.

D'après CHAMPAGNOL (1984), il y a trois types de carences en fer :

- Les carences directes qui sont causées par un manque de fer assimilable dans le sol ;

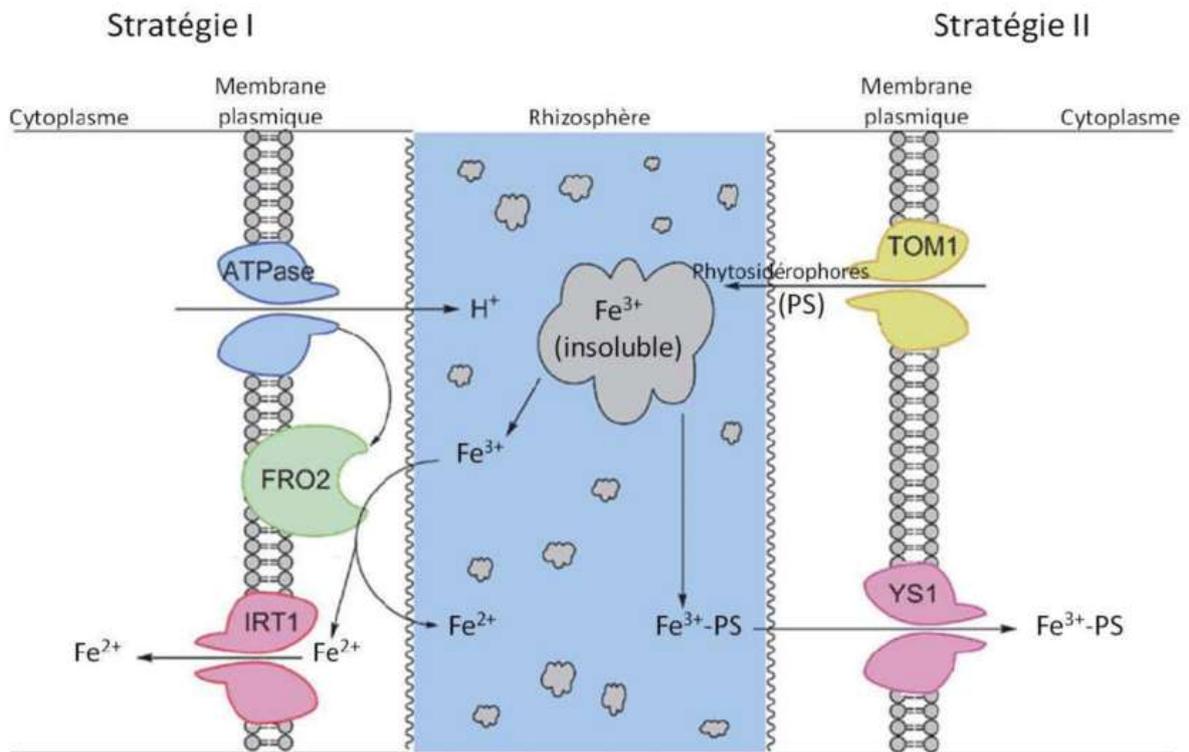


Figure 12 : Deux stratégies distinctes d'absorption du fer chez les plantes. La stratégie II est spécifique aux graminées. La stratégie I est celle qui concerne la vigne : le fer Fe³⁺ est réduit en Fe²⁺ par acidification du sol (source Thèse de Charlotte Montacé, La protéase et le fer, 2019).

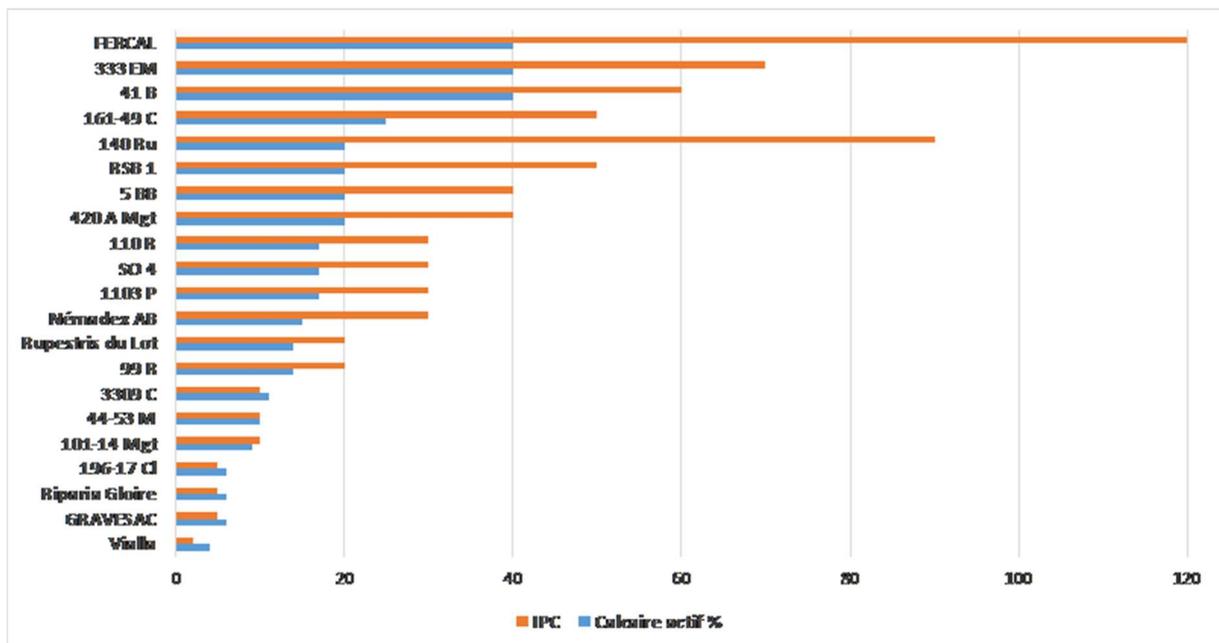


Figure 13 : Résistance à la chlorose des principaux porte-greffes utilisés en France (source : IFV Occitanie).

- Les carences physiologiques qui sont dues à un mauvais transport du fer au sein de la plante ou à un mauvais transport des glucides dans les racines notamment au niveau du point de greffe, s'il y a un défaut de soudure ;
- Les carences induites qui sont liées à une mauvaise disponibilité du fer avant l'absorption à cause des ions bicarbonates en sol calcaire.

La chlorose induite par les sols calcaires est liée à une mauvaise absorption du fer par la plante ou à une insolubilisation du fer après absorption. L'hypothèse la plus acceptée pour expliquer la chlorose est celle selon laquelle le métabolisme des racines est modifié par la forte présence des ions bicarbonates (HCO_3^-) ce qui entraîne une diminution du transfert du fer.

En effet, un sol contenant beaucoup de calcaire a plus de chances d'être alcalin et de contenir beaucoup d'ions bicarbonates. La nature du sol est donc un facteur important à prendre en compte pour le choix du porte-greffe. Plusieurs caractéristiques du sol permettent d'évaluer les risques de chlorose et donc choisir le porte-greffe adapté au sol :

- **Le calcaire total du sol** : se mesure en mettant de l'acide fort sur un échantillon de terre et en mesurant le volume de CO_2 dégagé ;
- **Le calcaire actif du sol** : correspond au calcaire facilement solubilisable. Le dosage du calcaire actif se fait selon la méthode dite DROUINEAU-GALET (proposée par DROUINEAU en 1942 et modifiée par GALET en 1947). La mesure du calcaire actif ne présente un intérêt que lorsque la teneur en calcaire total dépasse 10 %. Cet indicateur est plus pertinent que le calcaire total. Il n'est cependant pas correct dans les sols gypseux (HIDALGO 1975) ni dans les sols ayant une quantité de fer trop faible car il y a également une carence directe en plus de la carence induite.
- **L'indice de pouvoir chlorosant (IPC)** du sol : cet indice tient compte de la quantité de calcaire actif dans le sol mais aussi de la quantité de fer extractible par la plante. En effet, le fer peut-être sous forme de sels de fer qui sont insolubles à pH élevé et donc plus difficiles à extraire pour les racines du sol (LAFON et COUILLAUD 1961 et JUSTE et POUGET 1974). Il peut donc y avoir des chloroses en sols peu calcaires avec un porte-greffe adapté lorsque le fer est peu libre. Cet indice est cependant moins fiable que le calcaire actif car le dosage du fer extractible est variable.

La chlorose peut être liée au matériel végétal utilisé. Certains greffons sont plus sensibles à la chlorose que d'autres. Le porte-greffe non greffé peut ne pas porter de symptômes alors qu'un greffon greffé sur ce même porte-greffe et dans les mêmes conditions exprimera des symptômes de chlorose (BRANAS 1974).

Les porte-greffes n'ont pas tous la même sensibilité à la chlorose, comme le montre la figure 13. L'absorption d'éléments minéraux est impactée par une carence de glucides dans le système racinaire (POUGET 1974). Les porte-greffes tolérants au calcaire semblent avoir un mécanisme d'absorption et de transport des ions plus efficace lorsqu'il y a peu de glucides. Le système racinaire d'un porte-greffe peut très bien absorber le fer mais mal le transporter jusqu'au greffon (POUGET 1974, CORDEAU 1998).

Enfin, une mauvaise soudure peut bloquer le transport des glucides vers les racines et donc limiter la synthèse d'acide citrique nécessaire au transport du fer (POUGET 1978). La destruction du feuillage (gel, grêle, maladie) ou la surproduction peuvent empêcher la vigne de constituer ses réserves et donc provoquer une chlorose l'année suivante (CORDEAU 1998). Tous les phénomènes diminuant la vigueur de la vigne peuvent entraîner une chlorose en diminuant la synthèse des glucides de réserve. HIDALGO (1982) a également montré que les vieilles vignes sont moins sensibles à la chlorose que les jeunes vignes. Une croissance très rapide de la végétation lors des fortes températures augmente les besoins en fer ce qui peut aggraver les symptômes de chlorose.

L'IPC est calculé d'après la formule suivante :

$$I.P.C = \frac{(CO_3Ca)}{(Fe)^2} * 10000$$

Avec (CO₃Ca) la teneur en calcaire actif dans le sol (en % de terre fine) et (Fe) la teneur en fer facilement extractible (en mg/kg de terre fine)

De plus, une hydromorphie trop importante asphyxie les racines ce qui limite l'absorption du fer (SCHOLL 1979). Lorsque la pluviométrie est importante, la dissolution du bicarbonate augmente et cela limite l'absorption du fer (LAFON et COUILLAUD 1961, POUGET *et al.* 1971, GAY-BELLILE 1972).

iii. Conséquences de la chlorose

Les chloroses légères ont peu d'impact sur la vigne. Lorsque la chlorose est plus marquée, les souches sont affaiblies et meurent dans les cas les plus graves. En effet, lorsque la chlorose est très importante, la vigne n'a plus de chlorophylle et ne peut donc plus synthétiser de sucres ce qui affaiblit la vigne jusqu'à sa mort. D'autres conséquences sont la mauvaise fécondation du pied et le manque de maturité des raisins. Il y a donc une perte de rendement et de qualité des raisins. Cela entraîne des conséquences économiques pour le viticulteur (CORDEAU 1998)

Il y a également un épuisement des réserves qui s'accompagne d'une disparition totale ou partielle de l'amidon. Les années suivantes, la chlorose apparaît plus tôt et la croissance de la plante devient encore plus faible (CHAMPAGNOL 1984).

iv. Traitements de la chlorose

L'une des méthodes de lutte les plus durables à mettre en place est la localisation des zones chlorosantes et l'adaptation du matériel végétal à ces zones. En effet, la chlorose n'est pas homogène à l'échelle de la parcelle. Il faut faire des analyses de sols sur plusieurs horizons pour connaître les risques de chlorose sur tous les horizons potentiellement explorés par les racines. Généralement, le taux de calcaire actif augmente en profondeur.

Il existe également des traitements curatifs contre la chlorose comme l'ajout de fer par apport foliaire de nitrate ou de sulfate de fer ou par apport de sulfate ferreux au sol (DELAS 2010) ou l'enherbement de l'inter-rang avec *Festuca rubra* permettrait de lutter contre la chlorose et serait moins coûteuse que l'utilisation de chélates (COVARRUBIAS *et al.* 2014). Des amendements d'argiles permettent également de diminuer le pouvoir chlorosant d'un sol. Cela est pratiqué en Champagne et en Bourgogne (HIDALGO 1982).

<i>Espèces croisées</i>	Porte- greffe	Inscrit au Catalogue	Utilisation en Champagne	Principales aptitudes des porte-greffes expérimentés en Champagne.
<i>Riparia-Rupestris</i>	3306 C	Non		Convient aux sols compacts et humides, reprise au greffage peu régulière. Tolère un calcaire de 20 à 25 %.
	101-14 MGt	Oui	Anecdotique	Tolère moins de 20 % de calcaire. Convient aux sols fertiles et profonds. Belles récoltes de belle maturité surtout sur Pinot noir. Présente un intérêt sur les sols silico-argileux perméables et profonds.
	3309 C	Oui	3,1 %	Pas adapté aux sols compacts et calcaires (chlorose lors des printemps humides), au départ très planté sur les crus et les sols les moins calcaires.
<i>Vinifera-Rupestris</i>	1202 C	Non		Chlorose facilement dans les sols argilo-calcaires. Induit de la coulure et du millerandage. Mauvaise maturité. Résistance phylloxérique insuffisante.
	A.R.G. n° 1, 2 et 9	Non		Peu de différences entre eux : résistance moyenne au phylloxéra ; convient aux sols peu ou moyennement calcaires, argileux ou humides pour limiter les risques de phylloxéra. Mauvaise maturité.
	93-5 C	Non		Fortement planté après la 1ère guerre mondiale il a ensuite rapidement disparu. Bonne reprise au greffage, grande vigueur, chlorose assez fréquente, coulure, retarde la maturité, résiste assez mal au phylloxéra.
<i>Berlandieri-Riparia</i>	157-11 C	Non		Moins de 25 % de calcaire, bonne végétation, maturité précoce, très mauvaise reprise au greffage.
	420 A MGt	Oui	Anecdotique	Bons résultats dans les sols perméables, secs, avec moins de 30 % de calcaire actif. Une mortalité des souches inexpliquée en 1912 a diminué son utilisation en Champagne. On note une faible reprise au greffage. Ne tolère pas l'humidité et le pourridié.
	34 EM	Oui	Anecdotique	Bonne reprise au greffage, mise à fruit rapide, tolère 15-20 % de calcaire ; quelques cas de chlorose exceptionnels sont notés, donne des grappes serrées qui favorisent la pourriture (ce défaut s'atténue avec le temps).
	Phénix	Non		Meilleure adaptabilité que le 34 EM, résistance au calcaire plus élevée, bonne fructification, problèmes de greffage (soudures insuffisantes) entraînant une mortalité des souches.
	161-49 C	Oui	1,4 %	Bonne reprise au greffage, bonne affinité pour les cépages champenois, mise à fruit rapide, végétation vigoureuse, fructification régulière, bonne maturité. Résistance au calcaire bonne. Problème de dépérissement.
<i>Berlandieri-Rupestris</i>	99 R	Oui	Anecdotique	Ne présente pas d'intérêt particulier avec les cépages champenois.
	110 R	Oui	Anecdotique	Ne présente pas d'intérêt particulier avec les cépages champenois.
	57 R	Non		Adapté aux climats secs. En Champagne, chlorose et manque de vigueur.
	8 R	Non		Résultats moyens, bonne vigueur, mise à fruit normale.
	31 R	Non		Mise à fruit rapide, belle végétation, bonne maturité, récoltes soutenues, bonne affinité pour le Meunier, très faibles réussites au greffage, intéressant pour les terrains moyennement calcaires plantés en Meunier.
<i>Vinifera – Berlandieri</i>	333 EM	Oui	Anecdotique	Vigoureux, plus résistant au calcaire que le <i>Berlandieri-Riparia</i> , production souvent égale au 41B.
	41 B MGt	Oui	Majoritaire à 82,8 %	Difficulté au greffage, vigueur normale, bonne affinité pour les cépages champenois ; fructification régulière ; maturité plus tardive que les <i>Berlandieri-Riparia</i> . Porte-greffe le plus résistant à la chlorose parmi tous ceux connus lors de la reconstruction du vignoble (35 à 40 % de calcaire) ; mise à fruit plus tardive que les autres porte-greffes ; très utilisé même dans les sols qui pourraient permettre l'utilisation d'autres porte-greffes.

Tableau 2 : Porte-greffes utilisés lors de la reconstruction du vignoble champenois, principales aptitudes et pourcentage d'utilisation actuelle en Champagne. D'après les articles de synthèse parus dans le Vigneron Champenois en 1912 et 1928 et CVI 2020.

IV) Les porte-greffes et leurs caractéristiques

Les porte-greffes issus de croisements possèdent les caractéristiques des espèces pures dont ils sont issus. L'observation des caractéristiques des espèces pures ont permis de sélectionner les parents pour les croisements. Les aptitudes des espèces pures sont présentées en Annexe 2. Les espèces pures ont été utilisées comme premiers porte-greffes après observation de leurs caractéristiques dans leur milieu. L'observation des vignes américaines a permis de trouver des espèces de vignes ayant des caractéristiques adaptées aux différentes conditions pédoclimatiques présentes en Europe. Certaines hybridations se sont faites de façon naturelle et d'autres ont été orientées (choix des géniteurs par l'Homme). Cela peut être dû à un éloignement géographique trop important ou à des différences trop importantes entre les périodes de floraison. C'est notamment le cas des *Berlandieri - Riparia* et des *Vinifera-Rupestris*.

Un grand nombre de porte-greffes ont été utilisés au début en Champagne (AVC 1928) (Tableau 2) :

- Les *Riparia-Rupestris* sont adaptés pour les sols avec moins de 20 % de calcaire, ils ont une bonne réussite au greffage et le matériel végétal était facile à obtenir à bas coût.
- Les *Vinifera-Rupestris* ont une bonne vigueur, retardent la maturité, ont une résistance variable à la chlorose mais ont souvent une résistance insuffisante au phylloxéra.
- Les *Berlandieri-Riparia* conviennent dans presque tous les cas (sauf les sols les plus calcaires où seul le 41B convient et les sols les moins calcaires où les *Riparia-Rupestris* sont souvent préférés)
- Les *Berlandieri-Rupestris* ont, en général, une résistance insuffisante au calcaire.
- Les *Vinifera-Berlandieri* ont une bonne affinité avec les cépages champenois et une bonne résistance au calcaire.

Les porte-greffes ont généralement les caractéristiques ampélographiques de leurs parents. Il est donc intéressant de connaître les descriptions ampélographiques des espèces pures pour reconnaître les porte-greffes ce qui est utile en vigne-mère de porte-greffe mais aussi en pépinière pour identifier les repousses de porte-greffes. La description ampélographique des espèces pures se trouve en Annexe 3. La connaissance des caractéristiques ampélographique des espèces pures permet aussi de choisir les parents des croisements.

L'évaluation d'un porte-greffe s'avère difficile car selon que l'on soit sélectionneur, pépiniériste ou viticulteur, les critères à privilégier ne seront pas forcément les mêmes.

Principaux porte-greffes utilisés en Champagne, source CVI 2020.

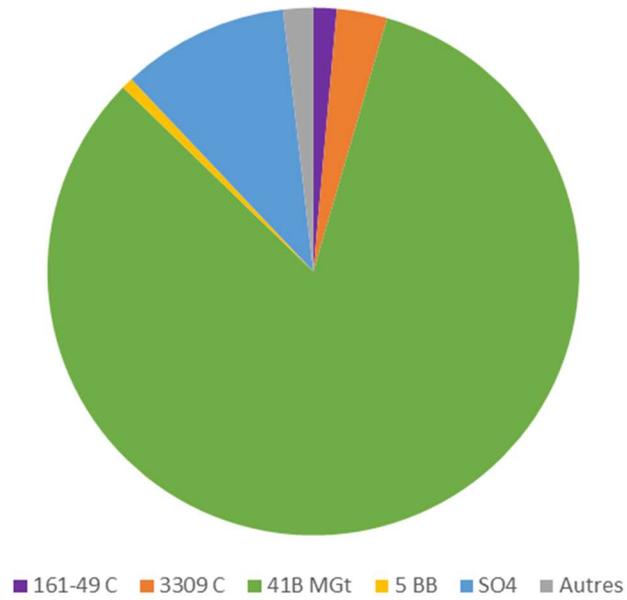


Figure 14 : Répartition des porte-greffes actuellement utilisés en Champagne (source CVI 2020)

V) Critères de sélection

a. Les prérequis pour l'inscription au catalogue

i. Résistance au phylloxéra

Pour déterminer le niveau de tolérance d'un porte-greffe au phylloxéra, RAVAZ (1897) et BOUBALS (1966) une technique consiste à observer des plants racinés cultivés en pots et contaminés à partir de galles phylloxériques placées dans les pots.

Une autre technique a été mise en place par POUGET (1975). Elle permet d'évaluer la résistance d'une variété *in vitro*. Des racines sont prélevées, placées dans des boîtes de Pétri et mises en contact avec des galles phylloxériques. On observe les racines pour évaluer le nombre de lésions et la gravité des lésions. Cela permet de classer les porte-greffes dans des classes.

Boubals utilise un système de division en classes allant de 0 (résistance totale) à 4 (sensibilité extrême) alors que Ravaz et Viala attribuent à chaque variété une note allant de 0 à 20, 20 étant la note correspondant à la plus grande résistance).

Dans certains sols précis, il est possible d'utiliser un porte-greffe peu résistant au phylloxéra. Ces situations sont rares en Champagne où il est donc nécessaire de greffer la vigne sur des porte-greffes ayant une résistance phylloxérique élevée. Pour sélectionner des porte-greffes pour la Champagne, il est donc nécessaire de choisir des variétés ayant une note d'au minimum 17 pour leur résistance au phylloxéra radicole.

ii. Résistance aux nématodes du genre *Meloidogyne*

Les nématodes du sol sont des parasites de la vigne. C'est notamment le cas des nématodes endoparasites du genre *Meloidogyne*. Certains porte-greffes sont plus résistants à ces nématodes.

Pour déterminer le niveau de résistance d'un porte-greffe aux nématodes du genre *Meloidogyne*, des plants de vignes en pot sont mis en contact avec des nématodes (*Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla*). Après six mois, on observe la réaction des vignes et on dénombre les nématodes sur les racines. En faisant le rapport entre la population finale et la population initiale (inoculée) on obtient le facteur de reproduction des nématodes qui permet de déterminer la sensibilité du porte-greffe aux nématodes. Si le facteur de reproduction est égal à 0, la variété est considérée comme immunisée, s'il est inférieur à 1, la variété est résistante et s'il est supérieur à 1, la variété est sensible (VEGA-CALLO *et al.* 2021).

iii. Plants indemnes de viroses réglementées

Pour l'inscription d'une variété de porte-greffe au Catalogue, elle doit être indemne des viroses réglementées. Ces viroses sont le court-noué (deux virus dépistés : ArMV et GFLV), l'enroulement (deux virus dépistés ; GLRaV1 et GLRaV3) ainsi que la marbrure. Pour s'assurer de leur absence, on utilise la méthode d'indexage qui consiste à greffer l'accession à tester sur une variété indicatrice qui est choisie pour son expression importante des symptômes d'une maladie. Cette méthode est longue mais est obligatoire pour l'inscription au catalogue d'un nouveau clone. Si l'accession testée est positive à l'un de ces virus, il ne sera pas possible de l'inscrire au catalogue. En France, la sélection sanitaire est effectuée par l'IFV. D'autres virus peuvent être recherchés comme ceux responsables de la cannelure, de la nécrose des nervures et de la mosaïque des nervures (IFV 2023).



Figure 15 : Reprise au greffage des porte-greffes les plus utilisés en Champagne

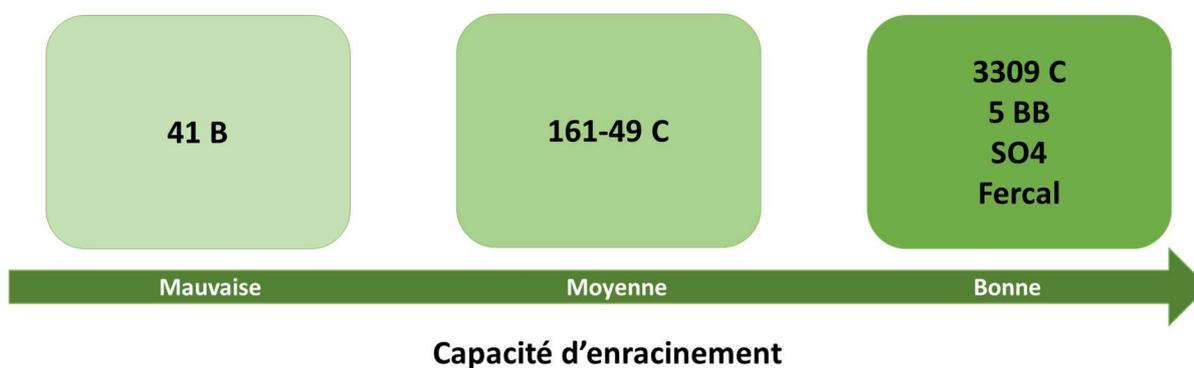


Figure 16 : Capacité d'enracinement des porte-greffes les plus utilisés en Champagne

b. Les caractéristiques qui intéressent les pépiniéristes

i. Capacité de greffage

La capacité de greffage correspond à la possibilité pour le plant de former un point de soudure entre le porte-greffe et le greffon. Cette soudure doit s'accompagner d'une mise en place de tissus vasculaires permettant la transmission de nutriments entre le greffon et le porte-greffe. Il y a plusieurs types d'incompatibilités entre les porte-greffes et les greffons :

- Incompatibilité immédiate : le plant meurt très rapidement après sa mise en place,
- Incompatibilité différée : le plant meurt quelques années après sa mise en place,
- Incompatibilités virales : l'incompatibilité est due à la présence d'un virus dans le porte-greffe. C'est souvent le cas avec le 5 BB.

Certaines associations de porte-greffe avec un greffon entraînent d'autres problèmes la formation d'un gros bourrelet de greffe avec un diamètre faible du porte-greffe qui fragilise fortement les souches pour lesquelles il peut y avoir une rupture de la greffe lors de secousses trop importantes, par exemple liées à l'utilisation de la machine à vendanger. La reprise au greffage des principaux porte-greffes plantés en Champagne est présentée en Figure 15.

ii. Capacité d'enracinement

La formation de nouvelles racines est un processus complexe qui est régulé par plusieurs facteurs, comme l'état des réserves, la quantité d'eau dans les bois ou encore le statut hormonal de la plante. L'auxine est une hormone qui permet le déclenchement de la formation de racines à partir des cellules cambiales (de KLERK *et al.* 1999). La Figure 16 montre la capacité d'enracinement des principaux porte-greffes utilisés en Champagne.

iii. Production de bois greffables

Les bois récoltés sur les vignes-mères de porte-greffe qui peuvent être utilisés pour le greffage sont appelés « boutures greffables ». Ils ont un diamètre entre 6 et 12 mm. Ils sont ébourgeonnés et débités en fractions de 28 à 70 cm. Les variétés ayant un fort développement des rameaux secondaires sont moins adaptées pour la production de porte-greffe. Tous les porte-greffes n'ont pas la même production de bois greffable. Le Tableau 3 présente la production de bois greffables des principaux porte-greffes utilisés en Champagne.

Principaux porte-greffes utilisés en Champagne	161-49 C	3309 C	41B MGt	5 BB	SO4
Production en mètres	30 à 60 000	20 à 50 000	15 à 50 000	80 à 100 000	60 à 100 000

Tableau 3 : Production de bois greffables des principaux porte-greffes utilisés en Champagne

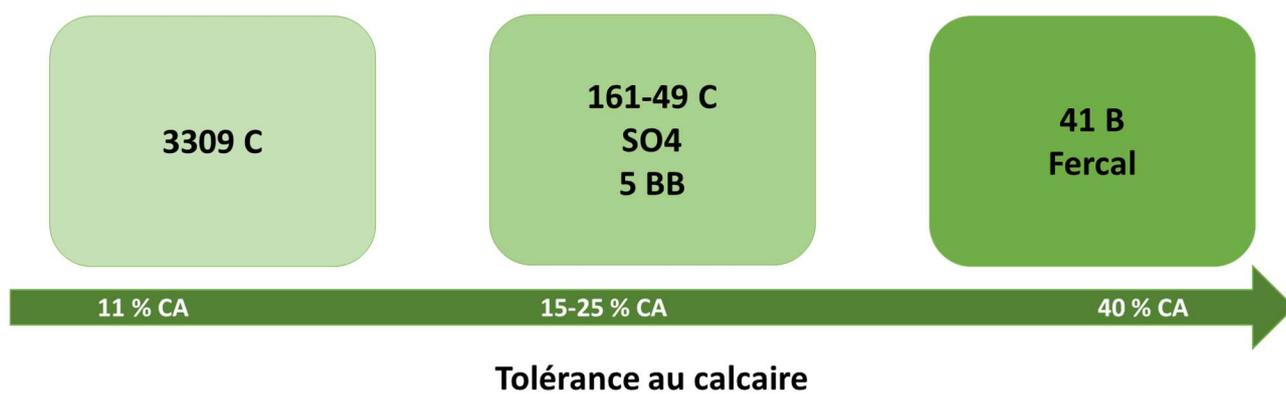


Figure 17 : Tolérance au calcaire des porte-greffes les plus utilisés en Champagne

CA = Calcaire actif

c. Les caractéristiques qui intéressent le viticulteur

i. Adaptation à la nature du sol (calcaire, acidité, salinité)

L'adaptation du porte-greffe à la nature du sol est un point très important dans la sélection d'un porte-greffe.

La tolérance du porte-greffe au calcaire est un critère très important notamment en Champagne où les sols ont des taux de calcaire actif important. L'échelle de résistance au calcaire n'est pas absolue car différents critères impactent la résistance d'une variété. Par exemple, en sol humide, la sensibilité augmente et en sol très sec, la tolérance augmente. De même, lorsque le fer est peu disponible dans le sol, la chlorose s'aggrave. JUSTE et POUGET (1972) utilisent donc l'indice de pouvoir chlorosant (IPC) d'un sol pour déterminer les risques de chlorose en tenant compte de la quantité de fer facilement extractible. La tolérance au calcaire des principaux porte-greffes utilisés en Champagne est présentée en Figure 17.

Pour évaluer la tolérance d'un porte-greffe à la chlorose, il y a plusieurs méthodes possibles :

- Une évaluation visuelle des symptômes de chlorose qui se fait à l'aide de l'échelle de notation de Pouget (POUGET et OTTENWAELTER 1978). Celle-ci va de 0 (pas de symptômes) à 5 (nécrose sur toutes les feuilles ou défoliation du plant). Cette méthode doit prendre en compte l'existence de périodes où les symptômes sont plus marqués et de périodes où les symptômes sont plus faibles. Ainsi, il faut prendre en compte l'ensemble du plant pour voir les différences de symptômes.
- Une évaluation quantitative de la quantité de chlorophylle dans les feuilles pour déterminer l'impact de la chlorose sur la chlorophylle des feuilles.

Certains porte-greffes sont très sensibles au sel dans le sol. Lorsque le sol contient du sel, il est nécessaire de prendre cela en compte dans le choix du porte-greffe. Au-delà de 1,5 pour mille la vigne américaine ne survit pas. *Vitis vinifera* peut survivre jusqu'à 3 pour mille. Aucun porte-greffe n'est résistant à une teneur en sel supérieure à 0,1 %. En Champagne, la salinité des sols n'est pas un problème à prendre en compte.

i. Etat hydrique du sol (humidité, sécheresse)

La méthode de référence pour estimer le niveau de contrainte hydrique est la détermination des potentiels hydriques grâce à l'utilisation de la chambre à pression.

Une autre méthode pour évaluer la contrainte hydrique est la méthode des apex. Elle consiste en l'observation de 50 apex pour les classer en trois catégories : apex en pleine croissance, en croissance ralentie ou en arrêt de croissance. Ces observations ne peuvent être réalisées que tant que la vigne n'est pas écimée. Et doivent être réalisées plusieurs fois à partir de la floraison. On calcule ensuite l'indice de croissance des apex (iC-Apex).

$iC\text{-Apex} = \% \text{ apex en croissance} \times 1 + \% \text{ apex en croissance ralentie} \times 0,5 + \% \text{ apex en arrêt de croissance} \times 0$

Le calcul de l'indice d'arrêt de croissance permet de déterminer le niveau de contrainte hydrique. Cet indice se calcule de la manière suivante :

$IAC = 100/3 \times (1 - \% \text{ apex en croissance} + \% \text{ apex en croissance ralentie} + 2 \times \% \text{ apex en arrêt de croissance})$

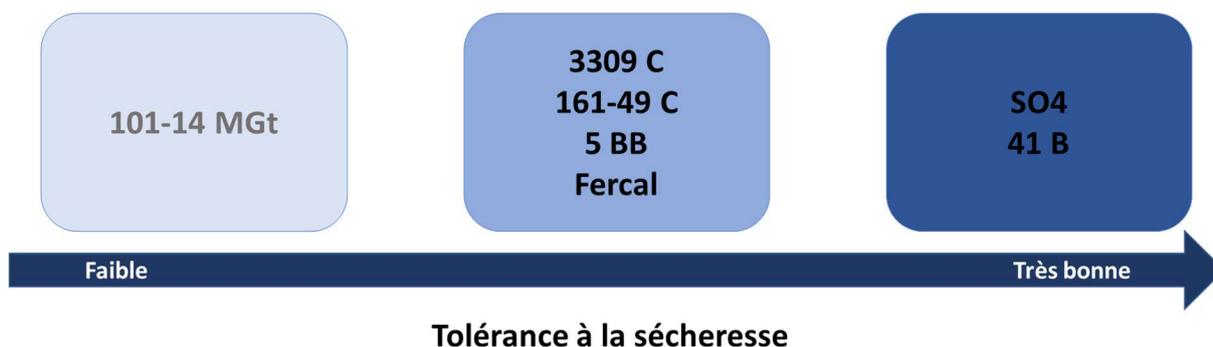


Figure 18 : Tolérance à la sécheresse des porte-greffes les plus utilisés en Champagne

En noir : les porte-greffes les plus utilisés en Champagne

En gris : autres porte-greffes inscrits au catalogue français

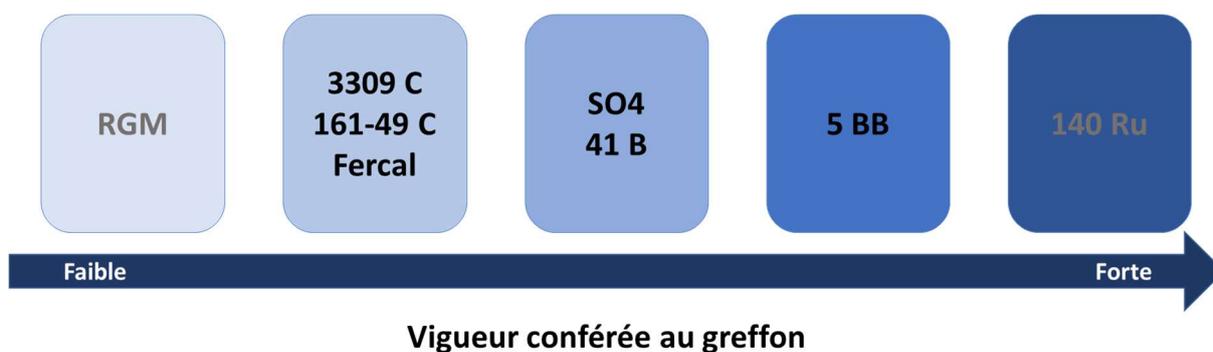


Figure 19 : Vigueur conférée au greffon des porte-greffes les plus utilisés en Champagne

En noir : les porte-greffes les plus utilisés en Champagne

En gris : autres porte-greffes inscrits au catalogue français

Pour interpréter les résultats, une base de données a été créée par l'IFV et cela permet d'obtenir quatre classes de contrainte hydrique :

- Niveau 0 : pas de contrainte hydrique
- Niveau 1 : contrainte hydrique modérée
- Niveau 2 : contrainte hydrique forte
- Niveau 3 : contrainte hydrique sévère.

La tolérance à la sécheresse des porte-greffes les plus plantés en Champagne est présentée en Figure 18.

Les sols très humides sont peu favorables à la croissance de la vigne car l'eau dans le sol entraîne une asphyxie racinaire qui tue la plante. Il est nécessaire de pouvoir drainer le sol avant plantation. L'humidité entraîne généralement le développement de pourridiés qui détruisent les racines. Aucun porte-greffe n'est résistant au pourridié.

ii. Résistance aux carences minérales

La carence magnésienne est assez fréquente chez la vigne et entraîne une diminution du volume de la récolte. Certains porte-greffes y sont particulièrement sensibles comme le Fercal et le SO4 qui assimilent mal le magnésium du sol.

La carence potassique provoque la chute des feuilles avant la récolte ce qui provoque une mauvaise maturation des raisins. Le 3309C, le 420 A et dans une moindre mesure le 41B, absorbent mal le potassium dans le sol.

Il y a un antagonisme entre le magnésium et le potassium donc les classements des porte-greffes sont globalement inversés.

Pour guider son choix de porte-greffe, le viticulteur a intérêt à faire une analyse de sol avant la plantation.

iii. Caractères conférés au greffon

a. Vigueur conférée

Certains porte-greffes confèrent plus de vigueur à leur greffon que d'autres. Suivant la destination des raisins, on recherche une vigueur plus ou moins importante. Pour les vins tranquilles de qualité, on recherche généralement une vigueur plus faible pour assurer une bonne maturité des raisins et des bois. De même, en région septentrionale ou en altitude, il est nécessaire d'utiliser des porte-greffes moins vigoureux pour éviter de trop retarder la maturité.

Les porte-greffes ont un impact sur la tolérance de la vigne à la chlorose ferrique mais aussi sur la vigueur et la fertilité qu'ils confèrent au greffon. La vigueur peut être définie comme étant la vitesse de croissance des rameaux et la fertilité des souches (OLLAT *et al.*). La vigueur conférée varie en fonction de l'assimilation hydrique, azotée et minérale du porte-greffe.

La vigueur correspond au diamètre moyen des sarments et au nombre de sarments. Pour estimer la vigueur d'une vigne, une estimation visuelle peut être réalisée. La pesée des bois de taille permet d'obtenir la biomasse qui dépend du diamètre moyen des sarments et du nombre de sarments. La Figure 19 présente la vigueur conférée au greffon des principaux porte-greffes en Champagne.

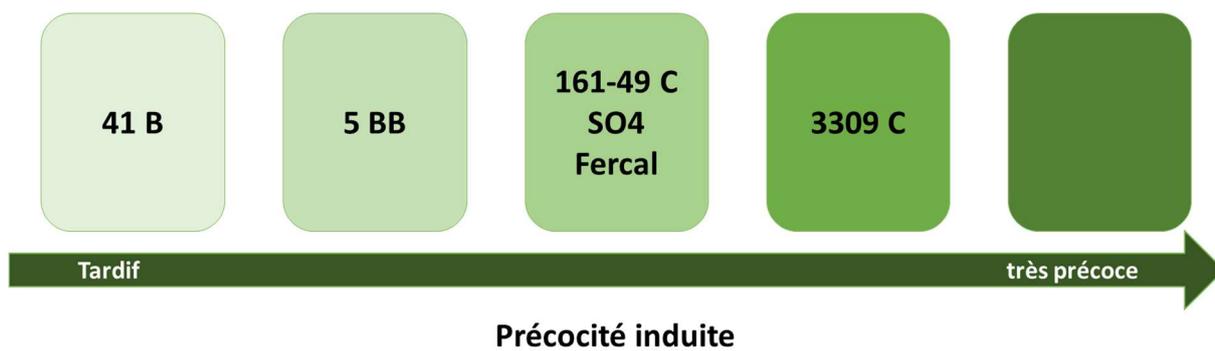


Figure 20 : Précocité induite des porte-greffes des plus utilisés en Champagne

b. Précocité induite

Le porte-greffe impacte la phénologie du greffon, c'est-à-dire les stades phénologiques considérés comme importants pour décrire le cycle de la vigne : le débourrement, la floraison et la véraison (DUCHENE, 2010). Le débourrement et la floraison sont déterminés par observation visuelle, on estime la date à laquelle 50 % des organes observés ont atteint le stade. Pour le débourrement, les bourgeons doivent atteindre le stade "pointe verte". Pour la floraison, les fleurs doivent être ouvertes, c'est-à-dire qu'elles doivent avoir perdu leur capuchon floral. La véraison correspond au moment où le flux du xylème s'arrête. Les baies ramollissent et changent de couleur. Le changement de coloration des baies n'est pas une méthode très précise et il est préférable d'estimer le moment où 50 % des baies ont ramolli (DESTRAC-IRVINE et al., 2017). La Figure 20 présente la précocité induite des porte-greffes les plus plantés en Champagne.

Conclusion

Il y a eu peu d'innovation récente pour les porte-greffes. En effet, depuis 1959, seuls trois porte-greffes ont été obtenus et inscrits au catalogue français : le Fercal, le Gravesac et le Nemadex Alain Bouquet. En France, cinq porte-greffes représentent près de 75 % des plants produits (données FranceAgriMer, 2017). Le projet PGvigne.net a été mis en place pour élargir la gamme de porte-greffes inscrits au catalogue français et pour mieux connaître les porte-greffes peu utilisés.

Il a trois leviers permettant de diversifier les porte-greffes utilisés. Le premier est de mieux utiliser la diversité de porte-greffes déjà inscrits au catalogue français. Ce levier est le celui qui permet d'obtenir des résultats le plus rapidement. Pour mieux exploiter la diversité déjà présente en France, il est important de mieux connaître les porte-greffes inscrits au catalogue français. Le deuxième levier utilisable est de chercher des porte-greffes existants mais non-inscrits au catalogue français. Pour cela, il faut chercher des porte-greffes utilisés à l'étranger puis leur faire passer l'étape de la VATE, obligatoire pour l'inscription au catalogue. C'est une solution à moyen terme. Le troisième et dernier levier qui peut être mis en place est celui de la création variétale. Cela est long car il faut d'abord réaliser une phase de sélection initiale qui dure 3 ans, puis une phase de sélection intermédiaire qui dure 6 ans et enfin la phase de sélection finale qui est celle de la VATE qui dure 6 ans. Il s'agit donc d'une solution à long terme.

Matériel et méthode

I) Le dispositif VATE Porte-greffe

a. Description du dispositif VATE porte-greffe en Champagne

Le dispositif VATE porte-greffes est situé sur le domaine expérimental de Plumecoq sur la commune de Chouilly sur la Côte des Blancs. Le dispositif comprend quatre porte-greffes différents : le 333 Ecole de Montpellier, le 775 Paulsen et le Georgikon 28 ainsi que le témoin, le 41 B Millardet de Grasset. Le dispositif est greffé avec du Chardonnay. Il y a deux clones différents utilisés pour le Chardonnay, le 0095 et le 0096. Le Chardonnay rose est également étudié sur le même dispositif. Il est greffé sur 41 B et a pour témoin le Chardonnay 96 greffé sur 41 B. Le Chardonnay blanc 0095 est greffé sur le 41 B et le 333 EM et le Chardonnay blanc 0096 est greffé sur le 41 B, le Georgikon 28 et le 775 P. Ainsi, le Chardonnay 96 greffé sur 41 B est le témoin du Georgikon 28 et du 775 P et le Chardonnay 95 greffé sur 41 B est le témoin du 333 EM. Chaque placette est constituée de trois rangs d'un même porte-greffe avec le même greffon. Les rangs comportent 11 pieds, le premier du rang n'est pas pris en compte dans les notations pour limiter les effets de bordure. Les placettes sont toutes répétées trois fois. Il y a 99 pieds pour chaque modalité. Il y a en plus un rang de garde de Chardonnay rose de chaque côté du dispositif. Le dispositif est présenté en figure 21. La parcelle a été plantée en avril 2019, le suivi a démarré en 2023. Le dispositif a un écart entre les rangs de 1,10 m et entre les souches de 1,10 m, soit une densité de 8 200 pieds/ha. La parcelle est conduite en espalier palissé, les ceps sont taillés en guyot. Le dispositif est conduit en agriculture biologique et est traité en même temps que le reste du domaine de Plumecoq. Pour l'année 2023, il y a eu 11 traitements fongicides. Deux fongicides sont utilisés, un à base de soufre et un à base de cuivre.

L'objectif de l'essai est d'élargir la gamme de porte-greffes inscrits au Catalogue français pour permettre de s'adapter au changement climatique. Pour la Champagne, deux paramètres sont particulièrement intéressants : l'adaptation à la sécheresse en Champagne pour les sols de la Côte des Bar, par exemple, et la tolérance au calcaire. Des analyses de sol ont été effectuées avant la plantation (Figure 22) pour connaître les taux de calcaire actif et l'IPC à différents endroits de la parcelle.

Une nouvelle partie du dispositif sera plantée progressivement, pour tester l'ensemble des porte-greffes prévus dans le projet PGvigne.net. La première plantation aura lieu en 2024 et la seconde en 2025. Le suivi du dispositif commencera trois ans après la plantation.

a. Objectif du dispositif

L'objectif de ce dispositif est de faire l'évaluation VATE de plusieurs porte-greffes étrangers pour les introduire en Champagne. Les critères recherchés sont une bonne tolérance à la chlorose ferrique, une bonne résistance au phylloxéra et une bonne adaptation au changement climatique. Cet essai concerne les variétés 150-15 Malègue, 775 Paulsen, 157-11 Couderc, 261-50 Couderc, Evex 13-5, Georgikon 28, 107 Vidal, Vivet 15 et Ramsey. Les porte-greffes 1447 Paulsen, BC2, 34 EM et 333 EM sont également prévus dans l'essai bien qu'ils soient déjà inscrits au catalogue français l'objectif étant de mieux connaître les caractéristiques de ces porte-greffes qui semblent adaptés aux sols calcaires.

Trois parcelles ont été mises en place dans le cadre de l'évaluation VATE des porte-greffes : une en Champagne par le Comité Champagne, une dans l'Aude par la Chambre d'Agriculture de l'Aude et une en Charentes par le Conservatoire du Vignoble Charentais (CVC). Les trois parcelles évaluent les différents porte-greffes greffés avec des cépages représentant les trois régions. La parcelle plantée en Champagne est greffée avec du Chardonnay, celle plantée dans l'Aude est greffée avec du Grenache et celle en Charentes est greffée avec de l'Ugni blanc. L'évaluation de l'aptitude à la multiplication végétative est faite en collaboration avec l'IFV. Le CVC a installé une parcelle de vigne-mère de porte-greffes pour évaluer leur comportement. Les bois sont ensuite envoyés à l'IFV qui récupère des greffons provenant des trois centres et procède au greffage et aux mesures sur les plants (qualité de la soudure, vigueur des pousses, répartition des racines).

II) Evaluation agronomique

a. Notation des stades phénologiques

Les stades phénologiques étudiés sont le débourrement, la floraison et la véraison. Les observations se font sur les dix pieds du rang central, le premier pied servant de rang de garde. La notation permet de déterminer la date à laquelle 50 % des bourgeons ont débourré, 50 % des inflorescences ont fleuri et 50 % des baies ont verré. Lorsqu'on atteint 80 % du stade phénologique, on arrête les observations. Cela permet d'obtenir une estimation précise de la date à laquelle on atteint la moitié du stade, car on utilise la fonction PREVISION de Excel. Les notations ont lieu trois fois par semaine, le lundi, le mercredi et le vendredi. La fiche de notation utilisée pour les stades phénologiques se trouve en annexe 5.

Lors du débourrement, on observe 25 bourgeons, entre deux et trois par pied situés en position centrale de la baguette. On considère qu'un bourgeon a débourré lorsqu'il a atteint le stade pointe verte (stade C selon Baggiolini). Le nombre de bourgeons ayant débourré est alors multiplié par quatre pour obtenir le pourcentage de bourgeons ayant débourré. On n'observe pas les bourgeons ayant subi des dégâts (gel, ravageurs, ...). Une seule personne effectue la notation pour éviter d'avoir un biais lié à l'observateur.

Lors de la floraison, on observe 25 inflorescences, entre deux et trois par pied, situés à tous les niveaux du cep. Une estimation du pourcentage de fleurs ayant perdu leur capuchon floral est effectuée (Stade I selon Baggiolini). La notation s'effectue par tranches de 10 % sauf en dessous de 10 % où des notes de 1 %, 2 % et 5 % peuvent être attribuées à une inflorescence. La moyenne des pourcentages obtenus permet d'obtenir le pourcentage de fleurs ayant fleuries. Cette notation est réalisée par deux observateurs.

Lors de la véraison, pour chaque placette, 50 baies sont choisies au hasard sur les différents ceps de la placette et à différents endroits du cep (hauteurs différentes, grappes différentes). Ces baies sont palpées. On dénombre alors le nombre de baies ramollies (stade M selon Baggiolini). Ce nombre est ensuite multiplié par deux pour obtenir le pourcentage de baies verrées. Cette notation est réalisée par deux observateurs.

L'échelle utilisée pour les stades phénologiques et la fiche de notation se trouvent en annexe 4.

b. Suivi des maladies et carences

Une notation des maladies a été réalisée le 7 juillet 2023. Elle est effectuée par deux personnes qui se placent de chaque côté de la haie foliaire et observent les symptômes sur feuilles et sur grappes du mildiou, de l'oïdium et du black-rot. Au total, on note les symptômes sur 25 feuilles et 25 grappes par

placette. Il est nécessaire que les deux personnes se mettent d'accord au préalable pour que les résultats soient homogènes. Chacun donne trois notes correspondant au pourcentage de la surface de l'organe touché par chaque maladie.

Une seconde notation des maladies a été effectuée aux alentours de la vendange. Celle-ci sert à expliquer les différences de rendement. On ne fait de notation que sur les maladies qui impactent le rendement. En 2023 il s'agit de Botrytis, de la pourriture acide et de l'oïdium. Pour la notation de Botrytis et de la pourriture acide, on observe le pourcentage de la grappe touché. La notation ne se fait que sur les grappes. La notation a été effectuée le jour de la vendange soit le 12 septembre 2023 pour le Chardonnay 96 / 41 B et le Chardonnay rose et le 14 septembre 2023 pour les autres modalités.

Une notation chlorose a été effectuée le 2 août 2023. Elle est effectuée souche par souche sur le rang central de chaque placette. Une note est donnée à chaque pied : 0 si le pied n'a aucun symptôme de chlorose ; 1 si quelques feuilles sont jaunes ; 2 si le feuillage est entièrement jaune et 3 lorsque le stade cotis est atteint. Cette notation permet de s'assurer que les porte-greffes testés dans le dispositif sont bien résistants à la chlorose dans un sol avec des taux de calcaire actif élevés.

c. Pesée des bois de taille

La pesée des bois de taille a été réalisée avant le début de mon stage, le 20 mars 2023. Elle a lieu au moment de la taille. Chaque rang a été taillé et les bois d'un rang entier ont été pesés. Les mesures ont été réalisées sur les trois rangs de chaque placette. Une moyenne des trois rangs est ensuite effectuée. Certains ceps ne sont pas inclus dans la notation lorsque la vigueur du cep n'est pas comparable à celle des autres ceps. Cela permet d'avoir le poids moyen des bois de taille par cep.

La notation de vigueur a aussi été effectuée avant le début de mon stage, le 8 mars 2023. Elle consiste en une observation globale de la placette par deux personnes qui se mettent d'accord sur le niveau de vigueur qu'elles observent. Elles attribuent ensuite une classe à chaque placette. La classe 2 correspond à une vigueur moyenne. La classe 1 correspond à une vigueur faible et la classe 3 à une vigueur forte.

d. Suivi de la maturité

Le premier contrôle maturité a été déclenché le 29 août 2023. Il a été réalisé sur un échantillon de 100 baies prélevées aléatoirement pour être représentatives de l'ensemble de la placette. Le second contrôle maturité a eu lieu le 5 septembre 2023 et a été réalisé sur un échantillon de 100 baies. Le troisième prélèvement a eu lieu le 12 septembre 2023 et a été réalisé sur un échantillon de 200 baies. Le troisième échantillon est envoyé au laboratoire du Comité Champagne pour l'analyse sur l'échantillon de référence. Les échantillons sont pressés à l'aide d'un presse-purée. Le jus est ensuite mis dans un gobelet sur lequel le nom de la modalité et de la placette sont indiqués.

Le TAVP est déterminé en utilisant un réfractomètre à main numérique (PAL-Wine ATAGO). On place une goutte de moût sur le lecteur, on lance la mesure puis on refait la mesure une seconde fois. Si les deux mesures sont identiques on conserve ce résultat. Si les deux mesures sont différentes, on refait une troisième mesure. L'acidité totale est mesurée par la méthode de référence de dosage acido-basique à la soude. On prélève 10 mL de jus de raisin qu'on met dans un second gobelet, on ajoute 3 à 4 gouttes de bleu de bromothymol. Le mélange devient jaune. On ajoute ensuite progressivement de la soude dosée à 0.2 mol/L tout en agitant. Lorsque le mélange devient vert, on a atteint l'équivalence. On note la quantité de soude versée. On multiplie le volume obtenu par 0.98 pour obtenir l'acidité totale en g d' H_2SO_4 de l'échantillon. La fiche de notation se trouve en annexe 7.

e. Vendange

Le Chardonnay 96 / 41 B étant également le témoin du Chardonnay rose, il a été vendangé avant le reste du dispositif. La vendange a eu lieu le 12 septembre 2023 pour le Chardonnay rose et le témoin Chardonnay 96 / 41 B et le 14 septembre 2023 pour les autres modalités. Le nombre de grappes par pied est noté. La récolte est ensuite pesée par placette. En raison du nombre important de grappes fortement impactées par l'oïdium, un tri a été effectué à la vendange et les grappes impactées par les maladies ont été écartées et pesées à part. Les grappes mangées par les oiseaux sont également comptées mais ne sont pas pesées. La fiche utilisée pour la vendange se trouve en annexe 6.

III) Analyse statistique

J'ai réalisé les tests statistiques avec le logiciel Rstudio (version 2022.12.0+353) dont le script utilisé est disponible en annexe 8. Elles ont été effectuées sur les différents paramètres mesurés : le poids des bois, les données des contrôles maturité, les données de récolte et les maladies pour les trois stades phénologiques étudiés. Pour faciliter l'intégration de la variable date dans le logiciel Rstudio, la datation des stades phénologiques a été transformée en jours julien et fixée au 01/01/2023. J'ai tout d'abord représenté les résultats sous forme de boxplot pour décrire les données. On vérifie tout d'abord que la distribution des données suit une loi normale en effectuant un test de Shapiro-Wilk. Puis on vérifie que les échantillons sont issus de populations de même variance en faisant un test de Bartlett.

- Si les deux tests sont validés, on effectue une ANOVA qui est une analyse de variance qui permet de comparer des moyennes de plus de deux échantillons.
- Si l'une des hypothèses n'est pas validée, on effectue le test de Kruskal-Wallis qui est un test non paramétrique. On réalise ensuite un test Post-hoc

On réalise ensuite un test post-hoc pour identifier les modalités ayant des différences significatives entre elles. Seules les différences entre une modalité et son témoin sont prises en compte.

Les astérisques représentent l'échelle de significativité des différences :

- * : $p=0.05$ significativité moyenne, peu probablement dues au hasard
- ** : $p=0.01$ significativité forte, très peu probablement dues au hasard
- *** : $p=0.001$ significativité très forte, pas dues au hasard

IV) Saisie des données dans la base de données Silex-VitiOeno Porte-greffe

Les données de cet essai ainsi que celles des autres essais sur les porte-greffes ont été saisies dans la base de données Silex-VitiOeno Porte-greffe. Cette base de données sera exploitée dans le cadre du projet PGvigne.net. Dans le cadre de mon stage, j'ai suivi une formation dispensée par Léa Garcin de l'IFV. Pour la saisie des résultats d'un essai, il faut tout d'abord créer un projet puis une expérimentation. Ici le projet a été créé par Sébastien Julliard du CVC, se nomme VATE_PG et l'expérimentation correspondante pour la Champagne est nommée « VATE_PG_EVAL_Caracteres_Conferes_Septentrional ». Il faut également créer un domaine et une

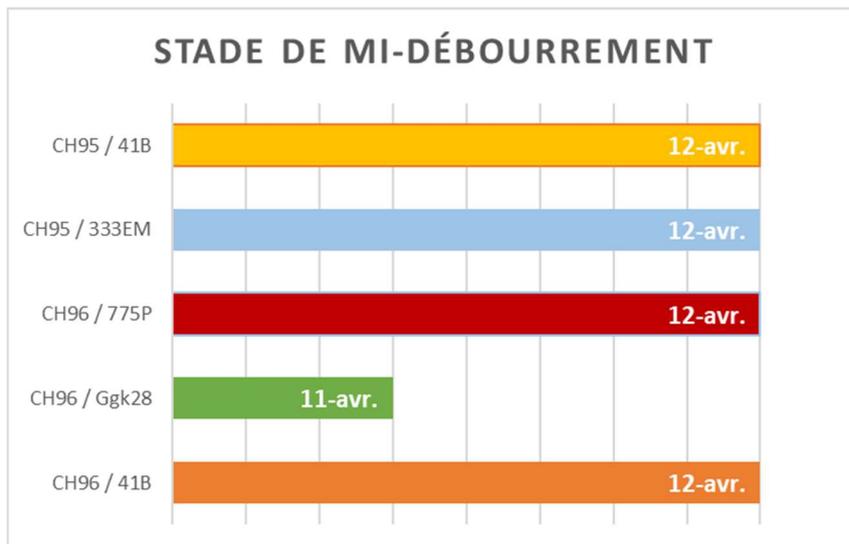


Figure 23 : Comparaison des dates de mi-débourrement des différentes modalités

parcelle. Dans le cadre de l'essai VATE porte -greffes, le domaine est celui de Plumecoq et j'ai créé une parcelle nommée VATE-PG. Ensuite il faut créer des objets : lots de placettes, placettes, ceps ou organes. Il est important lors de la création des objets de les créer du plus général au plus précis pour que le parent de chaque objet soit déjà créé. Pour cet essai, j'ai créé un lot de placettes par porte-greffe. Chaque lot de placettes comprend trois placettes constituées chacune de 30 ceps. Le premier cep de chaque rang n'a pas été créé car aucune mesure n'a été faite sur ce cep. J'ai ensuite saisi les données récoltées sur l'essai dans des gabarits (fichiers Excel). Pour la saisie des données, il est nécessaire d'avoir la date à laquelle la mesure a été effectuée. Une fiche explicative de Silex-VitiOeno Porte-greffe se trouve en annexe 10.

J'ai également saisi les données des essais sur les porte-greffes vigoureux en zone impactée par le court-noué et des essais sur le Nemadex Alain Bouquet. Le porte-greffe Nemadex Alain Bouquet présente une résistance partielle à *Xiphinema index* ce qui retarde la contamination par le virus du court-noué. L'objectif des essais est d'évaluer le comportement de ce porte-greffe dans le vignoble champenois. Les essais sur les porte-greffes vigoureux ont pour objectif d'évaluer le comportement de certains porte-greffes réputés pour leur forte vigueur conférée, en zone court-nouée. En effet, les porte-greffes vigoureux constituent une piste dans la lutte contre le court-noué en raison de leur meilleure implantation que le 41 B en zone court-nouée. Un premier essai ayant montré des résultats particulièrement encourageants, plusieurs essais ont été mis en place par le Comité Champagne. Les résultats de ces essais ont donc été saisis dans la base de données pour qu'ils soient analysés.

I) Réalisation d'un questionnaire à destination des viticulteurs

J'ai réalisé un questionnaire qui a ensuite été diffusé auprès des viticulteurs de Champagne pour recenser les essais sur les porte-greffes qu'ils mènent. À la suite de ce questionnaire, j'ai mené des entretiens téléphoniques avec les viticulteurs. L'objectif est de connaître au mieux les essais menés par les viticulteurs, qu'ils aient des données précises ou simplement des observations globales, pour mieux connaître les porte-greffes déjà inscrits au catalogue français. Le questionnaire a été diffusé aux viticulteurs par l'extranet du Comité Champagne. Le questionnaire se trouve en Annexe 11.

Résultats et discussion

I. Evaluation agronomique

A. Stades phénologiques

1. Débourrement

En 2023, les dates de mi-débourrement vont du 11 avril au 12 avril (Figure 23). La modalité la plus précoce est le Georgikon 28, les autres modalités ont toutes la même date de mi-débourrement. Le 333 EM a la même date de mi-débourrement que le Chardonnay 95 sur 41B, son témoin. Le 775 P et le Chardonnay 96 sur 41 B, son témoin, ont également la même date de mi-débourrement. L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives entre les modalités. Les résultats de l'analyse statistique sont présentés en annexe 9. La notation n'étant réalisée que par un seul observateur, on peut négliger l'effet observateur. Il faudra reproduire cette notation

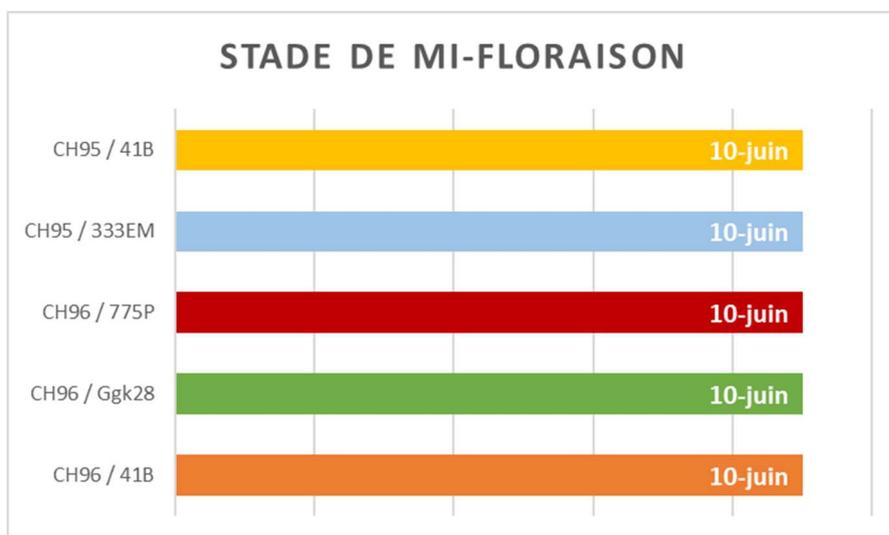


Figure 24 : Comparaison des dates de mi-floraison pour les différentes modalités

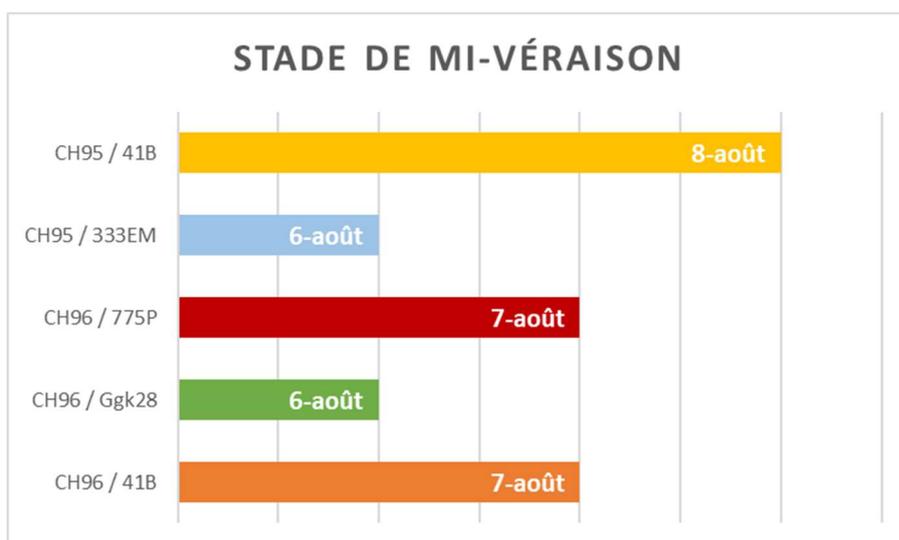


Figure 25 : Comparaison des dates de mi-véraison pour les différentes modalités

	Moyenne des poids de bois de taille (kg/souche)	Vigueur
CH96 / 41B	0,102	1
CH96 / Ggk28	0,148	1,33
CH96 / 775P	0,217 *	1,67
CH95 / 333EM	0,137	1
CH95 / 41B	0,137	1

Tableau 4 : Pesée des bois de taille et vigueur des différentes modalités

pour vérifier les tendances qui semblent se dégager. En effet, la vigne étant encore jeune, les différences devraient s'accroître avec le temps.

2. Floraison

En 2023, le stade de mi-floraison a été atteint le 10 juin pour toutes les modalités (Figure 24). Cette notation étant réalisée par deux observateurs, il y a un biais à prendre en compte. Pour limiter l'impact de ce biais entre les placettes, les observateurs ont chacun observé le même nombre d'inflorescences sur chaque placette.

3. Véraison

En 2023, les dates de mi-véraison sont comprises entre le 6 et le 8 août (Figure 25). Le 333 EM atteint le stade de mi-véraison deux jours avant son témoin. Le Georgikon 28 atteint la mi-véraison 1 jour avant son témoin. Le 775 P atteint, lui la mi-véraison en même temps que son témoin. Il n'y a pas de différences statistiques entre les différentes modalités. La notation de la véraison est réalisée par deux observateurs qui évaluent la texture des baies. Cela induit un biais qui dépend de l'observateur. Le cycle du Georgikon 28 semble être décalé d'un jour par rapport à celui de son témoin. Le 775 P a exactement le même cycle que son témoin. Le 333 EM a quant à lui, un cycle plus court de deux jours que le cycle de son témoin.

B. Poids des bois et vigueur

Le poids moyen des bois de taille par souche varie entre 102 g par souche pour le chardonnay 96 sur 41 B et 217 g par souche pour le 775 P. Le 333 EM a exactement le même poids moyen par souche que son témoin. Le Georgikon 28 a un poids de bois de taille supérieur à celui de son témoin (Tableau 4). L'analyse statistique confirme la différence entre le poids des bois de taille moyen pour le 775 P et son témoin. En revanche, la différence entre le Georgikon 28 et son témoin n'est pas significative.

La vigueur moyenne des deux témoins est de 1. Le 333 EM a également une valeur de 1. Le Georgikon 28 a une vigueur moyenne de 1,33, une placette a une vigueur de 2 et les deux autres ont une vigueur de 1. Le 775 P a une vigueur de 1,67, deux placettes ont une vigueur de 2 et la troisième placette a une vigueur de 1. Les résultats des pesées de bois de taille et de la notation vigueur montrent la même tendance. Ainsi, le Georgikon 28 a une vigueur légèrement supérieure à celle de son témoin, le 775 P a une vigueur plus importante que celle du 41 B. Le 333 EM a lui une vigueur équivalente à celle du 41 B.

C. Maladies et carences

1. Maladies

Lors de la première notation maladie, la proportion de feuillage touché par le mildiou varie entre 0,08 % et 1,13 %. Le 333 EM est deux fois moins touché que son témoin. Le Georgikon 28 et le 775 P sont entre 10 et 15 fois plus touchés par le mildiou sur feuille que leur témoin (Tableau 5). Cependant, l'analyse statistique ne montre pas de différences significatives sauf pour le 775 P. La proportion de baies touchées par le mildiou est comprise entre 0,08 % et 1,61 %. Le 333 EM et son témoin ont des pourcentages de baies touchées très proches. Le 775 P est plus de 10 fois plus touché que son témoin. Le Georgikon 28 a une proportion de baies touchées proche de celle de son témoin. L'analyse statistique montre une différence entre le 775 P et son témoin. Il est donc plus touché par le mildiou sur feuilles et sur grappes. La vigueur conférée par le 775 P étant supérieure à celle conférée par le 41 B, on peut supposer que l'humidité au sein du feuillage est plus importante et que le feuillage limite

	Date	Mildiou % Feuilles	Mildiou % Baies	Oïdium % Feuilles	Oïdium % Baies
CH96 / 41B	07/07/2023	0,08	0,13	0,00	0,01
CH96 / Ggk28		1,01	0,31	0,15	0,29
CH96 / 775P		1,13 *	1,61 *	0,13	0,65
CH95 / 333EM		0,57	0,08	0,00	0,13
CH95 / 41B		1,15	0,09	0,04	0,56

Tableau 5 : Proportion des feuilles et des grappes touchées par le mildiou et l'oïdium lors de la notation du 7 juillet 2023.

	Date	Oïdium % Baies	Pourriture grise
CH96 / 41B	12/09/2023	13,86	3,39
CH96 / Ggk28	14/09/2023	35,60	4,69
CH96 / 775P		33,23 *	6,73
CH95 / 333EM		27,99	2,20 *
CH95 / 41B	12/09/2023	20,09	5,81

Tableau 6 : Proportion des grappes touchées par l'oïdium et la pourriture grise lors de la notation maladie au moment de la vendange. Les cases grisées correspondent aux modalités présentant plus de 20 % d'oïdium.

Porte-greffe	% pieds touchés	Note moyenne
CH96 / 41B	3,33	0,33
CH96 / Ggk28	0,00	0,00
CH96 / 775P	11,10	0,33
CH95 / 333EM	0,00	0,00
CH95 / 41B	0,00	0,00

Tableau 7 : Proportion de ceps touchés par la chlorose et note moyenne par modalité.

l'efficacité des traitements qui atteignent plus difficilement l'intérieur du feuillage (Chambre d'Agriculture de la Gironde, 2017).

Lors de cette première notation, la proportion de feuillage touché par l'oïdium est comprise entre 0 % et 0,15 %. Il n'y a pas de différences significatives d'après l'analyse statistique. La proportion de baies touchées par l'oïdium est comprise entre 0,01 % et 0,65 %. L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives. On peut cependant remarquer que le 333 EM est quatre fois moins touché que son témoin. De plus, le Chardonnay 96 sur 41 B est moins touché que le Georgikon 28 et 775 P.

Lors de la notation faite au moment de la récolte, la proportion de baies touchées par l'oïdium est comprise entre 13,86 % et 35,60 %. Le 333 EM est légèrement plus touché que son témoin. Le Georgikon 28 et le 775 P sont tous les deux fortement touchés, à plus de 30 % des baies touchées alors que leur témoin est touché à 13,86 % (Tableau 6). L'analyse statistique montre une différence significative pour le 775 P par rapport à son témoin. Cependant, elle n'en montre pas pour le Georgikon 28. Cela peut s'expliquer par la grande dispersion des valeurs pour cette modalité. En effet, l'une des placettes de Georgikon 28 est touchée à 14,96 % alors que les deux autres sont touchées à 35,68 % et 40,48 %. Cette forte proportion de baies touchées par l'oïdium peut s'expliquer par la vigueur plus importante du 775 P et du Georgikon 28. En effet, le développement de l'oïdium est favorisé par l'humidité et les températures élevées. Ainsi, un feuillage dense augmente le risque de développement de l'oïdium (Phyteis 2021).

La proportion de baies touchées par la pourriture grise varie entre 2,20 % et 6,73 %. Le Georgikon 28 a une proportion de baies touchées proche de celle de son témoin. Pour le 775 P, la proportion est environ deux fois plus élevée. Le 333 EM est plus de deux fois moins touché que son témoin. L'analyse statistique montre une différence significative entre le 333 EM et son témoin.

1. Chlorose

Deux placettes ont montré des symptômes de chlorose : la première placette et la troisième placette. La première placette est du Chardonnay 96 sur 41 B. La troisième placette est du 775 P. Le Chardonnay 96 sur 41 B a un pied présentant de la chlorose. Le 775 P a 10 pieds présentant des symptômes de chlorose, soit un tiers de la placette (Tableau 7).

Les deux placettes sont à proximité l'une de l'autre et aucune autre placette de ces modalités ne présente de symptômes de chlorose. On peut donc considérer comme cette partie de la parcelle peut être plus chlorosante. Le calcaire actif de cette zone est similaire à celui des autres zones, même légèrement inférieur par rapport au milieu de la parcelle. L'IPC est cependant plus élevé dans cette zone. La placette 2 ne présente pas de symptômes de chlorose. Il s'agit d'une placette de 333 EM, on peut donc supposer que celui-ci est plus tolérant au calcaire.

D. Maturité

L'acidité totale des prélèvements de maturité va de 7,1 g/L d' H_2SO_4 à 7,5 g/L d' H_2SO_4 pour le premier prélèvement, de 6,2 g/L d' H_2SO_4 à 6,7 g/L d' H_2SO_4 pour le deuxième prélèvement et de 5,4 g/L d' H_2SO_4 à 5,7 g/L d' H_2SO_4 pour le troisième prélèvement.

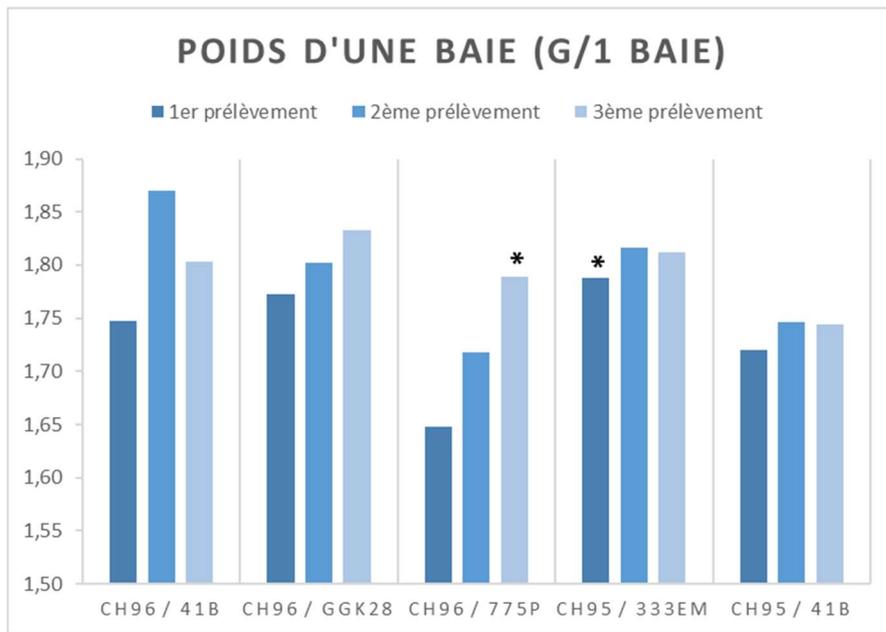


Figure 26 : Poids moyen d'une baie lors des trois prélèvements

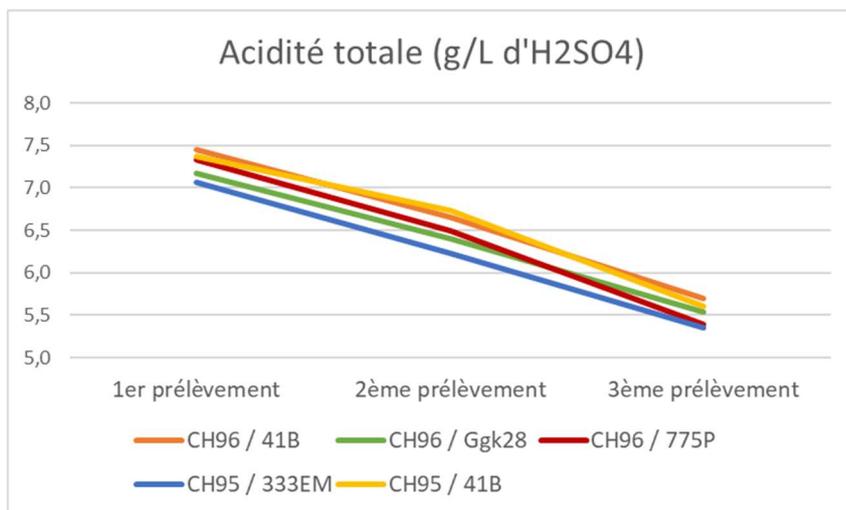


Figure 27 : Moyenne des acidités totales en g/L d'H₂SO₄ par modalité

Il y a une diminution de l'acidité totale entre les trois prélèvements qui semble être la même pour les différentes modalités (Figure 27). Il n'y a pas de différences significatives entre les modalités testées et leur témoin.

Le TAVP est compris entre 8,9 % vol. et 9,2 % vol. lors du premier prélèvement, entre 10,13 % vol. et 10,27 % vol. pour le deuxième prélèvement et entre 11,30 % vol. et 11,53 % vol. lors du dernier prélèvement (Figure 28).

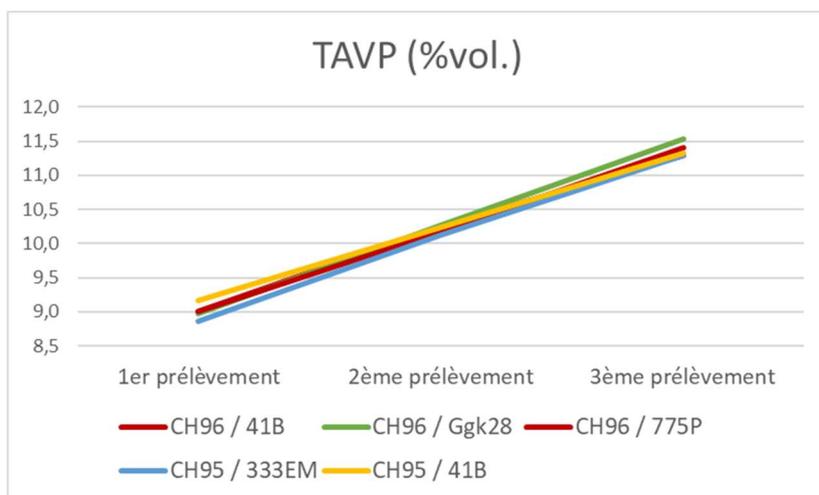


Figure 28 : Moyenne des TAVP en %vol. par modalité

Ainsi, le TAVP augmente entre les prélèvements mais cette augmentation semble identique pour toutes les modalités. Les prélèvements de maturité ne semblent donc pas présenter de différences particulières entre les modalités pour le TAVP ou pour l'acidité totale. L'analyse statistique montre qu'il n'y a aucune différence significative pour le TAVP entre les modalités testées et leur témoin pour chacun des prélèvements.

Pour le poids moyen d'une baie, il n'y a pas beaucoup de différences entre les modalités pour un même prélèvement. Lors du premier prélèvement, le poids moyen d'une baie va de 1,65 g à 1,79 g (Figure 26). Lors du deuxième prélèvement, le poids moyen d'une baie va de 1,72 g à 1,87 g. Le poids moyen d'une baie du dernier prélèvement va de 1,74 g à 1,83 g. Le poids des baies a augmenté entre le

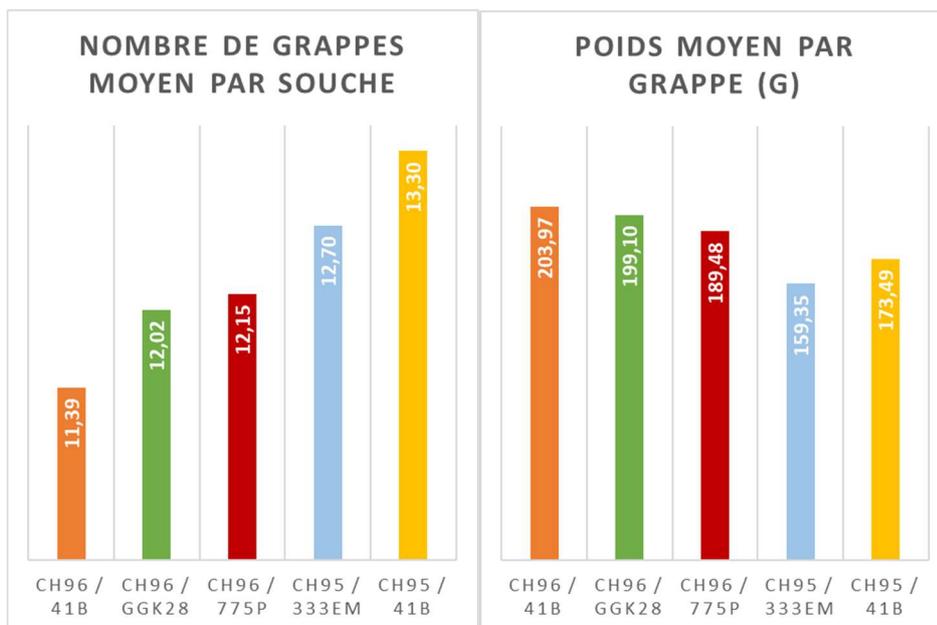


Figure 29 : Nombre de grappes moyen et poids moyen par grappe par porte-greffe

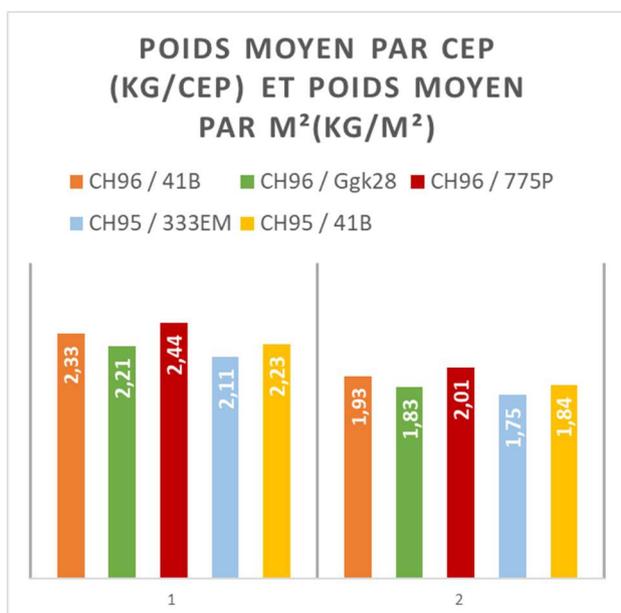


Figure 30 : Poids moyen par cep et poids moyen par m²

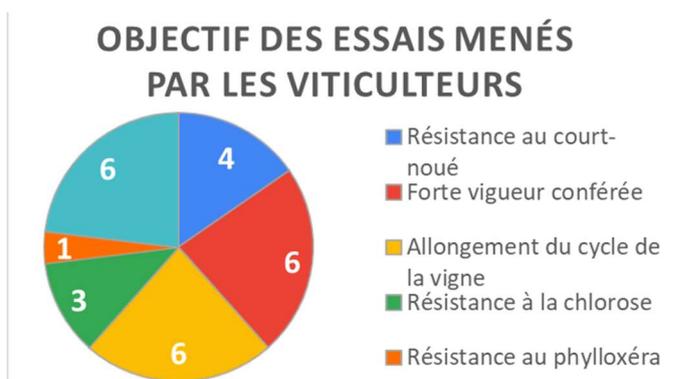


Figure 31 : Thèmes des essais menés par les viticulteurs

premier et le dernier prélèvement pour toutes les modalités, mais cette augmentation est faible puisqu'elle est comprise entre 0,02 g et 0,14 g. Certaines modalités ont un poids des baies supérieur lors du deuxième prélèvement alors que d'autres ont un poids inférieur lors du deuxième prélèvement. L'analyse statistique montre qu'il y a des différences significatives entre les différentes modalités pour les différents prélèvements. Lors du premier prélèvement, le poids d'une baie du 333 EM est statistiquement différent du témoin. Lors du deuxième prélèvement, il n'y a pas de différences significatives. Pour le troisième prélèvement, le 775 P est statistiquement différent de son témoin.

E. Vendange

Les moyennes du nombre de grappes par pied sont comprises entre 11,39 et 13,30 (Figure 29). L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives. Le poids moyen des grappes est compris entre 159.35 g et 203.97 g. L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives entre les poids moyen des grappes des différentes placettes. La différence la plus marquée est entre les trois modalités ayant pour greffon le Chardonnay 96 et les deux modalités ayant pour greffon le Chardonnay 95 ce qui semble indiquer une différence liée au clone de Chardonnay mais pas liée au porte-greffe. Le poids de récolte moyen par cep est compris entre 2.11 kg et 2.44 kg (Figure 30). Il n'y a pas de différences significatives entre les modalités. Le poids de récolte moyen par m² est compris entre 1.75 kg/m² et 2.01 kg/m². Il n'y a pas de différences significatives entre les modalités. Ainsi, pour les données de récolte, on n'observe pas de différences entre les modalités.

II. Questionnaire à destination des viticulteurs

Le questionnaire a été diffusé via plusieurs réseaux : correspondants de l'AVC, présidents de section locale et régisseurs des vignobles des Maisons de Champagne, ainsi que l'extranet du Comité Champagne. Au total seules 11 personnes ont répondu au questionnaire. Neuf d'entre elles ont mis en place des essais au vignoble. Cela représente 14 essais au total. Tous les essais ont pour témoin le 41 B sauf un dont le témoin est le 5 C.

Thèmes des essais menés par les viticulteurs

Tous les thèmes des essais proposés ont été mentionnés pour au moins un essai (Figure 31). La forte vigueur conférée, l'allongement du cycle de la vigne et la résistance à la sécheresse sont les thèmes les plus cités. La résistance au phylloxéra et la résistance à la chlorose sont les thèmes les moins cités. La résistance au phylloxéra n'est le thème que d'un essai. Cela montre que les critères de sélections prérequis pour l'inscription au catalogue ne donnent pas lieu à beaucoup d'expérimentations au vignoble. Lors des entretiens téléphoniques, cela a été expliqué par le fait que les viticulteurs considèrent ces critères comme étant déjà acquis. Pour eux, les porte-greffes inscrits au catalogue présentent tous une résistance au phylloxéra suffisante qui ne nécessite pas de donner lieu à de nouvelles expérimentations.

Porte-greffes utilisés dans les essais et variables suivies

Douze porte-greffes sont étudiés dans les différentes essais (Figure 33). Les porte-greffes les plus étudiés sont le Fercal, le SO4 et le 1103 P. Le Fercal est planté sur 6 essais ce qui montre l'intérêt des vigneron champenois pour ce porte-greffe.

Les familles de variables proposées sont toutes utilisées pour le suivi des essais (Figure 32). Le suivi de la mortalité et de la survie des plants et le suivi des maladies sont les variables les moins utilisées pour le suivi des essais. Les variables permettant le suivi de l'expression végétative et de la vigueur

NOMBRE D'ESSAIS ETUDIANT LES DIFFERENTES FAMILLES DE VARIABLES

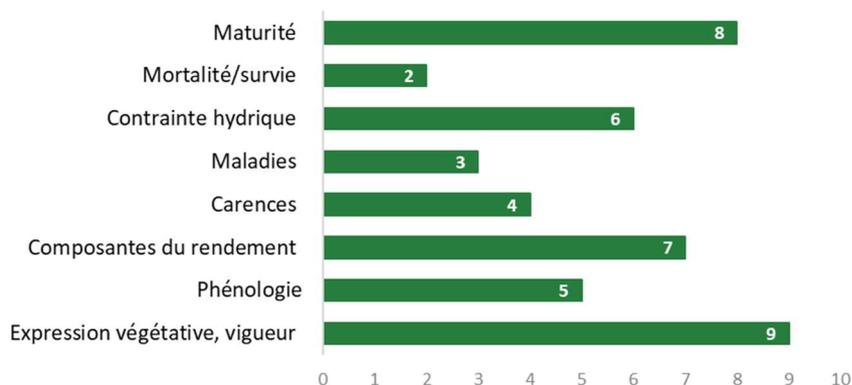


Figure 32 : Variables étudiées dans les essais menés par les viticulteurs

NOMBRE D'ESSAIS UTILISANT CHAQUE PORTE-GREFFE

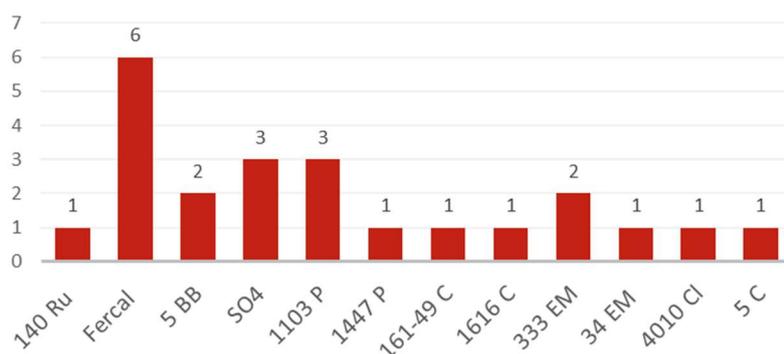


Figure 33 : Répartition des porte-greffes testés dans les essais des viticulteurs

IMPORTANT DES DIFFÉRENTS CRITÈRES DE CHOIX D'UN PORTE-GREFFE SELON LES VITICULTEURS INTERROGÉS

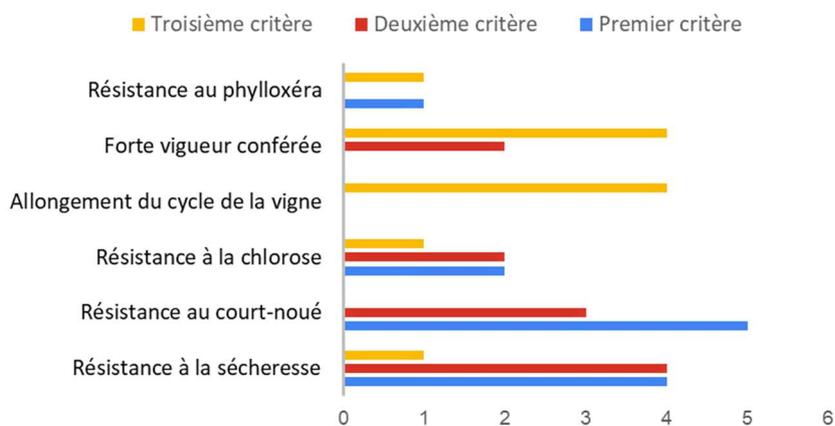


Figure 34 : Critères de choix d'un porte-greffe selon les viticulteurs interrogés

ainsi que les variables permettant le suivi de la maturité et des composantes du rendement sont les variables les plus utilisées pour suivre les essais. Ces variables sont suivies sur plus de la moitié des essais recensés.

Critères de choix d'un porte-greffe pour les viticulteurs

Les critères de choix les plus importants selon les viticulteurs sont la résistance à la sécheresse et la résistance au court-noué (Figure 34). Ils sont considérés comme important par presque tous les répondants et la majorité d'entre eux les placent en premier ou deuxième critère de choix. La résistance à la sécheresse est également l'un des thèmes majoritaire des essais menés au vignoble. Cela montre donc qu'il s'agit d'un critère particulièrement important pour les viticulteurs. La résistance au phylloxéra n'entre dans les principaux critères de choix que pour deux viticulteurs qui placent la résistance au phylloxéra en premier et troisième critère. L'allongement du cycle de la vigne et la forte vigueur conférée ne sont jamais considérés comme étant le critère de choix principal d'un porte-greffe. Ces deux critères sont pourtant les thèmes les plus utilisés pour les essais.

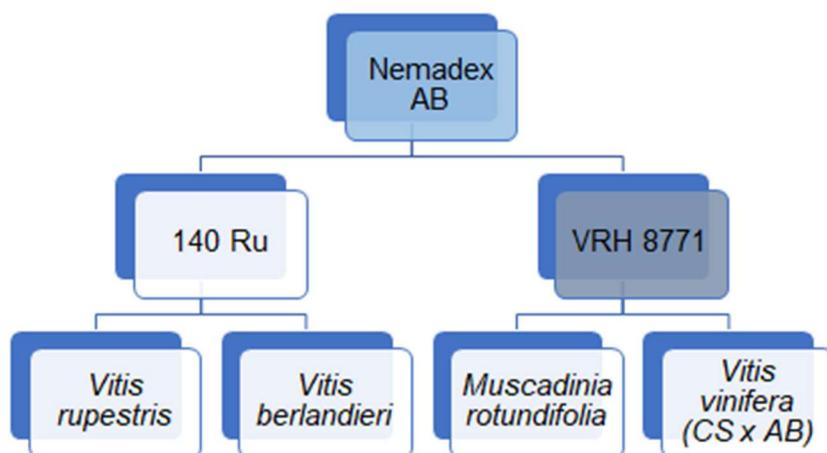


Figure 35 : La généalogie du Nemadex AB (CS : Cabernet Sauvignon et AB : Alicante Bouschet).

(<https://core.ac.uk/download/pdf/235693134.pdf>).

Locus	Organe concerné	Origine de la résistance	Référence bibliographique
RDV1	Racines	<i>Vitis cinerea</i>	Zhang 2009
RDV2	Racines	<i>Vitis cinerea</i>	Smith 2018
RDV3	Feuilles	<i>Vitis vinifera</i> x <i>Vitis riparia</i> x <i>Vitis rupestris</i> x <i>Vitis labrusca</i> x <i>Vitis aestivalis</i> x <i>Vitis berlandieri</i>	Clark 2018 ; Yin 2022
RDV4*	Feuilles	<i>Vitis vinifera</i> x <i>Vitis riparia</i> x <i>Vitis rupestris</i> x <i>Vitis labrusca</i> x <i>Vitis aestivalis</i> x <i>Vitis berlandieri</i>	Clark 2018
RDV5*	Racines	<i>Vitis vinifera</i> x <i>Vitis riparia</i> x <i>Vitis rupestris</i> x <i>Vitis labrusca</i> x <i>Vitis aestivalis</i> x <i>Vitis berlandieri</i>	Clark 2018
RDV6	Racines	<i>Muscadinia rotundifolia</i>	Rubio 2020
RDV7	Racines	<i>Muscadinia rotundifolia</i>	Rubio 2020
RDV8	Racines	<i>Muscadinia rotundifolia</i>	Rubio 2020

Tableau 8 : Tableau des gènes de résistance au phylloxéra MAMER 2022, d'après les travaux de Zhang 2009, Clark 2018, Smith 2018, Rubio 2020, Yin 2022.

Conclusions et perspectives

Il est actuellement trop tôt pour dire quels porte-greffes pourraient être pertinents pour la Champagne parmi ceux de la VATE. Cependant, le 775 P semble intéressant en termes de vigueur.

Plus de 150 ans après l'installation massive de vignes américaines comme porte-greffes, elles continuent à être résistantes au phylloxéra. C'est l'un des exemples de résistance les plus durables de l'histoire de la protection des plantes. (DELMOTTE 2021). La résistance des porte-greffes au phylloxéra est une simple tolérance (PAINTER 1958), elle n'est donc pas totale. En effet, le phylloxéra vit sur les racines du porte-greffe pendant l'été mais ne cause pas des lésions aussi graves que sur les racines de *Vitis vinifera*. Les racines des porte-greffes ont le temps de se reconstituer pendant le printemps car les phylloxéras hibernant sur les racines de porte-greffes sont rares. Les porte-greffes présentent, pour la plupart, une sensibilité importante au phylloxéra gallicole. Généralement, les variétés de porte-greffes les plus résistantes au phylloxéra radicole ont une quantité de galles phylloxériques très importantes.

L'espèce *Muscadinia rotundifolia* a une résistance totale au phylloxéra gallicole et radicole. Elle ne peut pas être utilisée directement comme porte-greffe en raison de son inaptitude au bouturage et de son incompatibilité au greffage avec les *Vitis vinifera*. Les genres *Vitis* et *Muscadinia* étant éloignés génétiquement et ne comportant pas le même nombre de chromosomes, les croisements entre les deux sont longtemps restés impossibles. Cependant, plus récemment, des essais ont pu être menés sur des hybrides *V. vinifera* x *M. rotundifolia*. Le premier porte-greffe intégrant *Muscadinia rotundifolia* est le Neadex AB (Figure 35).

Plusieurs gènes de résistance au phylloxéra ont été identifiés. La majorité d'entre eux permettent une résistance au niveau des racines. La résistance au phylloxéra gallicole vient du gène RDV3 (Tableau 8).

Des travaux sont en cours pour trouver des porte-greffes combinant les résistances au phylloxéra et au court-noué (apportées par *Muscadinia*), l'adaptation aux contraintes abiotiques (sécheresse et chlorose) et une bonne aptitude au bouturage et au greffage. Pour cela, des descendants de croisements réalisés entre le VHR 8771 et des porte-greffes comme le SO4, le 99 R, le 31 R ou encore le Fercal, sont évalués. (Source : G. Uriel, 25ème édition de Vignobles et Qualité, 2023 - D'après les travaux de N. Ollat, JP. Tandonnet, M. Lafargue.) Si l'évaluation préliminaire de ces porte-greffes montre une bonne tolérance au calcaire actif, ils pourraient constituer une piste intéressante pour de nouveaux essais de porte-greffe pour le vignoble champenois.

Bibliographie

- André M., Boursiquot J.-M., et Lacombe T. 2020. *Espèces sauvages et hybrides interspécifiques du genre Vitis, guide illustré de détermination des principaux représentants postcultureux en France*. Société botanique de Franche-Comté - Observation régional des Invertébrés, 156 p.
- Association Viticole champenoise. 2023. Enquête sur les vignes greffées ; Rapport de la Commission Technique de l'Association Viticole champenoise sur les porte-greffes actuellement employés en Champagne et leurs qualités respectives d'adaptation (1912). *Le vigneron champenois (revue technique du Comité Champagne)*.
- Beltrando G. et Briche E. 2010. Changement climatique et viticulture en Champagne : du constat actuel aux prévisions du modèle ARPEGE-Climat sur l'évolution des températures pour le XXI^e siècle. *EchoGéo*. (14).
- BIVB. 2021. *Quels porte-greffes en Bourgogne pour les 50 prochaines années ?*
- Boubals D. 1966. Etude de la distribution et des causes de la résistance au Phylloxéra radicole chez les Vitacées. *Ann. Amélior. Plantes* 16, p. 145-184.
- Bouquet A. 1983. Etude de la résistance au phylloxéra radicole des hybrides *Vitis vinifera* x *Muscadinia rotundifolia*. *Vitis* 22, p. 311-323.
- Boursiquot J.-M. 2013. *Les porte-greffes : une histoire internationale*.
- Branas J. 1974. Chapitre 2 : Maladies physiologiques, Chlorose, p. 626-635.
- Briche E. 2011. Changement climatique dans le vignoble de Champagne : Modélisation thermique à plusieurs échelles spatio-temporelles (1950-2100).
- Chambre d'agriculture de la Gironde et étudiants de Bordeaux Sciences Agro. 2017. *Guide de l'observateur ; La vigne*.
- Champagnol F. 1984. Chapitre 5: Troubles de la nutrition minérale, 1) La chlorose. *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale 1*.
- CIVC. 2019. Dossier de presse : Changement climatique en Champagne. Disponible sur : < https://www.champagne.assets/files/dossier_presse/dossier-de-presse-changement-climat-juin-2019.pdf >
- CIVC. 2021. *La filière Champagne un acteur économique majeur*.
- CIVC. 2023a. Le climat champenois | Le site officiel du Champagne. Disponible sur : < <https://www.champagne.fr/fr/decouvrir-le-champagne/le-terroir-champenois/le-climat-en-champagne> > (Consulté le 2 mai 2023).
- CIVC. 2023b. Le vignoble champenois | Le site officiel du Champagne. Disponible sur : < <https://www.champagne.fr/fr/decouvrir-le-champagne/un-grand-vin-d-assemblage/le-vignoble-champenois> > (Consulté le 2 mai 2023).
- Clark M. d., Teh S. l., Burkness E., Moreira L., Watson G., Yin L., Hutchison W. d., et Luby J. j. 2018. Quantitative trait loci identified for foliar phylloxera resistance in a hybrid grape population. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 24(3), p. 292-300.
- Cookson S.J., Clemente Moreno M.J., Hevin C., Nyamba Mendome L.Z., Delrot S., Magnin N., Trossat-Magnin C., et Ollat N. 2014. Heterografting with nonself rootstocks induces genes

- involved in stress responses at the graft interface when compared with autografted controls. *Journal of Experimental Botany*. 65(9), p. 2473-2481.
- Cordeau J. 1998. Chapitre 5: Les porte-greffes et la chlorose de la vigne. *Création d'un vignoble I*, p. 53-62.
- Corporation des Vignerons de Champagne. 1954. Recueil de notes à l'usage des candidats aux examens des Certificats d'Aptitude au Greffage et à la Taille de la Vigne et du Brevet d'Apprentissage et d'Aptitudes Professionnelles.
- Covarrubias J.I., Pisi A., et Rombolà A.D. 2014. Evaluation of sustainable management techniques for preventing iron chlorosis in the grapevine: Sustainable prevention of grapevine iron chlorosis. *Aust. J. Grape Wine Res.* 20, p. 149-159.
- Degrully L. et Viala P. 1884. *Les vignes américaines à l'Ecole nationale d'agriculture de Montpellier*. bureaux du Progrès agricole et viticole, 39 p.
- Delas J. 2010. Chapitre 12: Les carences, partie II, 1) La chlorose. *Fertilisation de la vigne I.*, p. 122-124.
- Delmotte F., Fabre F., Miclot A.-S., Paineau M., Schneider C., et Delière L. 2021. Des vignes, des invasions et des résistances.
- Dervin G. 1896. *Six semaines en pays phylloxérés : Etude sur la défense et la reconstitution des vignobles français atteints du phylloxera ; (suivie de) la Champagne devant l'invasion phylloxérique*. Dubois-Poplimont. Reims
- Destrac-Irvine A., Barbeau G., De Resseguier L., Dufourcq T., Dumas V., Garcia De Cortazar-Atauri I., Hernan Ojeda, Saurin N., Van Leeuwen C., et Duchêne E. 2017. Phénologie de la vigne : Quels stades observer et comment ?
- Drouineau G. 1942. Dosage rapide du calcaire actif des sols. *Ann. Agron*, p. 441-450.
- Drouineau G. et Gouny P. 1946. Contribution à l'étude de la catalase des tissue foliaires. *Ann Agron paris 16(1)*, p. 34-50.
- Duchêne E., Huard F., Vincent D., Schneider C., et Merdinoglu D. 2010. The challenge of adapting grapevine varieties to climate change. *Climate Research - CLIMATE RES.* 41, p. 193-204.
- Gabriella D. 2018. Magyarországon használt szőlőalanyfajták - Agrofórum Online. Disponible sur : < <https://agroforum.hu/szakcikkek/szolo-bor-szakcikkek/magyarorszagon-hasznalt-szoloalanyfajtak/> > (Consulté le 11 mai 2023).
- Galet P. 1988. *Cépages et vignobles de France : Les vignes américaines*. Lavoisier, 553 p.
- Galet P. 1947. La résistance des porte-greffes à la chlorose. *Prog. Agric. Vitic.* 64, p. 128-133.
- Ganesch J.K.-I. (JKI) Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Grapevine Breeding, Geilweilerhof ,Siebeldingen, Erika Maul, Reinhard Töpfer, Alina. 2023. GEORGIKON 28.
- Garrier G. 1989. *Le phylloxéra: Une guerre de trente ans, 1870-1900*. FeniXX, 224 p.
- Gay-Bellile F. 1972. La chlorose calcaire de la vigne, ses traitements. *Prog. Agric. Vitic.* p. 326-332.
- Geoportail. 2023a. Géoportail. Disponible sur : < <https://www.geoportail.gouv.fr/> > (Consulté le 11 mai 2023).

- Hidalgo L. 1982. Etat actuel des recherches sur les chloroses de la vigne. *Bull. OIV* 55, p. 459-483.
- Hidalgo L.R. et Candela M. 1958. El poder clorosante de los suelos calizos en el vinedo. *Bol INIA Espana*, p. 383-439.
- Huetz de Lempis A. 1992. La vigne américaine au secours de l'Europe. *Les Cahiers d'Outre-Mer*. 45(179), p. 461-478.
- IFV Occitanie. 2023a. Le phylloxera. Dans : *IFV Occitanie* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/le-phylloxera/> > (Consulté le 11 mai 2023).
- IFV Occitanie. 2023c. Le rapport feuilles/fruits. Dans : *IFV Occitanie* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/le-rapport-feuilles-fruits/> > (Consulté le 6 juin 2023).
- IFV Occitanie. 2023d. Méthode des apex. Dans : *IFV Occitanie* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/methode-des-apex/> > (Consulté le 1 octobre 2023).
- IFV Occitanie. 2023b. La production de plants de vigne en pépinières. Dans : *IFV Occitanie* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/la-production-de-plants-de-vigne-en-pepinieres/> > (Consulté le 12 mai 2023).
- INAO. 2022. Cahier des Charges de l'AOC Champagne. Disponible sur : < https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/document_administratif-3b36a01e-8edd-4742-ade7-fbd3251816c4 > (Consulté le 12 octobre 2023).
- Jones G.V. et Davis R.E. 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(3), p. 249-261.
- De Klerk G.-J., van der Krieken W., et de Jong J.-C. 1999. The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. *Vitro Cell Dev Biol Plant* 35, p. 189-199.
- Lafon J. et Couillaud P. 1961. Chlorose, II. *Maladies et parasites de la vigne*, p. 132-150.
- Le Vignerons Champenois. 1928. Le choix des porte-greffes dans la reconstitution du vignoble champenois Rapport communiqué à la réunion viticole annuelle de l'AVC, le 17 mars 1928. *Le Vignerons Champenois*.
- Le Vignerons champenois. 2023. *Guide pratique : Viticulture durable en Champagne*.
- Le Vignerons champenois. 1868. *Association Viticole Champenoise*. Disponible sur : https://maisons-champagne.com/IMG/pdf/le_vignerons_champenois_27-04-1898.pdf.
- Legros J.-P. 2005. Les Américanistes du Languedoc. *Etude et Gestion des Sols*.
- Manaresi, A. *Viticultura* 174–196 (1947).
- Marguerit E., Ollat N., Uriel G., Viguier D., Julliard S., et Audeguin L. 2022. *Etat des lieux sélection, diffusion et expérimentation des porte-greffes de vigne*.
- Marguerit E., Tandonnet J.-P., Lafargue M., Charleroy A., Lalanne G., Rubio B., Esmenjaud D., et Ollat N. 2019. *Les porte-greffes du futur pour s'adapter au changement climatique*.
- Matus J.T., Loyola R., Vega A., Peña-Neira A., Bordeu E., Arce-Johnson P., et Alcalde J.A. 2009. Post-veraison sunlight exposure induces MYB-mediated transcriptional regulation of

- anthocyanin and flavonol synthesis in berry skins of *Vitis vinifera*. *Journal of Experimental Botany*. 60(3), p. 853-867.
- Mauro JC. 2016. Phylloxéra : L'année zéro de la viticulture moderne - Chapelle Bérard. Disponible sur : < <https://chapelle-berard.com/phylloxera-lannee-zero-de-viticulture-moderne/> > (Consulté le 29 septembre 2023).
- Maze P., Ruot M., et Lemoigne M. 1912. Recherche sur la chlorose végétale provoquée par le carbonate de calcium. *C.R.A.S.* 435.
- Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. 2020. *Arrêté du 17 juin 2020 relatif à la sélection, à la production, à la circulation et à la distribution des matériels de multiplication végétative de la vigne*. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000042020629>. (Consulté le 5 mai 2023)
- Ministère de la transition écologique. 2022. Impacts du changement climatique : Agriculture et Forêt ». Ministère Ecologie Energie Territoires, 2022. Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-agriculture-et-forêt>. (Consulté le 15 juin 2023)
- Montacié C. 2019. *Le protéasome et le fer : rôles et/ou régulations dans le nucléole d'Arabidopsis thaliana*. These de doctorat. Perpignan
- Okie W.R. 2004. Register of New Fruit and Nut Varieties List 42. 39.
- Ollat N., Tandonnet J.-P., Bordenave L., Decroocq S., Gény L., Gaudillère J., Fouquet R., Barrieu F., et Hamdi S. 2003. La vigueur conférée par le porte-greffe : hypothèses et pistes de recherches. *Bulletin de l'OIV* 869.
- Painter R.H. 1958. Resistance of Plants to Insects. *Annual Review of Entomology*. 3(1), p. 267-290.
- Pavloušek P. 2014. First experiences with grape rootstocks x phylloxera interactions. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 53(5), p. 117-124.
- Phyteis. 2021. *La sensibilité de la vigne à l'oïdium : les explications de Phyteis*. Phyteis. Disponible sur : <https://phyteis.fr/maladie/oidium-de-la-vigne/>.
- Planchon J.-E. 1874. *Le Phylloxera en Europe et en Amérique*. J. Claye, 56 p.
- Plantgrape. 2023. Porte-Greffes. Disponible sur : < <https://plantgrape.plantnet-project.org/fr/porte-greffes> > (Consulté le 11 mai 2023).
- Pouget R. 2016. *Histoire du porte-greffe Fercal Mise au point après 40 années de culture*.
- Pouget R. 1974. Influence des réserves glucidiques sur l'intensité de la chlorose ferrique chez la vigne. *OENO One* 8, p. 305-314.
- Pouget R. 1975. Méthode de contamination de racines de Vigne in vitro par le Phylloxéra radicole: application à la recherche de porte-greffes résistants. *Connaiss. Vigne Vin* 9, p. 165-176.
- Pouget R., Delmas J., et Bouvard J. 1971. La chlorose ferrique. Maladies physiologiques et accidents divers. *Sci. Tech. Vigne*, p. 431-435.
- Pouget R. et Juste C. 1972. Le choix de porte-greffes de la vigne pour les sols calcaires. *Connaissance de la vigne et du vin*. 6, p. 357-364.
- Pouget R. et Ottenwaelter M. 1978. Etude de l'adaptation de nouvelles variétés de porte-greffes à des sols très chlorosants *. *OENO One*. 12(3), p. 167-175.

- Ravaz L. 1897. Contribution à l'étude de la résistance phylloxérique. *Rev. Vitic.* 7. , p. 109-199.
- République Française et Ministère de l'Agriculture. 2017. RÈGLEMENT TECHNIQUE D'EXAMEN DES VARIÉTÉS DE VIGNE en vue de leur inscription au Catalogue Officiel Français (Liste A et liste B).
- Reynier A. 2011. *Manuel de viticulture : Guide technique du viticulteur*. Lavoisier, 611 p.
- Rienth M., Scholasch T., et Zufferey V. 2021. Les outils pour évaluer le stress hydrique et gérer l'irrigation de la vigne – Etat des lieux des avancées scientifiques. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*. 53, p. 152-158.
- Rouanet P. [s d]. Caractérisation de l'adaptation aux sols chlorosants des porte-greffes de vigne.
- Rouvellac É. 2008. Les spécificités et les difficultés du vignoble gaillacois, un siècle de reconstruction et de reconnaissance de la qualité. *Actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques*. 128(16), p. 84-96.
- Rubio B., Lalanne-Tisé G., Voisin R., Tandonnet J.-P., Portier U., Van Ghelder C., Lafargue M., Petit J.-P., Donnart M., Joubard B., Bert P.-F., Papura D., Le Cunff L., Ollat N., et Esmenjaud D. 2020. Characterization of genetic determinants of the resistance to phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae*, and the dagger nematode *Xiphinema index* from muscadine background. *BMC plant biology*. 20(1), p. 213.
- Scholl W. 1979. Erlahrungen mit der Chlorose der Weinreben in der Bundesrepublik Deutschland. *Mitt Klosterneubg*. 29, p. 186-193.
- Touzard J.-M. 2021. Les enjeux du dérèglement climatique pour les vignobles et les vins français.
- Tulet J.-C. et Vélasco-Graciet H. 2008. Refondation d'un grand vignoble du Sud de la France : le Cahors. *Actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques*. 128(16), p. 97-107.
- UVED. 2013. Production de plants de vigne certifiés et sécurisation des échanges de matériel - Liste des organismes nuisibles de la vigne réglementés dans l'UE. Disponible sur : < https://www.supagro.fr/ress-tice/plants_uved/grain4/co/liste_ON_vigne.html > (Consulté le 4 août 2023).
- Van Leeuwen C. et Roby J.-P. 2001. Choix du porte-greffe, p. 61-66.
- Varanini Z. et Maggioni A. 1982. Iron reduction and uptake by grapevine roots. *J. Plant Nutr.* 5, p. 521-529.
- Vega-Callo R., Tamo-Zegarra J., et Bellé C. 2021. Reaction of grapevine rootstocks and cultivars to *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* and *M. hapla*. *Agriscientia*. 39, p. 93-98.
- Vigneron charentais. 2002. Choisir son porte-greffe. *Vigneron charentais*.
- Wikipédia. 2023. Léo Laliman. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Leo_Laliman (consulté le 10/10/2023)
- Yin L., Karn A., Cadle-Davidson L., Zou C., Londo J., Sun Q., et Clark M.D. 2022. Candidate resistance genes to foliar phylloxera identified at Rdv3 of hybrid grape. *Horticulture Research*. 9, p. uhac027.

Zhang J., Hausmann L., Eibach R., Welter L.J., Töpfer R., et Zyprian E.M. 2009. A framework map from grapevine V3125 (*Vitis vinifera* 'Schiava grossa' × 'Riesling') × rootstock cultivar 'Börner' (*Vitis riparia* × *Vitis cinerea*) to localize genetic determinants of phylloxera root resistance. *Theoretical and Applied Genetics*. 119(6), p. 1039-1051.

Annexes

Annexe 1 : Porte-greffes inscrits au catalogue français et leur dénomination usuelle

Porte-greffe	Dénomination usuelle
101-14 Millardet et de Grasset	101-14 MGt
110 Richter	110 R
1103 Paulsen	1103 P
1447 Paulsen	1447 P
140 Ruggeri	140 Ru
161-49 Couderc	161-49 C
1616 Couderc	1616 C
196-17 Castel	196-17 CI
216-3 Castel	216-3 CI
3309 Couderc	3309 C
333 Ecole de Montpellier	333 EM
34 Ecole de Montpellier	34 EM
4010 Castel	4010 CI
41 B Millardet et de Grasset	41 B MGt
420 A Millardet et de Grasset	420 A MGt
44-53 Malègue	44-53 M
99 Richter	99 R
Berlandieri-Colombard 2	BC 2
Fercal	
Gravesac	
Grézot 1	G 1
Kober 125 AA	125 AA
Kober 5 BB	5 BB
Nemadex Alain Bouquet	Nemadex AB
Rességuier Sélection Birolleau 1	RSB 1
Riparia Gloire de Montpellier	
Rupestris du Lot	
Sélection Oppenheim 4	SO 4
Teleki 5 C	5 C
Teleki 8 B	8 B
Vialla	

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des principales caractéristiques des espèces américaines

Espèce américaine	Calcaire actif	Tolérance au Phylloxéra	Tolérance à la sécheresse	Vigueur
V. rupestris	14 %	Très bonne	Très sensible	Forte
V. riparia	< 6 %	Très bonne	Sensible	Très faible
V. berlandieri	> 40 %	Très bonne		
V. vinifera		Très mauvaise		
V. longii	Moyenne (< 20-25 % de calcaire total)	Moyenne		
Vinifera-Berlandieri	Jusqu'à 40 %	Parfois insuffisante		Moyenne au début puis bonne
Berlandieri-Rupestris	17 – 20 %	Bonne	Très bonne	Très forte
Riparia-Rupestris		Très bonne	Sensible	Variable selon les obtentions
Berlandieri-Riparia	20-25 %	Très bonne	Assez sensible	Moyenne
Riparia-Rupestris-Berlandieri				
Vinifera-Rupestris	13 %	Insuffisante		
Vinifera-Riparia	Jusqu'à 13 %	Insuffisante		Supérieure à celle de Riparia
Vinifera-Riparia-Rupestris		Moyenne à insuffisante		Forte
Hybrides de Candicans	< 11 %	Moyenne à insuffisante	Sensible	Bonne
Hybrides de Cordifolia	Mauvaise (inférieure à celle du 3309 C)	Moyenne à très bonne	Bonne	
Labrusca – Riparia	4 %	Insuffisante	Sensible	

Annexe 3 : Description ampélographique des espèces de vignes américaines

Espèce	Densité de poils couchés	Densité de poils dressés	Forme de l'extrémité	Couleur des jeunes feuilles	Forme de la feuille adulte	Sinus pétiolaire	Dents	Profil du limbe	Rameau	Villes	Inflorescences
Rupesstris	Nulle	Nulle	Demi-fermée à fermée	Bronzées à cuivrées	Réniforme, petite	Ouvert à très ouvert, en accolade	Peu nombreuses, bords recilignés ou convexe	Plié en forme de gouttière	Rouge violacé, lisse et glabre	Petites	Dioïque : mâles : petites et nombreuses, femelles : lâches
Riparia	Nulle	Elevée	Fermée et en crosse	Vert pâle	Cunéiforme, grande	Ouvert à fermé en U	Dents des trois nervures principales longues et étroites	Plan	Section elliptique, vert pâle	Biïdes	Dioïque. Petites inflorescences et petites grappes
Berlandieri	Forte	DM	Ouverte, liseré carminé	Bronzées	Orbiculaire ou cordiforme, taille moyenne	En lyre, plus ou moins fermé	Obtusés, courtes, à base large	Plan	Costés, verts à violets, nœuds rouges vineux	Biïdes ou trifides	Dioïque, floraison tardive
Vinifera	Variable	Variable	Ouverte	Jaunes, bronzées, vertes, rougeâtres	Moyennes à grandes, forme variable	Pas totalement ouvert	Peu acuminées et courtes	Variable	Elliptique, un peu côtelé, couleur variable	Longues	Hermaphrodite, grappes compactes à très lâches
Longii	Forte	Très forte	Demi-ouverte à fermée, en crosse, liseré carminé	Cuivrées	Réniformes	Ouvert en U ou en V	Falciformes, très longues à l'extrémité des nervures principales	Involuté	Elliptiques, légèrement anguleux, rougeâtre	Biïdes	Généralement femelle

Annexe 4 : Echelle des stades phénologiques de la vigne, IFV



Annexe 5 : Fiche de notation utilisée pour les stades phénologiques et les maladies



FEUILLE DE NOTATION

Date :

Organe observé :

Type :

Méthode d'observation :

Modalité :

N° bloc										N° bloc
Note OIV										Note OIV
<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>
N° bloc										N° bloc
Note OIV										Note OIV
<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>

Modalité :

N° bloc										N° bloc
Note OIV										Note OIV
<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>
N° bloc										N° bloc
Note OIV										Note OIV
<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>

Paraphes :

Page : /

[https://itscivc-my.sharepoint.com/personal/herrade_gelb_civc_fr/Documents/Documents/Porte-griffes/lapport de stage/Annexes/Fiche d'observation.docx](https://itscivc-my.sharepoint.com/personal/herrade_gelb_civc_fr/Documents/Documents/Porte-griffes/lapport%20de%20stage/Annexes/Fiche%20d'observation.docx)

Annexe 7 : Fiche de suivi pour l'analyse des prélèvements maturité



SUIVI MATURATION VATE PG

Code cahier d'essai : VATE PG

Date :

Nom des lots	Poids de 100 baies (g)	IR	Acidité totale
CH96 / 41 B Placette 1			
CH96 / 41 B Placette 9			
CH 96 / 41 B Placette 18			
CH 96 / Ggk 28 Placette 8			
CH 96 / Ggk 28 Placette 13			
CH 96 / Ggk 28 Placette 17			
CH 96 / 775 P Placette 3			
CH 96 / 775 P Placette 11			
CH 96 / 775 P Placette 16			
CH 95 / 41 B Placette 5			
CH 95 / 41 B Placette 10			
CH 95 / 41 B Placette 15			
CH 95 / 333 EM Placette 2			
CH 95 / 333 EM Placette 6			
CH 95 / 333 EM Placette 14			
CHr / 41 B Placette 4			
CHr / 41 B Placette 7			
CHr / 41 B Placette 12			

Annexe 8 : Script R pour l'analyse statistique

```
install.packages("ggplot2")
install.packages("car")
install.packages("DescTools")
library(ggplot2)

donnees <- read.table("veraison.csv", sep = ';')
header = TRUE
shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances
library(car)
bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances

ggplot(donnees, aes(y=V2, x= V1, fill= V1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-greffe")+ ylab("mi-
véraison")

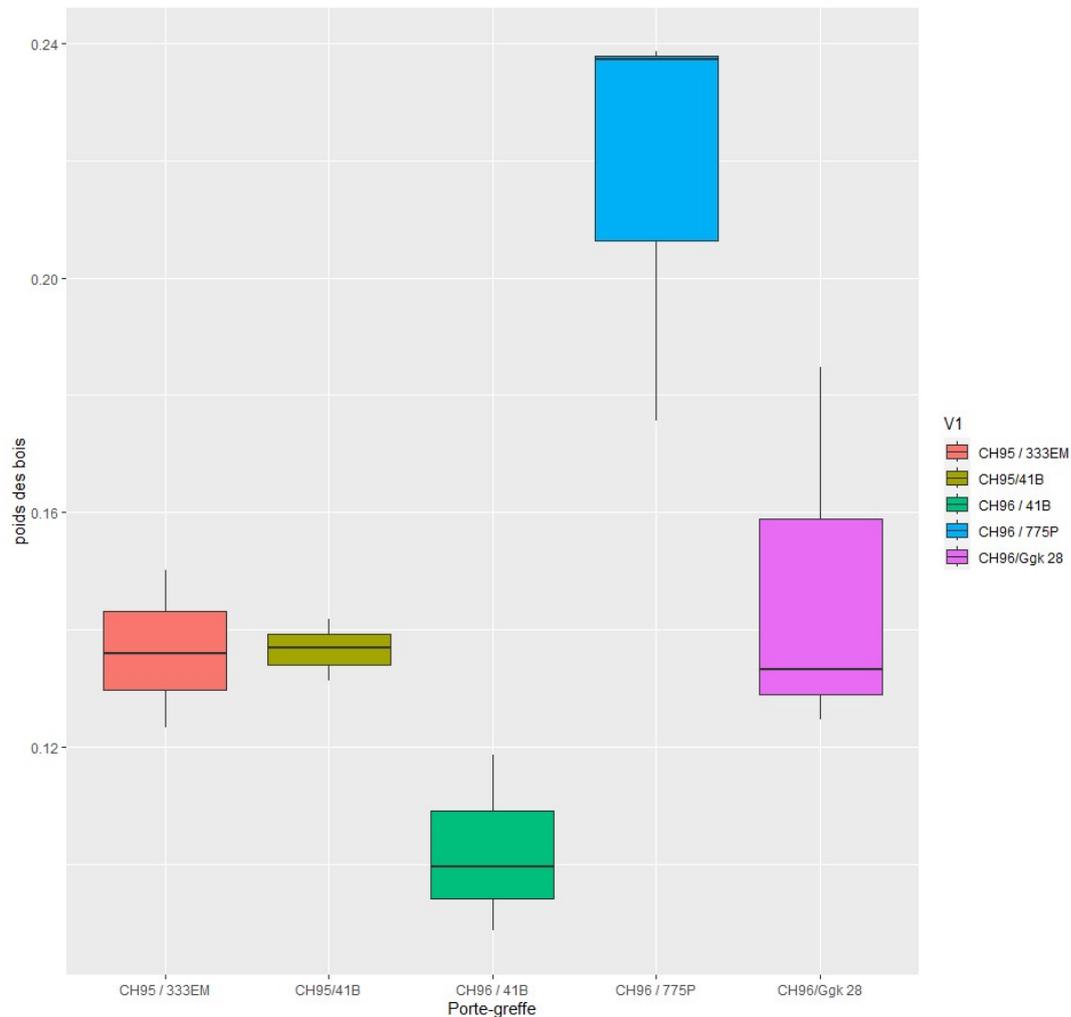
mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees) # si les hypothèses sont validées
anova(mod5)

library(DescTools)
veraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = veraison) # si les hypothèses ne sont pas validées

dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE) # test Post-hoc
```

Annexe 9 : Résultats de l'analyse statistique

Poids des bois



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=V2, x= V1, fill= V1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("poids des bois")
Warning message:
In doTryCatch(return(expr), name, parentenv, handler) :
  display list redraw incomplete
>
> mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: V2
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
V1         4 0.021354 0.0053386  9.6052 0.001866 **
Residuals 10 0.005558 0.0005558
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```

>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-wilk normality test

data:  mod5$res
W = 0.98448, p-value = 0.9912

> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ V1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.3965 0.8068
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  mod5$res and donnees$V1
Bartlett's K-squared = 5.8778, df = 4, p-value = 0.2085

>
> library(DescTools)
>
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)

      Shapiro-wilk normality test

data:  donnees$V2
W = 0.87476, p-value = 0.03966

> boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "porte
-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)

      Kruskal-wallis rank sum test

data:  donnees$V2 by donnees$V1
Kruskal-wallis chi-squared = 10.267, df = 4, p-value = 0.03617

>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
      kruskal-wallis rank sum test

data:  x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 10.2667, df = 4, p-value = 0.04

      Comparison of x by group
      (No adjustment)

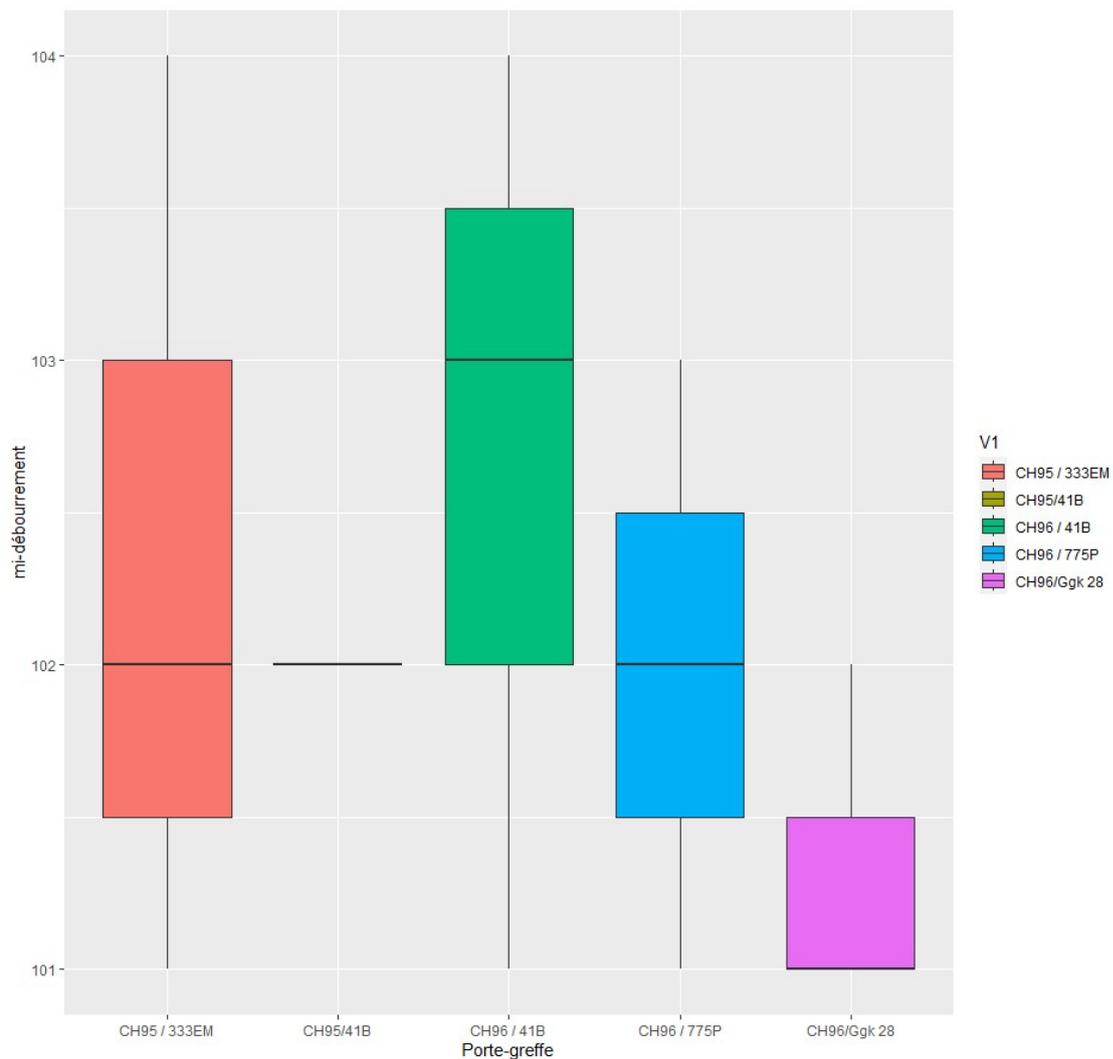
Col Mean-|
Row Mean |   CH95 / 3   CH95/41B   CH96 / 4   CH96 / 7
-----|-----
CH95/41B | -0.182574
          |  0.4276

```

CH96 / 4	1.551880 0.0603	1.734454 0.0414		
CH96 / 7	-1.643167 0.0502	-1.460593 0.0721	-3.195048 0.0007*	
CH96/Ggk	-0.182574 0.4276	0.000000 0.5000	-1.734454 0.0414	1.460593 0.0721

alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2

Mi-débourrement



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
refe")+ ylab("mi-débourrement")
>
```

```

> mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: V2
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
V1      4  2.9333  0.73333   0.6111 0.6641
Residuals 10 12.0000  1.20000
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-wilk normality test

data:  mod5$res
W = 0.9659, p-value = 0.7934

> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ V1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  1.0625  0.424
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  mod5$res and donnees$V1
Bartlett's K-squared = 121.76, df = 4, p-value < 2.2e-16

>
> library(DescTools)
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)

      Kruskal-wallis rank sum test

data:  donnees$V2 by donnees$V1
Kruskal-wallis chi-squared = 2.4586, df = 4, p-value = 0.6521

>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
      Kruskal-wallis rank sum test

data:  x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 2.4586, df = 4, p-value = 0.65

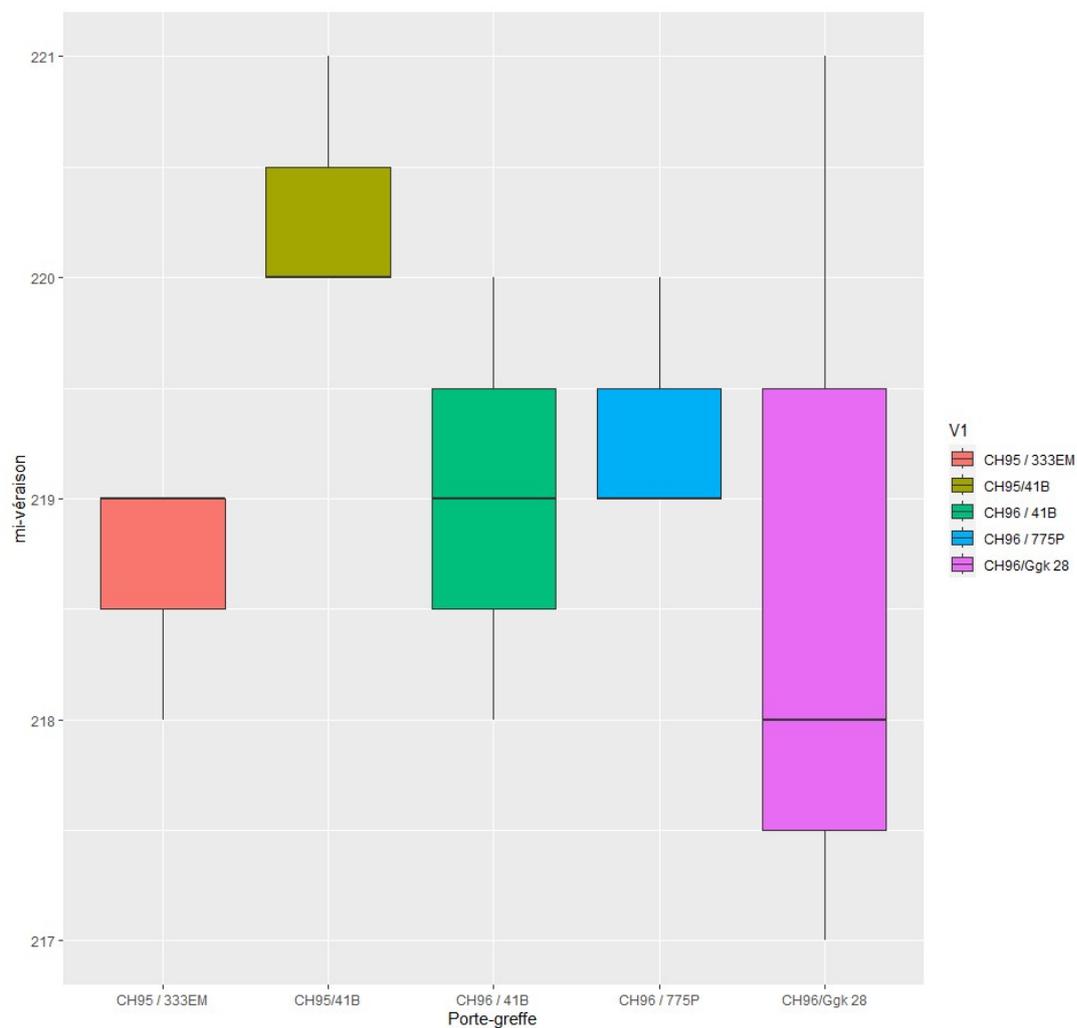
      Comparison of x by group
      (No adjustment)
Col Mean-|
Row Mean |   CH95 / 3   CH95/41B   CH96 / 4   CH96 / 7
-----+-----
CH95/41B |   0.048160
          |   0.4808

```

CH96 / 4	-0.385282	-0.433442		
	0.3500	0.3323		
CH96 / 7	0.192641	0.144480	0.577923	
	0.4236	0.4426	0.2817	
CH96/Ggk	1.107687	1.059527	1.492970	0.915046
	0.1340	0.1447	0.0677	0.1801

alpha = 0.05
 Reject H0 if p <= alpha/2

Mi-véraison



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=V2, x= V1, fill= V1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
refe")+ ylab("mi-véraison")
>
> mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees)
> anova(mod5)
```

Analysis of Variance Table

Response: V2

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
v1      4  5.7333   1.4333   1.1316 0.3955
Residuals 10 12.6667   1.2667
```

```
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances
```

Shapiro-wilk normality test

data: mod5\$res

W = 0.94936, p-value = 0.5144

```
> library(car)
```

```
> leveneTest(mod5$res ~ v1, data=donnees) # homogénéité des variances
```

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

```
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.7727 0.5672
      10
```

Warning message:

In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.

```
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$v1) # homogénéité des variances
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: mod5\$res and donnees\$v1

Bartlett's K-squared = 5.0191, df = 4, p-value = 0.2853

```
>
> library(DescTools)
>
>
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$v1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$v1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$v1, data = floraison)
```

Kruskal-wallis rank sum test

data: donnees\$V2 by donnees\$v1

Kruskal-wallis chi-squared = 4.8, df = 4, p-value = 0.3084

```
>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$v1, kw=TRUE)
Kruskal-wallis rank sum test
```

data: x and group

Kruskal-wallis chi-squared = 4.8, df = 4, p-value = 0.31

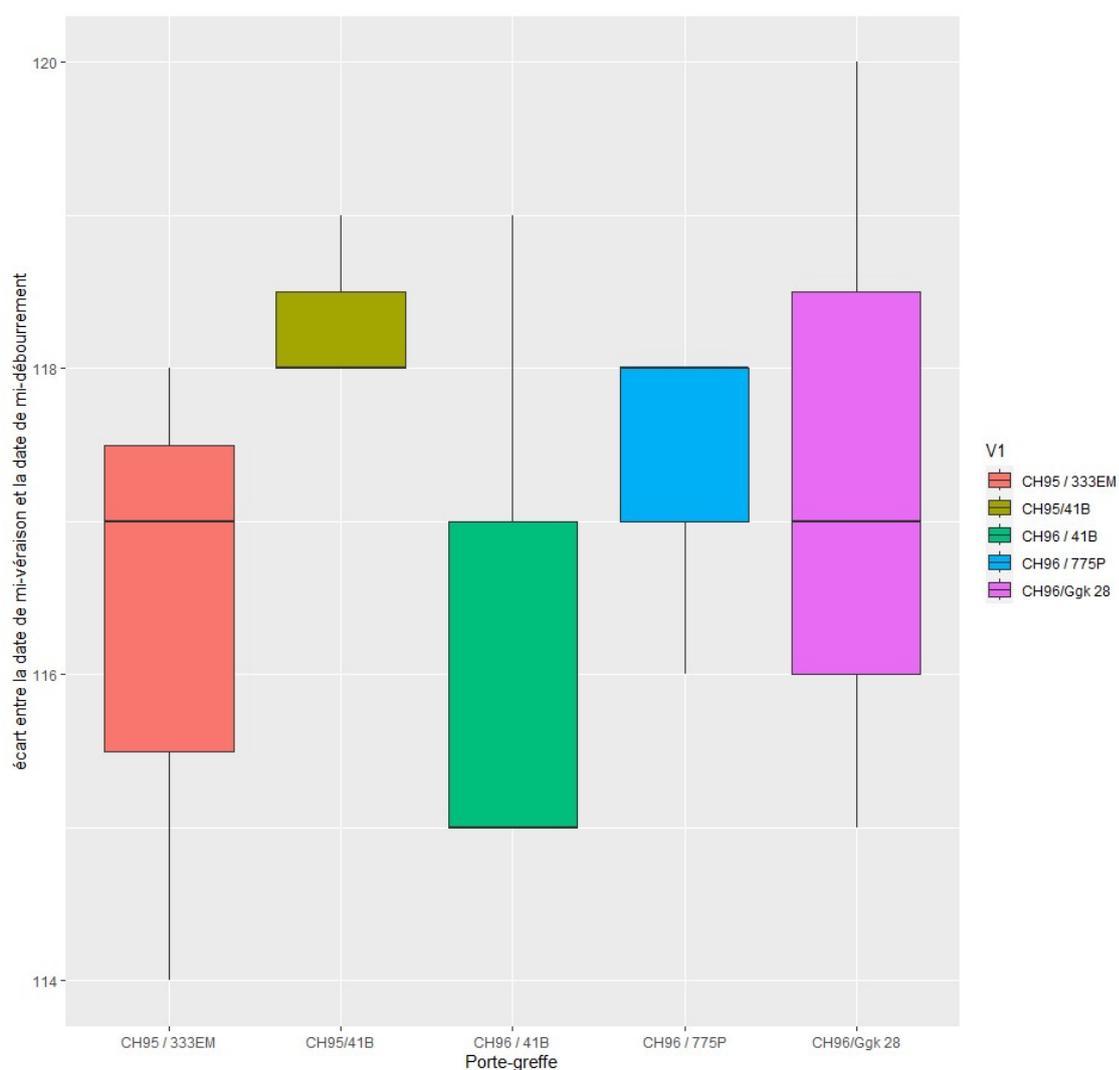
Comparison of x by group
(No adjustment)

Col Mean-				
Row Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B	-1.932758			
	0.0266			

CH96 / 4	-0.424264	1.508494		
	0.3357	0.0657		
CH96 / 7	-0.801387	1.131370	-0.377123	
	0.2115	0.1289	0.3530	
CH96/Ggk	-0.141421	1.791337	0.282842	0.659966
	0.4438	0.0366	0.3886	0.2546

alpha = 0.05
 Reject H0 if p <= alpha/2

Longueur du cycle



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
```

```

> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("écart entre la date de mi-véraison et la date de mi-débourre
ment")
>
> mod5 <- lm(v2 ~ v1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: V2
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
v1      4  8.400   2.1000  0.5943 0.6748
Residuals 10 35.333   3.5333
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-Wilk normality test

data:  mod5$res
W = 0.93727, p-value = 0.3493

> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ v1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.3857 0.8142
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$v1) # homogénéité des variances

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  mod5$res and donnees$v1
Bartlett's K-squared = 3.56, df = 4, p-value = 0.4688

>
> library(DescTools)
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$v1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$v1, data = floraison)

      Kruskal-wallis rank sum test

data:  donnees$V2 by donnees$v1
Kruskal-wallis chi-squared = 2.6916, df = 4, p-value = 0.6107

>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$v1, kw=TRUE)
      Kruskal-wallis rank sum test

data:  x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 2.6916, df = 4, p-value = 0.61

      Comparison of x by group
      (No adjustment)
Col Mean-|
Row Mean |  CH95 / 3  CH95/41B  CH96 / 4  CH96 / 7

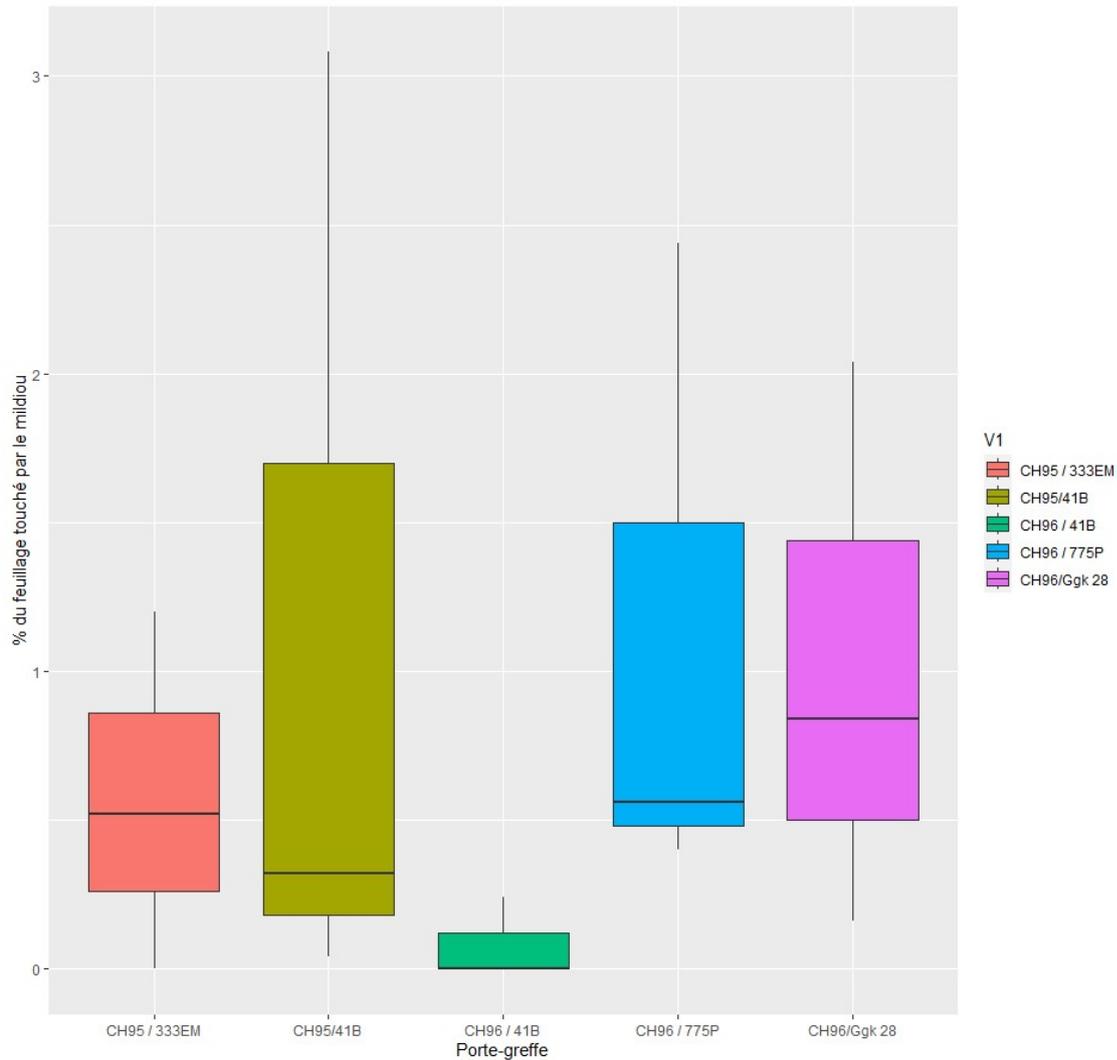
```

CH95/41B	-1.495728 0.0674			
CH96 / 4	-0.186966 0.4258	1.308762 0.0953		
CH96 / 7	-0.701122 0.2416	0.794605 0.2134	-0.514156 0.3036	
CH96/Ggk	-0.654381 0.2564	0.841347 0.2001	-0.467415 0.3201	0.046741 0.4814

alpha = 0.05
 Reject H₀ if p <= alpha/2

Maladies

Mildiou sur feuilles



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("% du feuillage touché par le mildiou")
>
> mod5 <- lm(v2 ~ v1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: v2
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
v1         4  2.538  0.63451  0.5878  0.679
Residuals 10 10.795  1.07947
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-wilk normality test

data:  mod5$res
```

w = 0.91714, p-value = 0.1742

```
> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ v1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.4617 0.7626
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$v1) # homogénéité des variances
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: mod5\$res and donnees\$v1
Bartlett's K-squared = 6.9324, df = 4, p-value = 0.1395

```
>
> library(DescTools)
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$v2) ; qqline(donnees$v2) ; shapiro.test(donnees$v2)
> #boxplot(donnees$v2~donnees$v1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$v1, value = donnees$v2)
>
>
> kruskal.test(donnees$v2 ~ donnees$v1, data = floraison)
```

Kruskal-wallis rank sum test

data: donnees\$v2 by donnees\$v1
Kruskal-wallis chi-squared = 4.8681, df = 4, p-value = 0.3011

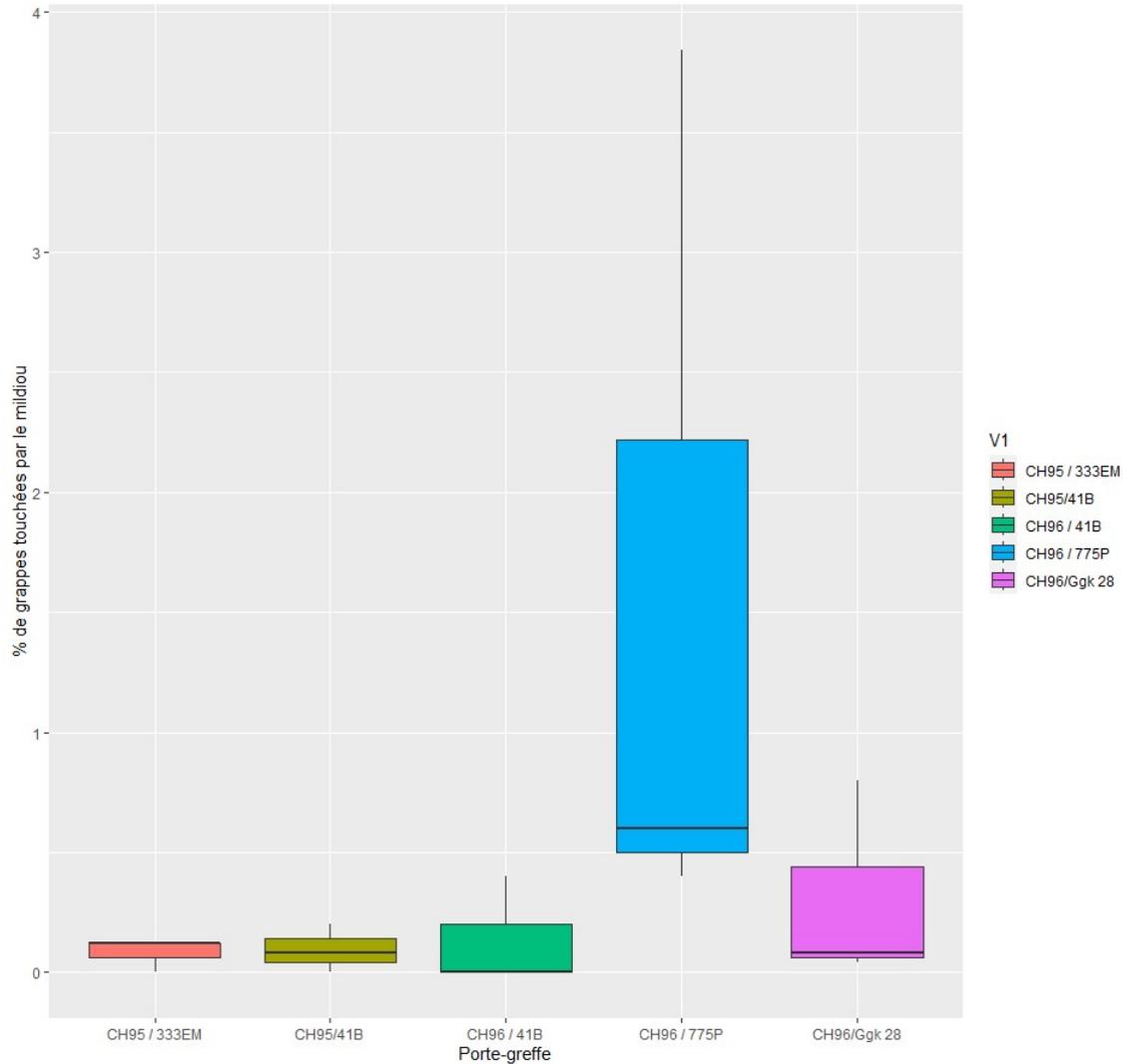
```
>
>
>
> dunn.test(donnees$v2,donnees$v1, kw=TRUE)
Kruskal-wallis rank sum test
```

data: x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 4.8681, df = 4, p-value = 0.3

Comparison of x by group (No adjustment)				
Col Mean- Row Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B	-0.274844 0.3917			
CH96 / 4	1.190993 0.1168	1.465838 0.0713		
CH96 / 7	-0.824533 0.2048	-0.549689 0.2913	-2.015527 0.0219*	
CH96/Ggk	-0.549689 0.2913	-0.274844 0.3917	-1.740682 0.0409	0.274844 0.3917

alpha = 0.05
Reject H₀ if p ≤ alpha/2

Mildiou sur grappes



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("% de grappes touchées par le mildiou")
>
> mod5 <- lm(v2 ~ v1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: v2
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
V1          4  5.2145  1.30363   1.6378 0.2398
Residuals 10  7.9595  0.79595
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances
```

Shapiro-wilk normality test

data: mod5\$res
W = 0.79009, p-value = 0.002751

```
> library(car)
> LeveneTest(mod5$res ~ v1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.9209  0.489
      10
warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$v1) # homogénéité des variances
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: mod5\$res and donnees\$v1
Bartlett's K-squared = 20.173, df = 4, p-value = 0.0004616

```
>
> library(DescTools)
>
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$v2) ; qqline(donnees$v2) ; shapiro.test(donnees$v2)
> #boxplot(donnees$v2~donnees$v1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$v1, value = donnees$v2)
>
>
> kruskal.test(donnees$v2 ~ donnees$v1, data = floraison)
```

Kruskal-wallis rank sum test

data: donnees\$v2 by donnees\$v1
Kruskal-wallis chi-squared = 5.8696, df = 4, p-value = 0.2091

```
>
>
>
> dunn.test(donnees$v2,donnees$v1, kw=TRUE)
Kruskal-wallis rank sum test
```

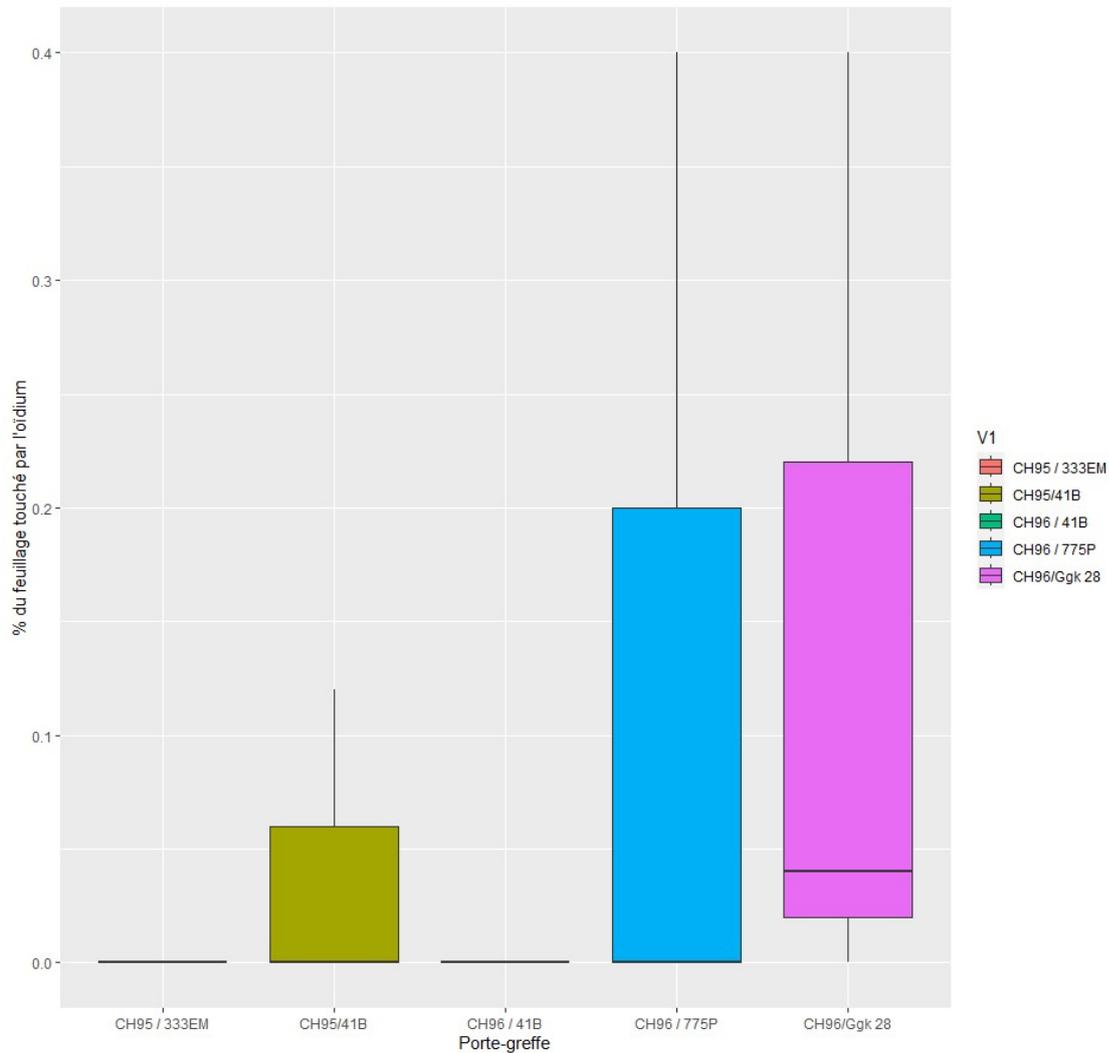
data: x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 5.8696, df = 4, p-value = 0.21

Comparison of x by group (No adjustment)				
Col Mean- Row Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B	0.046182 0.4816			
CH96 / 4	0.277096 0.3909	0.230913 0.4087		
CH96 / 7	-1.847309 0.0324	-1.893492 0.0291	-2.124406 0.0168*	
CH96/Ggk	-0.554192 0.2897	-0.600375 0.2741	-0.831289 0.2029	1.293116 0.0980

alpha = 0.05

Reject H_0 if $p \leq \alpha/2$

Oïdium sur feuilles



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
refe")+ ylab("% du feuillage touché par l'oïdium")
>
> mod5 <- lm(v2 ~ v1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: v2
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
v1         4 0.061227  0.015307   0.7175  0.599
Residuals 10 0.213333  0.021333
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

Shapiro-wilk normality test
```

```
data: mod5$res
w = 0.83835, p-value = 0.01193
```

```
> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ V1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.7088 0.6041
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: mod5$res and donnees$V1
Bartlett's K-squared = 240.78, df = 4, p-value < 2.2e-16
```

```
>
> library(DescTools)
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)
```

Kruskal-wallis rank sum test

```
data: donnees$V2 by donnees$V1
Kruskal-wallis chi-squared = 4.1711, df = 4, p-value = 0.3833
```

```
>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
Kruskal-wallis rank sum test
```

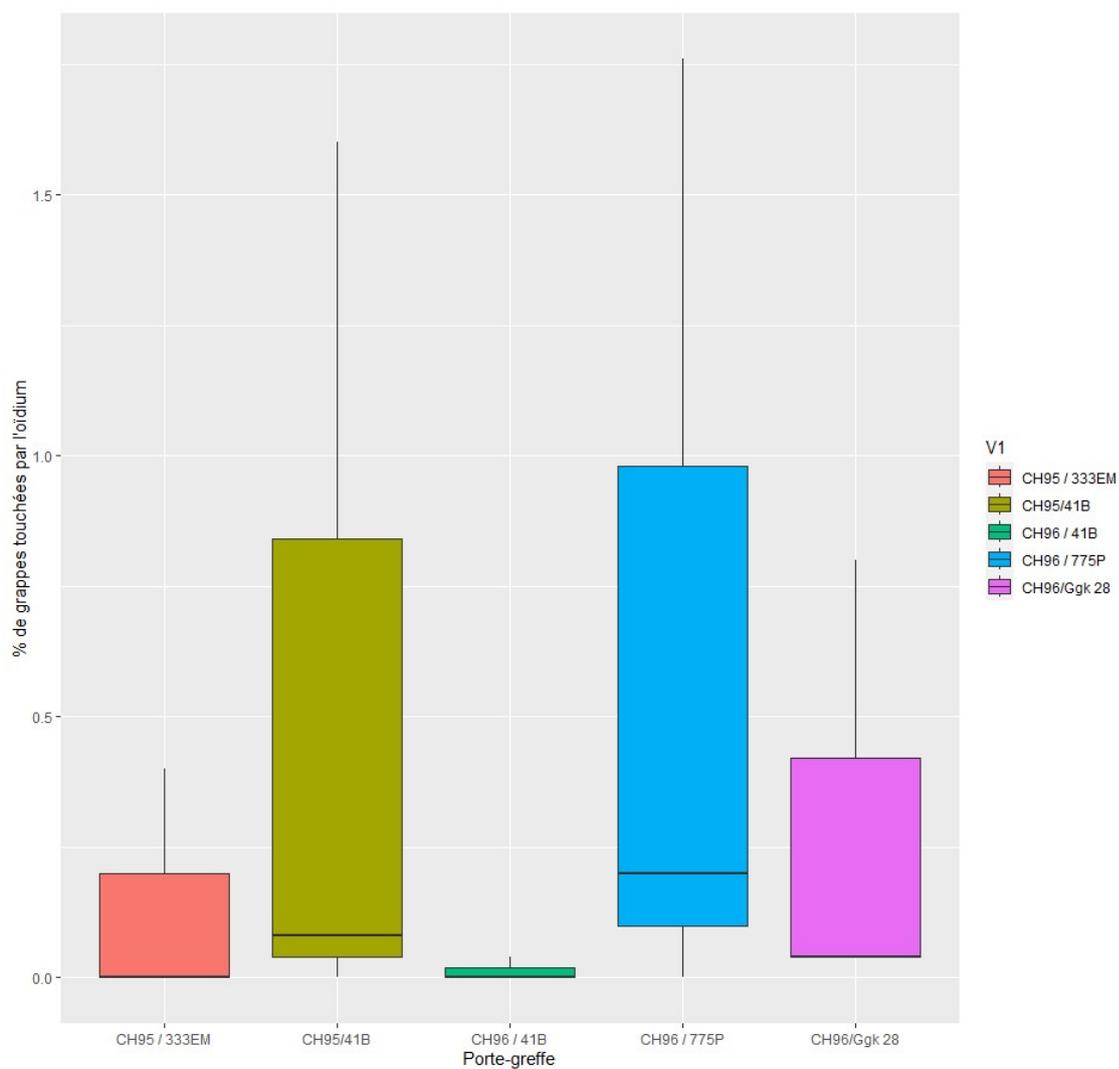
```
data: x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 4.1711, df = 4, p-value = 0.38
```

Comparison of x by group
(No adjustment)

Col Mean- Row Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B	-0.821299 0.2057			
CH96 / 4	0.000000 0.5000	0.821299 0.2057		
CH96 / 7	-0.997292 0.1593	-0.175992 0.4301	-0.997292 0.1593	
CH96/Ggk	-1.701263 0.0444	-0.879963 0.1894	-1.701263 0.0444	-0.703971 0.2407

```
alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2
```

Oïdium sur grappes (1^{ère} notation)



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=V2, x= V1, fill= V1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("% de grappes touchées par l'oidium")
>
> mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: V2
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
V1         4  0.8932  0.22331   0.5617  0.6959
Residuals 10  3.9755  0.39755
>
```

```

> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-wilk normality test

data:  mod5$res
W = 0.89003, p-value = 0.06713

> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ V1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.549 0.7043
      10

Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  mod5$res and donnees$V1
Bartlett's K-squared = 12.974, df = 4, p-value = 0.0114

>
> library(DescTools)
>
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)

      Kruskal-wallis rank sum test

data:  donnees$V2 by donnees$V1
Kruskal-wallis chi-squared = 3.1081, df = 4, p-value = 0.5399

>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
      Kruskal-wallis rank sum test

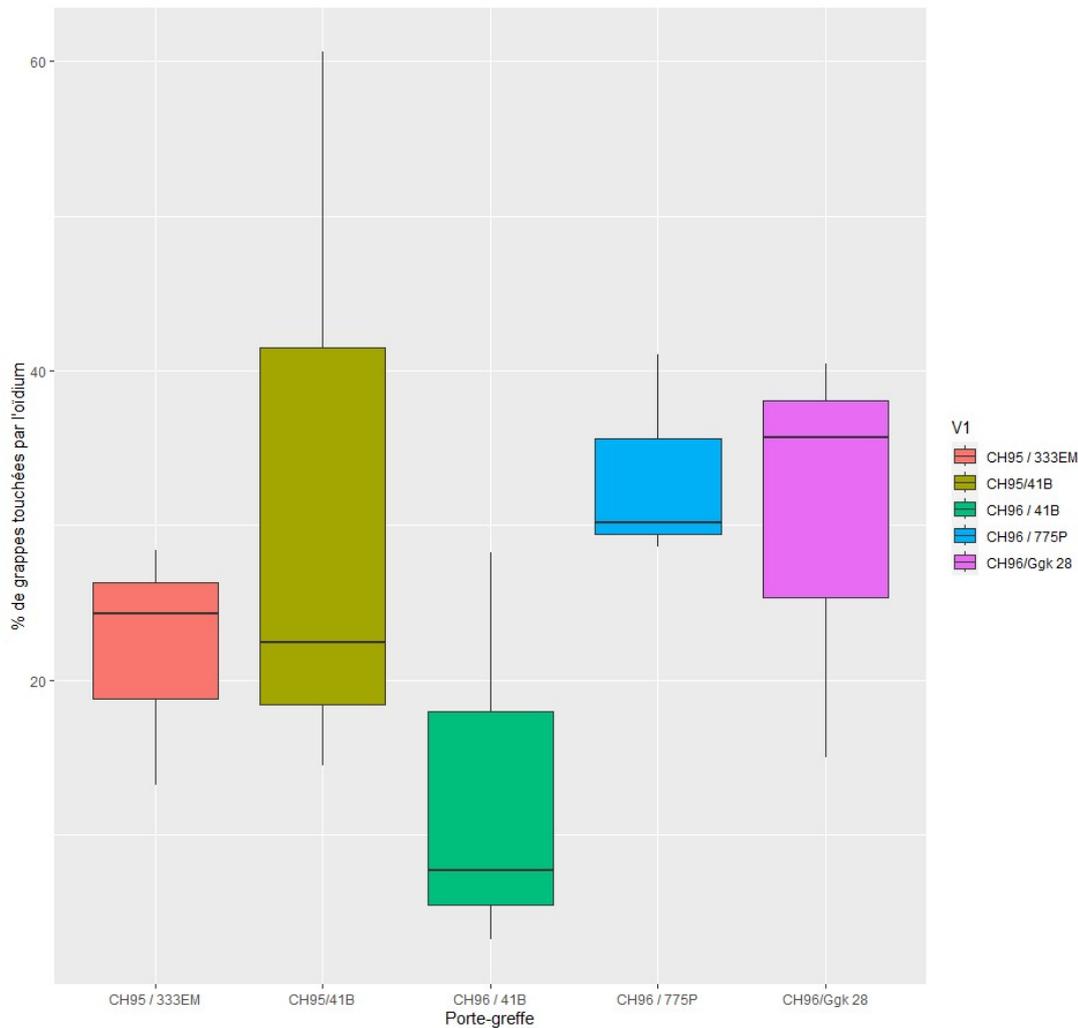
data:  x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 3.1081, df = 4, p-value = 0.54

```

Comparison of x by group (No adjustment)				
Col Mean- Row Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B	-0.804458 0.2106			
CH96 / 4	0.378568 0.3525	1.183026 0.1184		
CH96 / 7	-0.993742 0.1602	-0.189284 0.4249	-1.372310 0.0850	
CH96/Ggk	-0.946421 0.1720	-0.141963 0.4436	-1.324989 0.0926	0.047321 0.4811

alpha = 0.05
Reject H₀ if p ≤ alpha/2

Oïdium sur grappes (2^{ème} notation)



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
> ggplot(donnees, aes(y=V2, x= V1, fill= V1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("% de grappes touchées par l'oidium")
>
> mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: V2
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
V1      4  893.04   223.26   1.0352 0.4358
Residuals 10 2156.72   215.67
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances
```

Shapiro-wilk normality test

data: mod5\$res
 W = 0.96112, p-value = 0.7118

```
> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ v1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.4127 0.7958
      10
```

Warning message:
 In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.

```
> bartlett.test(mod5$res, donnees$v1) # homogénéité des variances
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: mod5\$res and donnees\$v1
 Bartlett's K-squared = 3.5146, df = 4, p-value = 0.4757

```
>
> library(DescTools)
>
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$v1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$v1, data = floraison)
```

Kruskal-wallis rank sum test

data: donnees\$V2 by donnees\$v1
 Kruskal-Wallis chi-squared = 5.8667, df = 4, p-value = 0.2093

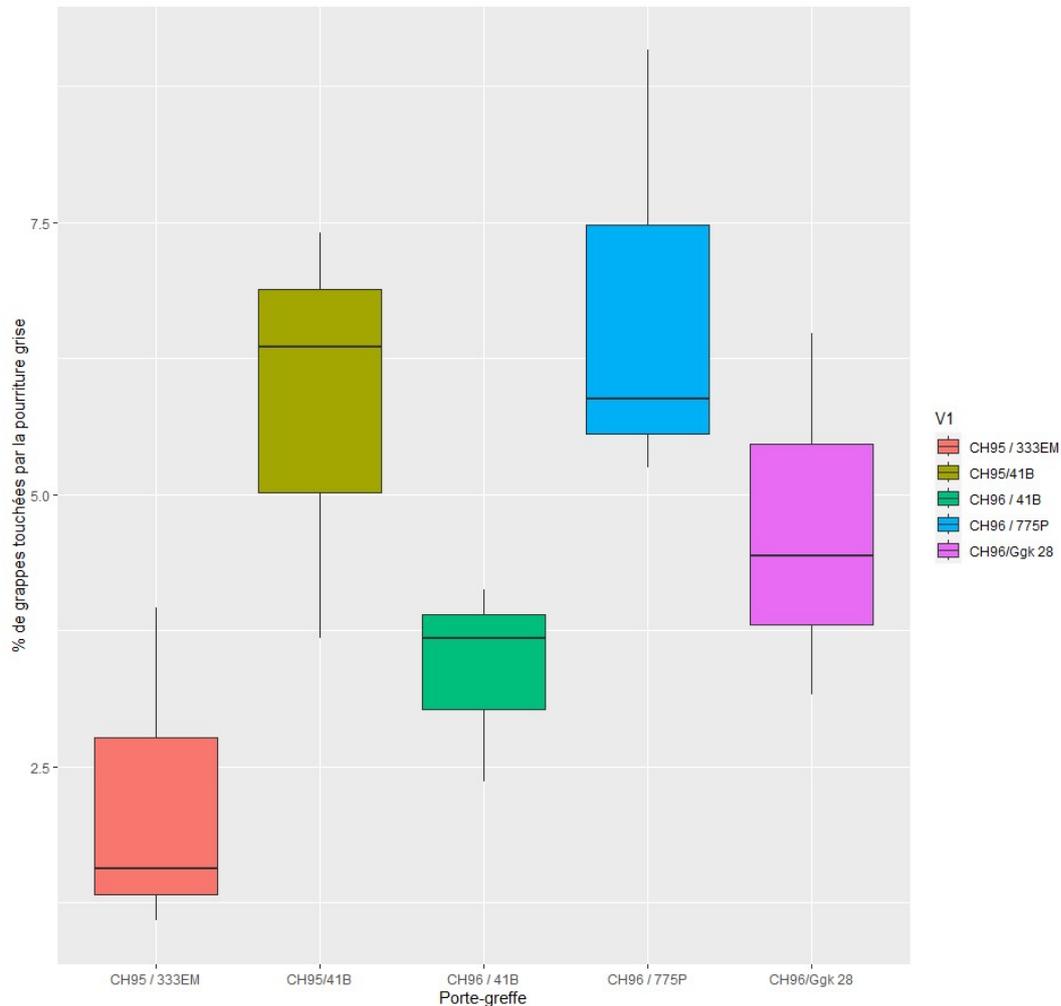
```
>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$v1, kw=TRUE)
Kruskal-wallis rank sum test
```

data: x and group
 Kruskal-Wallis chi-squared = 5.8667, df = 4, p-value = 0.21

Comparison of x by group (No adjustment)				
Col Mean-	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
Row Mean	-----			
CH95/41B	-0.547722 0.2919			
CH96 / 4	0.730296 0.2326	1.278019 0.1006		
CH96 / 7	-1.460593 0.0721	-0.912870 0.1807	-2.190890 0.0142*	
CH96/Ggk	-1.004158 0.1577	-0.456435 0.3240	-1.734454 0.0414	0.456435 0.3240

alpha = 0.05
 Reject H0 if $p \leq \alpha/2$

Botrytis



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("% de grappes touchées par la pourriture grise")
>
> mod5 <- lm(v2 ~ v1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: V2
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
v1         4 39.775   9.9436   3.5666 0.04682 *
Residuals 10 27.879   2.7879
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances
```

Shapiro-wilk normality test

data: mod5\$res

W = 0.94271, p-value = 0.4177

```
> library(car)
```

```
> leveneTest(mod5$res ~ V1, data=donnees) # homogénéité des variances
```

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

```
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.1505 0.9585
      10
```

Warning message:

In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.

```
>
```

```
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: mod5\$res and donnees\$V1

Bartlett's K-squared = 1.0951, df = 4, p-value = 0.8951

```
>
```

```
> library(DescTools)
```

```
>
```

```
> library(dunn.test)
```

```
> library(stats)
```

```
>
```

```
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
```

```
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port e-greffe", ylab = "mi-floraison")
```

```
>
```

```
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
```

```
>
```

```
>
```

```
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)
```

Kruskal-wallis rank sum test

data: donnees\$V2 by donnees\$V1

Kruskal-wallis chi-squared = 7.6219, df = 4, p-value = 0.1065

```
>
```

```
>
```

```
>
```

```
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
```

Kruskal-wallis rank sum test

data: x and group

Kruskal-wallis chi-squared = 7.6219, df = 4, p-value = 0.11

Comparison of x by group
(No adjustment)

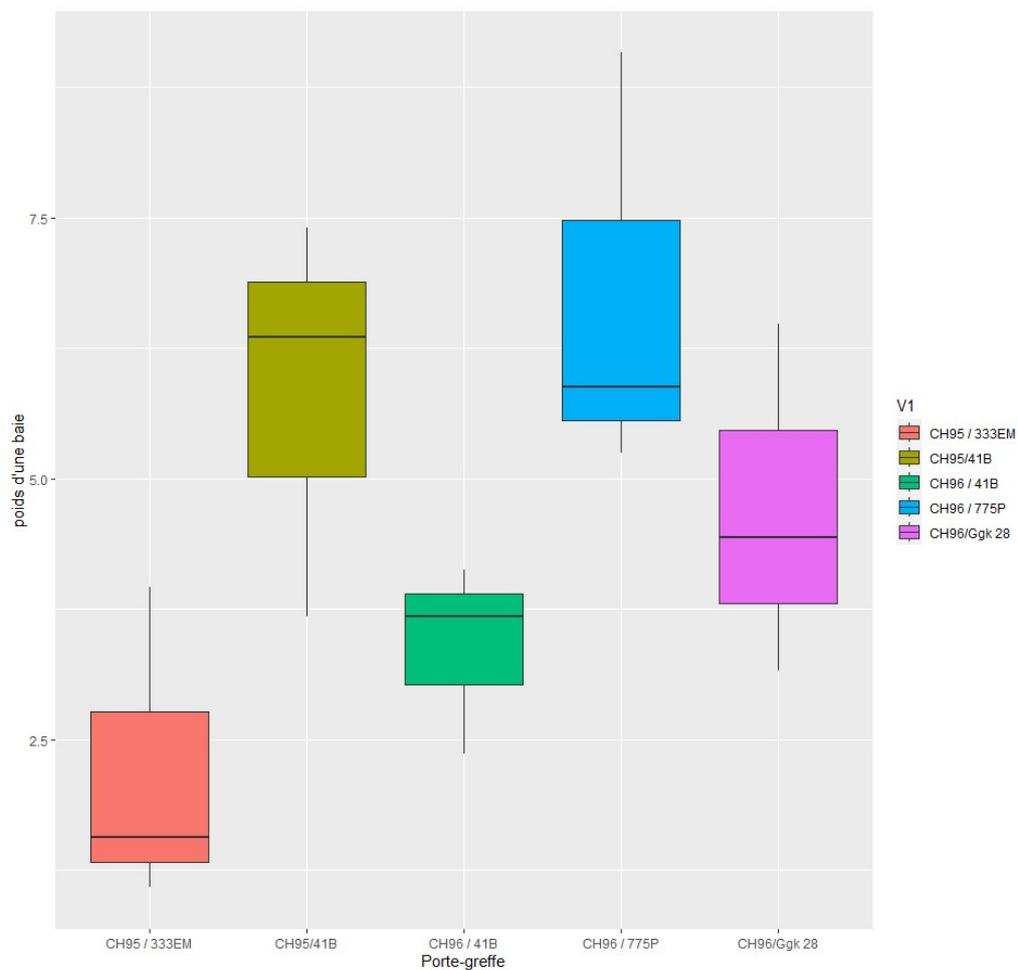
Col Row	Mean- Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B		-1.964427 0.0247*			
CH96 / 4		-0.593896 0.2763	1.370530 0.0853		
CH96 / 7		-2.375586 0.0088*	-0.411159 0.3405	-1.781689 0.0374	
CH96/Ggk		-1.461899 0.0719	0.502527 0.3076	-0.868002 0.1927	0.913687 0.1804

alpha = 0.05

Reject H₀ if p <= alpha/2

Maturité

Poids de 1 baie 1^{er} prélèvement



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("poids d'une baie")
>
> mod5 <- lm(v2 ~ v1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table
```

```
Response: V2
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
v1         4  39.775   9.9436   3.5666 0.04682 *
Residuals 10  27.879   2.7879
---
```

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

```
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances
```

Shapiro-wilk normality test

data: mod5\$res
W = 0.94271, p-value = 0.4177

```
> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ v1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
```

```
  Df F value Pr(>F)
group 4  0.1505 0.9585
      10
```

Warning message:

In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.

```
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$v1) # homogénéité des variances
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: mod5\$res and donnees\$v1
Bartlett's K-squared = 1.0951, df = 4, p-value = 0.8951

```
>
> library(DescTools)
>
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$v1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$v1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$v1, data = floraison)
```

Kruskal-wallis rank sum test

data: donnees\$V2 by donnees\$v1
Kruskal-wallis chi-squared = 7.6219, df = 4, p-value = 0.1065

```
>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$v1, kw=TRUE)
Kruskal-wallis rank sum test
```

data: x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 7.6219, df = 4, p-value = 0.11

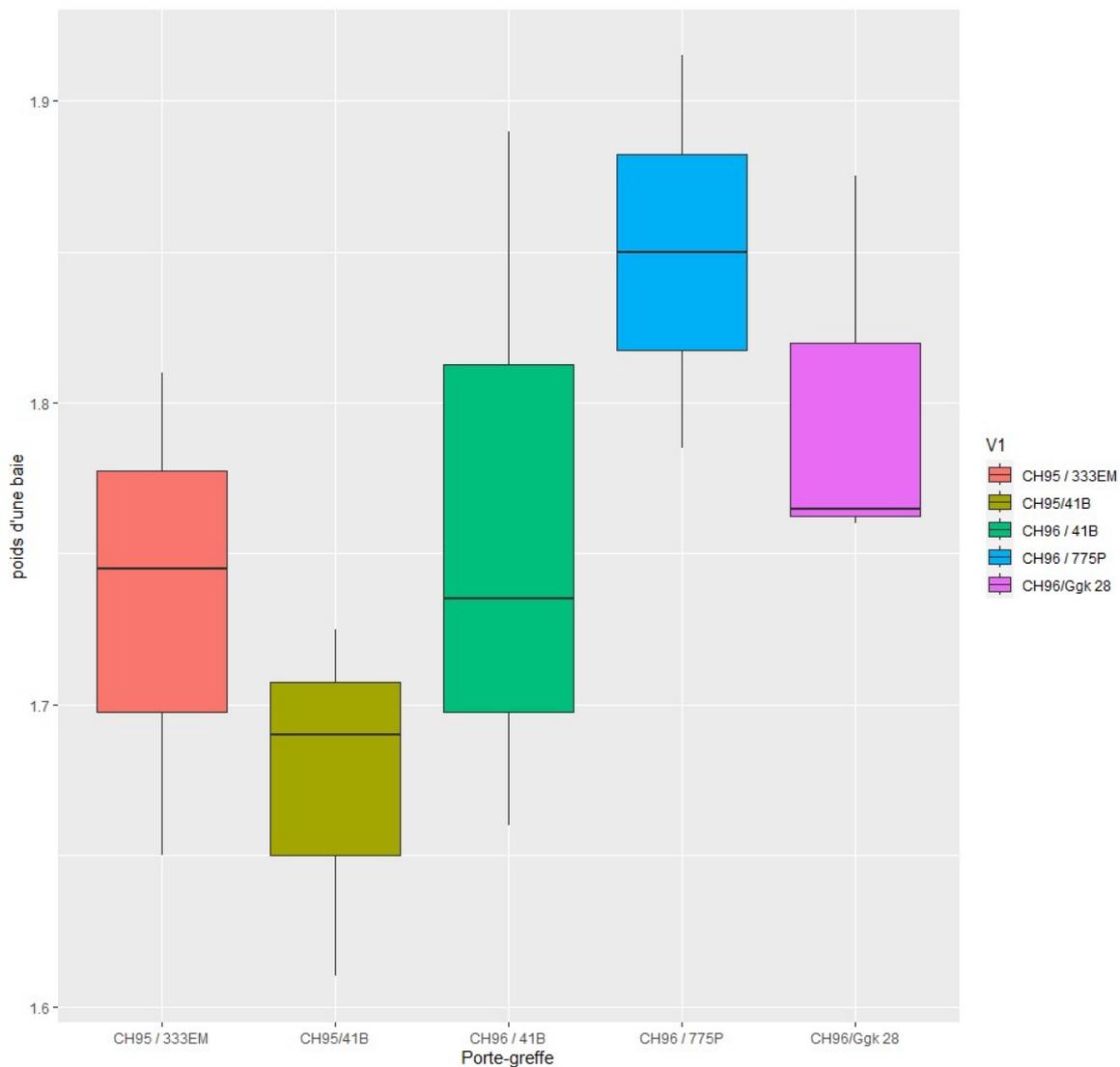
Comparison of x by group
(No adjustment)

Col Mean-				
Row Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B	-1.964427 0.0247*			
CH96 / 4	-0.593896 0.2763	1.370530 0.0853		
CH96 / 7	-2.375586 0.0088*	-0.411159 0.3405	-1.781689 0.0374	

CH96/Ggk		-1.461899	0.502527	-0.868002	0.913687
		0.0719	0.3076	0.1927	0.1804

alpha = 0.05
 Reject H0 if p <= alpha/2

Poids de 1 baie 2^{ème} prélèvement



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=V2, x= V1, fill= V1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("poids d'une baie")
>
> mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees)
> anova(mod5)
```

Analysis of Variance Table

Response: V2

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
v1      4 0.052377 0.0130942  2.0359  0.165
Residuals 10 0.064317 0.0064317
```

```
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: mod5$res
W = 0.96295, p-value = 0.7435
```

```
> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ v1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
```

```
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.2556 0.8997
      10
```

Warning message:

```
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
```

```
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: mod5$res and donnees$V1
Bartlett's K-squared = 1.1482, df = 4, p-value = 0.8865
```

```
>
> library(DescTools)
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
```

```
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
```

```
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)
```

Kruskal-wallis rank sum test

```
data: donnees$V2 by donnees$V1
Kruskal-wallis chi-squared = 6.9667, df = 4, p-value = 0.1377
```

```
>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
Kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 6.9667, df = 4, p-value = 0.14
```

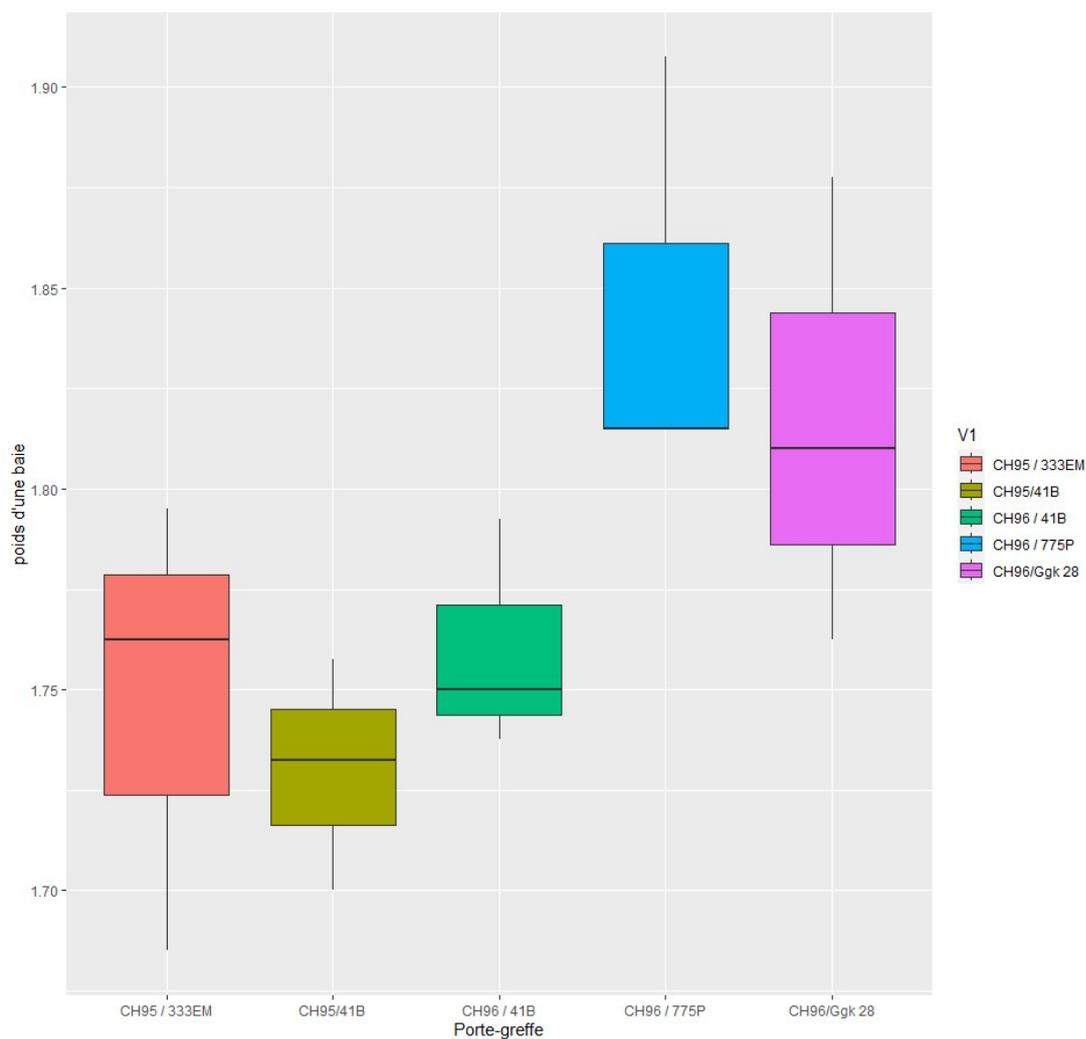
```

                                Comparison of x by group
                                (No adjustment)
Col Mean- |
Row Mean |  CH95 / 3  CH95/41B  CH96 / 4  CH96 / 7
-----|-----
CH95/41B |  0.912870
          |  0.1807
CH96 / 4 | -0.273861 -1.186732
          |  0.3921   0.1177
```

CH96 / 7	-1.551880	-2.464751	-1.278019	
	0.0603	0.0069*	0.1006	
CH96/Ggk	-0.912870	-1.825741	-0.639009	0.639009
	0.1807	0.0339	0.2614	0.2614

alpha = 0.05
 Reject Ho if $p \leq \alpha/2$

Poids de 1 baie 3^{ème} prélèvement



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("poids d'une baie")
>
> mod5 <- lm(v2 ~ v1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table
```

```

Response: V2
      Df    Sum Sq   Mean Sq F value    Pr(>F)
V1      4  0.028904  0.0072260   3.2703  0.05852 .
Residuals 10  0.022096  0.0022096
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-wilk normality test

data:  mod5$res
W = 0.95206, p-value = 0.5574

> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ V1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.2126 0.9255
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  mod5$res and donnees$V1
Bartlett's K-squared = 1.531, df = 4, p-value = 0.8211

>
> library(DescTools)
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)

      Kruskal-wallis rank sum test

data:  donnees$V2 by donnees$V1
Kruskal-wallis chi-squared = 9.4253, df = 4, p-value = 0.0513

>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
      Kruskal-wallis rank sum test

data:  x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 9.4253, df = 4, p-value = 0.05

```

Comparison of x by group
(No adjustment)

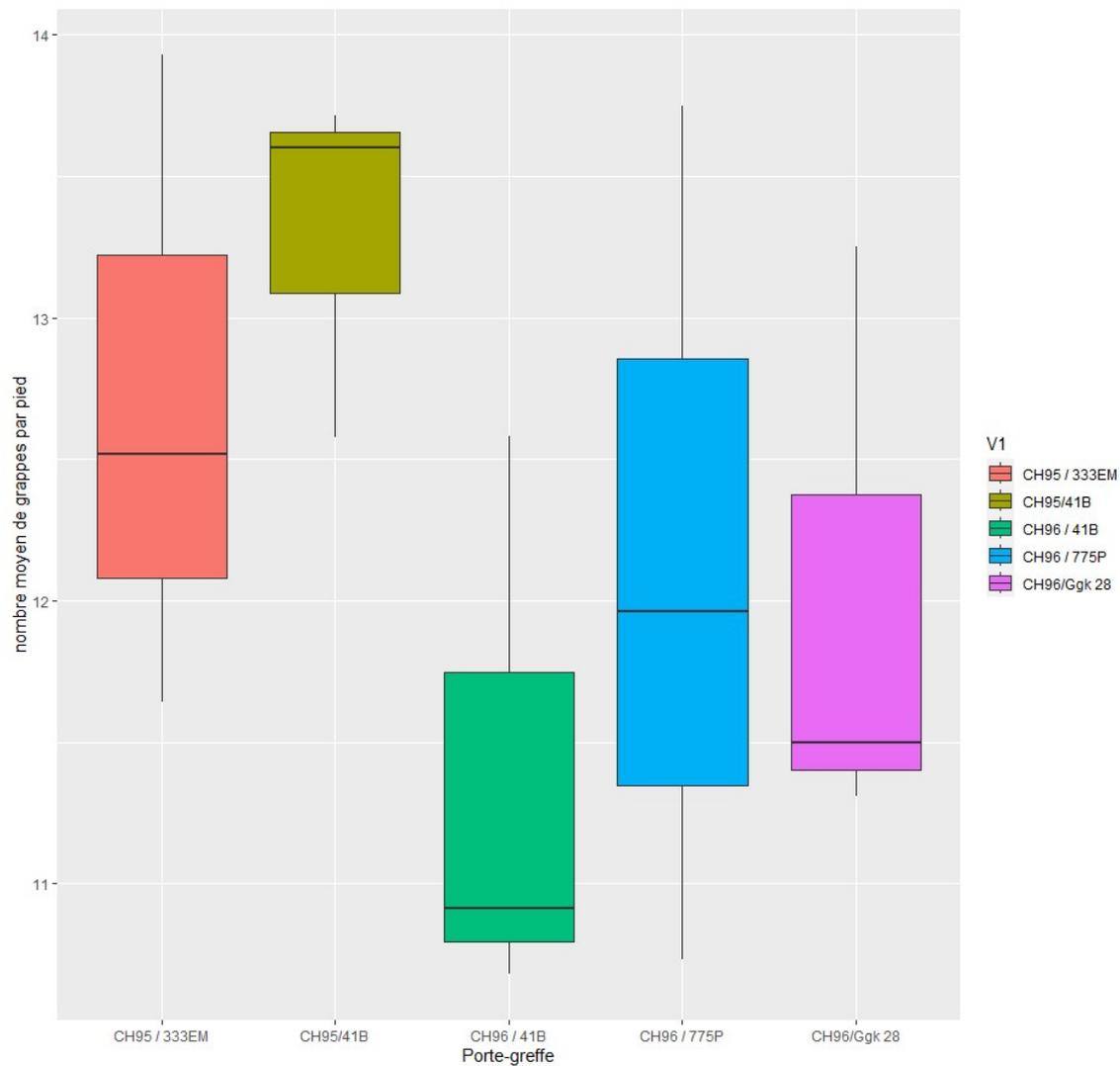
Col Mean- Row Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B	0.685879 0.2464			
CH96 / 4	0.045725 0.4818	-0.640153 0.2610		

CH96 / 7	-1.966186 0.0246*	-2.652065 0.0040*	-2.011911 0.0221*	
CH96/Ggk	-1.280307 0.1002	-1.966186 0.0246*	-1.326032 0.0924	0.685879 0.2464

alpha = 0.05
Reject Ho if $p \leq \alpha/2$

Récolte

Nombre de grappes par pied



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
```

```

>
> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("nombre moyen de grappes par pied")
>
> mod5 <- lm(v2 ~ v1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: v2
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
v1      4  6.2335   1.5584   1.2477  0.352
Residuals 10 12.4901   1.2490
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-Wilk normality test

data:  mod5$res
W = 0.92072, p-value = 0.1976

> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ v1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.2282 0.9164
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$v1) # homogénéité des variances

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  mod5$res and donnees$v1
Bartlett's K-squared = 1.2036, df = 4, p-value = 0.8775

>
> library(DescTools)
>
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$v2) ; qqline(donnees$v2) ; shapiro.test(donnees$v2)
> #boxplot(donnees$v2~donnees$v1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$v1, value = donnees$v2)
>
>
> kruskal.test(donnees$v2 ~ donnees$v1, data = floraison)

      Kruskal-wallis rank sum test

data:  donnees$v2 by donnees$v1
Kruskal-wallis chi-squared = 4.0333, df = 4, p-value = 0.4015

>
>
>
> dunn.test(donnees$v2,donnees$v1, kw=TRUE)
      Kruskal-wallis rank sum test

data:  x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 4.0333, df = 4, p-value = 0.4

      Comparison of x by group
      (No adjustment)

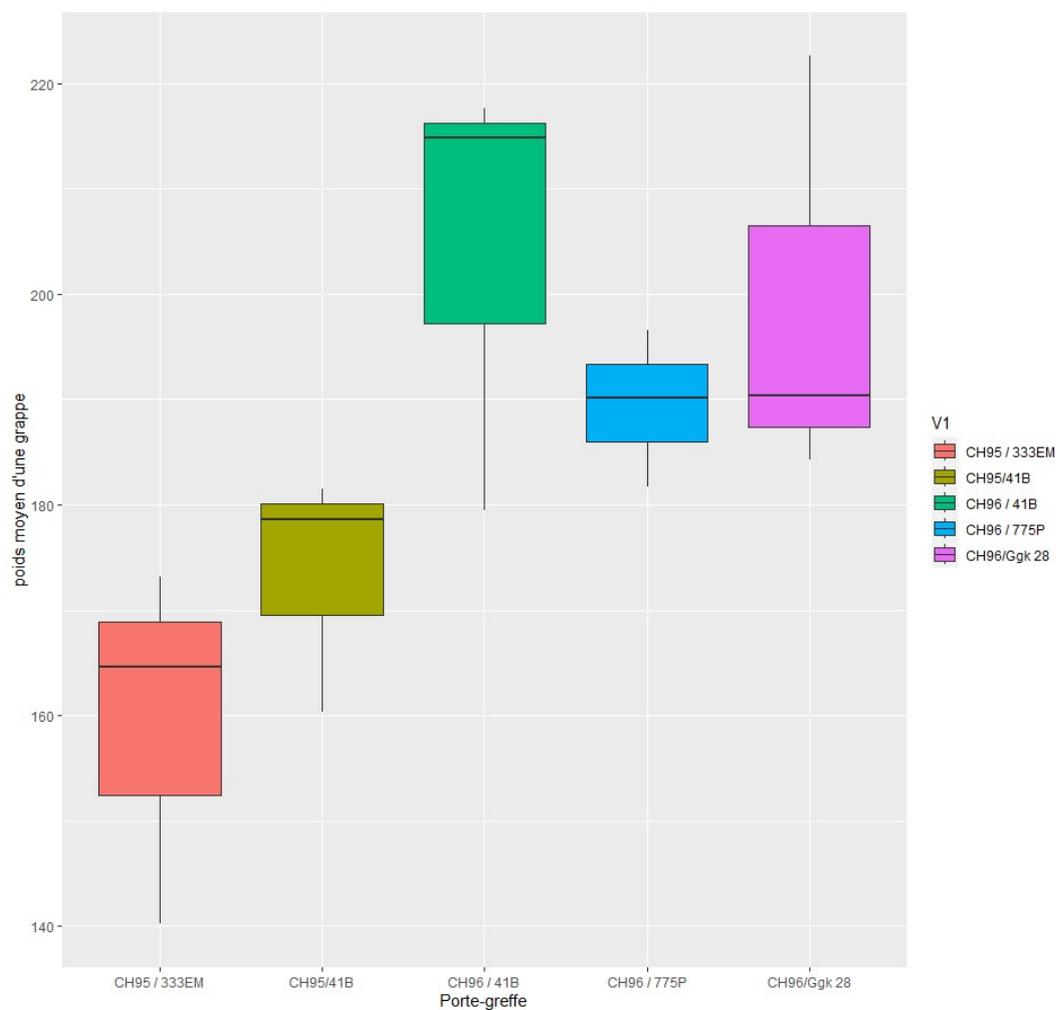
col Mean-|

```

Row Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B	-0.456435 0.3240			
CH96 / 4	1.369306 0.0855	1.825741 0.0339		
CH96 / 7	0.547722 0.2919	1.004158 0.1577	-0.821583 0.2057	
CH96/Ggk	0.821583 0.2057	1.278019 0.1006	-0.547722 0.2919	0.273861 0.3921

alpha = 0.05
 Reject H0 if $p \leq \alpha/2$

Poids moyen d'une grappe



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
```

```

> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("poids moyen d'une grappe")
>
> mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: V2
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
V1      4 4107.4  1026.85   3.7828 0.04001 *
Residuals 10 2714.5   271.45
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-wilk normality test

data:  mod5$res
W = 0.95924, p-value = 0.6792
> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ V1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.1964 0.9346
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  mod5$res and donnees$V1
Bartlett's K-squared = 2.1339, df = 4, p-value = 0.7111
>
> library(DescTools)
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)

      Kruskal-wallis rank sum test

data:  donnees$V2 by donnees$V1
Kruskal-wallis chi-squared = 9.9, df = 4, p-value = 0.04215
>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
      Kruskal-wallis rank sum test

data:  x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 9.9, df = 4, p-value = 0.04

      Comparison of x by group
      (No adjustment)

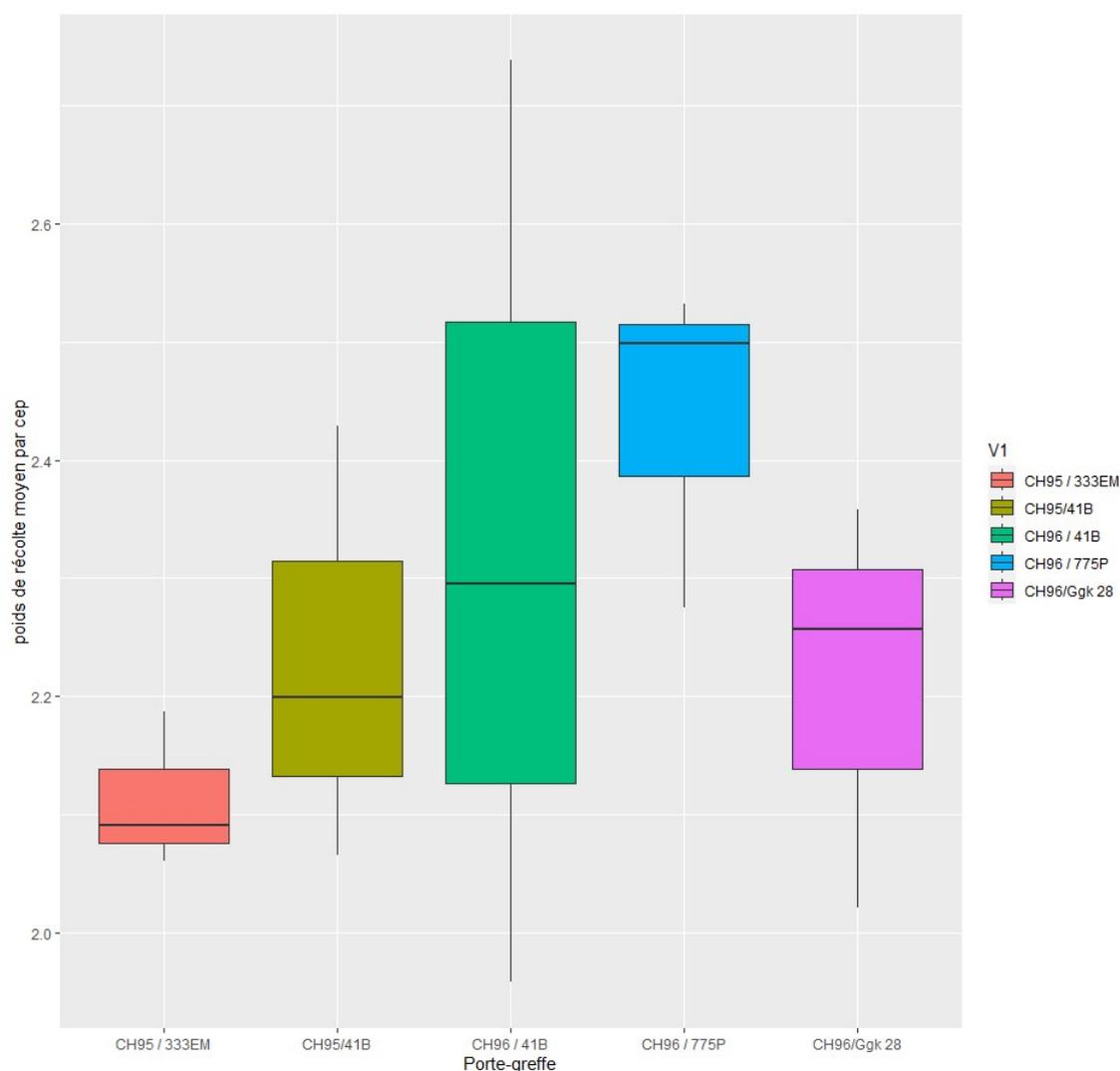
col Mean-|

```

Row Mean	CH95 / 3	CH95/41B	CH96 / 4	CH96 / 7
CH95/41B	-0.547722 0.2919			
CH96 / 4	-2.282177 0.0112*	-1.734454 0.0414		
CH96 / 7	-2.008316 0.0223*	-1.460593 0.0721	0.273861 0.3921	
CH96/Ggk	-2.464751 0.0069*	-1.917028 0.0276	-0.182574 0.4276	-0.456435 0.3240

alpha = 0.05
Reject H0 if $p \leq \alpha/2$

Poids moyen par cep



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=V2, x= V1, fill= V1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
reffe")+ ylab("poids de récolte moyen par cep")
```

```

>
> mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: V2
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
v1      4 0.18074  0.045186   0.9393 0.4801
Residuals 10 0.48109  0.048109
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-Wilk normality test

data:  mod5$res
W = 0.97601, p-value = 0.935

> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ V1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  1.0268 0.4395
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  mod5$res and donnees$V1
Bartlett's K-squared = 4.9639, df = 4, p-value = 0.291

>
> library(DescTools)
>
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)

      Kruskal-wallis rank sum test

data:  donnees$V2 by donnees$V1
Kruskal-wallis chi-squared = 4.3, df = 4, p-value = 0.3669

>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
      Kruskal-wallis rank sum test

data:  x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 4.3, df = 4, p-value = 0.37

      Comparison of x by group
      (No adjustment)

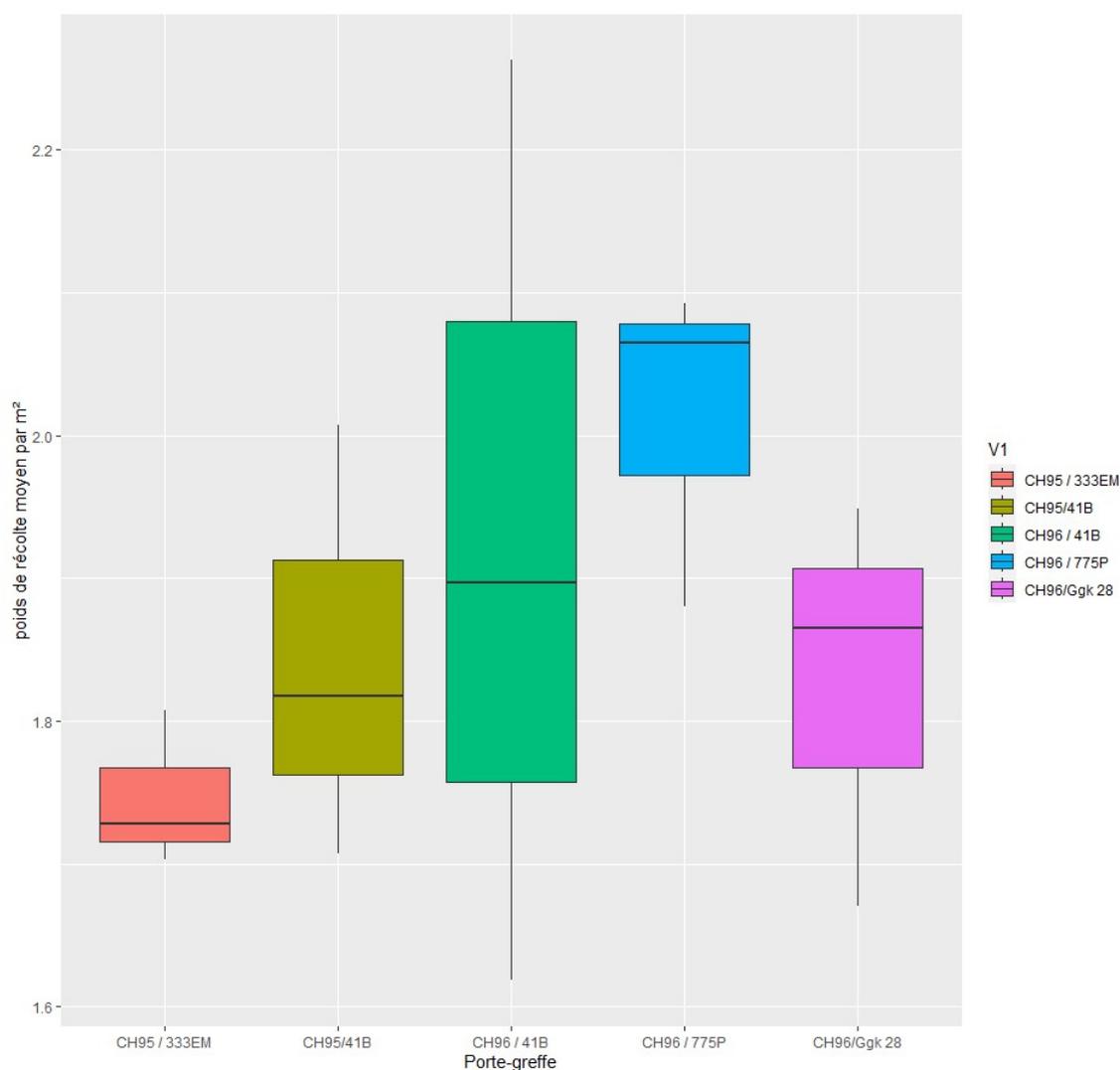
Col Mean-|
Row Mean |   CH95 / 3   CH95/41B   CH96 / 4   CH96 / 7
-----+-----
CH95/41B | -0.821583

```

	0.2057			
CH96 / 4	-1.095445 0.1367	-0.273861 0.3921		
CH96 / 7	-2.008316 0.0223*	-1.186732 0.1177	-0.912870 0.1807	
CH96/Ggk	-0.639009 0.2614	0.182574 0.4276	0.456435 0.3240	1.369306 0.0855

alpha = 0.05
Reject H0 if p <= alpha/2

Poids par m²



```
> donnees <- read.table("statistiques.csv", sep = ';')
> header = TRUE
>
>
> ggplot(donnees, aes(y=v2, x= v1, fill= v1)) +geom_boxplot()+xlab("Porte-g
refe")+ ylab("poids de récolte moyen par m²")
>
```

```

> mod5 <- lm(V2 ~ V1,data = donnees)
> anova(mod5)
Analysis of Variance Table

Response: V2
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
V1      4  0.12344  0.030859   0.9393 0.4801
Residuals 10  0.32855  0.032855
>
> shapiro.test(mod5$res) # normalité des variances

      Shapiro-wilk normality test

data:  mod5$res
W = 0.97601, p-value = 0.935
>
> library(car)
> leveneTest(mod5$res ~ V1, data=donnees) # homogénéité des variances
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  4  1.0268 0.4395
      10
Warning message:
In leveneTest.default(y = y, group = group, ...) : group coerced to factor.
>
> bartlett.test(mod5$res, donnees$V1) # homogénéité des variances

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  mod5$res and donnees$V1
Bartlett's K-squared = 4.9639, df = 4, p-value = 0.291
>
> library(DescTools)
>
>
> library(dunn.test)
> library(stats)
>
> #qqnorm(donnees$V2) ; qqline(donnees$V2) ; shapiro.test(donnees$V2)
> #boxplot(donnees$V2~donnees$V1, main = "Graphique en boîte", xlab = "port
e-greffe", ylab = "mi-floraison")
>
> floraison <-data.frame(group= donnees$V1, value = donnees$V2)
>
>
> kruskal.test(donnees$V2 ~ donnees$V1, data = floraison)

      Kruskal-wallis rank sum test

data:  donnees$V2 by donnees$V1
Kruskal-wallis chi-squared = 4.3, df = 4, p-value = 0.3669
>
>
>
> dunn.test(donnees$V2,donnees$V1, kw=TRUE)
      Kruskal-wallis rank sum test

data:  x and group
Kruskal-wallis chi-squared = 4.3, df = 4, p-value = 0.37

      Comparison of x by group
      (No adjustment)

Col Mean-|
Row Mean |  CH95 / 3  CH95/41B  CH96 / 4  CH96 / 7
-----+-----
CH95/41B | -0.821583

```

		0.2057			
CH96 / 4		-1.095445	-0.273861		
		0.1367	0.3921		
CH96 / 7		-2.008316	-1.186732	-0.912870	
		0.0223*	0.1177	0.1807	
CH96/Ggk		-0.639009	0.182574	0.456435	1.369306
		0.2614	0.4276	0.3240	0.0855

alpha = 0.05
 Reject Ho if p <= alpha/2

Annexe 10 : Fiches explicatives pour l'utilisation de Silex-VitiOeno Porte-greffe

La création d'un projet se fait en allant dans la partie saisie de projet > Nouveau projet. Il faut ensuite remplir les données. Celles marquées d'un astérisque rouge sont obligatoires. Le coordinateur et le correspondant sont les personnes qui encadrent le projet et qui doivent être inscrites sur Silex-VitiOeno. Il est possible de lier des fichiers au projet.

The screenshot shows the 'Ajout d'un Projet de recherche' (Add a Research Project) form. The form is set against a light green background and is contained within a white-bordered box. At the top of the page, a dark navigation bar contains the following menu items: 'Guide', 'Recherche', 'Saisie de projet', 'Préparation à la saisie', and 'Saisie de traitements'. The form fields are as follows:

- Type :** A dropdown menu with 'Projet' selected.
- *Code/Nom :** A text input field with a red asterisk and a help icon.
- Financement :** A dropdown menu.
- Organisme :** A text input field.
- *Date début :** A date input field with a red asterisk and a help icon, showing the format 'jj/mm/aaaa'.
- *Date fin :** A date input field with a red asterisk and a help icon, showing the format 'jj/mm/aaaa'.
- *Coordinateur :** A dropdown menu with a red asterisk and a help icon.
- *Correspondant :** A dropdown menu with a red asterisk and a help icon.
- Confidentialité des mesures :** A checkbox, currently unchecked.
- Mots-clefs :** A text input field with a red asterisk and a help icon.
- Fichiers à lier (Taille max : 2M):** A button labeled 'Sélect. fichiers' and the text 'Aucun fichier choisi'.
- Description :** A large text area with a diagonal slash icon in the bottom right corner.

At the bottom of the form is a button labeled 'VALIDER'.

Une fois le projet créé il faut créer l'expérimentation. Pour cela il faut aller dans saisie de projet > Nouvelle expérimentation. Les correspondants techniques et scientifiques doivent être des personnes inscrites sur Silex VitiOeno. Il faut saisir le projet auquel appartient l'expérimentation.

Guide - Recherche - Saisie de projet - Préparation à la saisie - Saisie

Ajout d'une Expérimentation

? *Code de l'expérimentation :
 ? Alias :
 *Date de début :
 Date de fin :
 ? *Correspondant Technique :
 ? *Correspondant Scientifique :
 *Dans le cadre du projet :
 Mots-clefs :
 Protocole/Plan de parcelle: Aucun ...r choisi
 Description :
 Fichiers à lier (Taille max : 2M) Aucun fichier choisi

Pour créer un domaine il faut aller dans Préparation à la saisie > Vignoble > Sites expérimentaux > Domaine. Le nom du domaine doit commencer par DO. Le contact correspond à la personne en charge du domaine, il n'est pas nécessaire que la personne soit inscrite sur Silex-VitiOeno. Il faut l'associer à l'expérimentation qu'on vient de créer et aux éventuelles autres expérimentations qui ont lieu dans ce domaine.

Ajout d'un Objet d'étude ou d'un Site expérimental : Domaine

Cliquez pour afficher les règles de nomenclature

*Code :

Adresse :

Contact :

Est associé à(aux) expérimentation(s) :

Région :

Description/Commentaires :

Fichiers à lier (Taille max : 2M): Aucun fichier choisi

La création d'une parcelle se fait en allant dans Préparation à la saisie > Vignoble > Sites expérimentaux > Parcelle. Le code de la parcelle doit commencer par ED. Il faut ajouter un objet parent. Cela correspond, dans la majorité des cas, à un domaine. Après l'avoir sélectionné, il faut appuyer sur la flèche pour l'ajouter. La parcelle doit ensuite être associée à l'expérimentation qu'on a créée. Il y a beaucoup de critères à remplir mais ils ne sont pas obligatoires. On peut lier des fichiers comme le plan ce qui permet de rendre la parcelle plus compréhensible.

Guide - Recherche - Saisie de projet - Préparation à la saisie - Saisie de traitements - Saisie de données

Ajout d'un Objet d'étude ou d'un Site expérimental : Parcelle

Cliquez pour afficher les règles de nomenclature

*Code :

Cliquez pour afficher un exemple d'ajout d'objet étude

*Objet d'étude parent:

Est associé à(aux) expérimentation(s) :

Date début :

Date installation :

Surface (ha) :

Mode de conduite :

Système de taille :

Piquets :

Nombre de rangs :

Nombre de souches :

Densité de plantation à l'origine(cp/ha) :

Orientation des rangs :

Largeur entre-rangs (m) :

Largeur entre-ceps (m) :

Type de sol :

Profondeur de sol (cm) :

Système irrigation :

Référence cadastrale :

Description/Commentaires :

Fichiers à lier (Taille max : 2M) : Aucun fichier choisi

Avant de créer des objets, il faut sélectionner le matériel végétal. Pour cela il faut aller dans préparation à la saisie > Sélection du matériel végétal. Il faut ensuite sélectionner le(s) porte-greffe(s), le(s) cépage(s) et, le cas échéant, le(s) intergreffe(s) ainsi que les clones correspondants. Il faut ensuite sauvegarder la sélection. Celle-ci reste sauvegardée tant que la session reste ouverte. Il sera donc nécessaire de reselectionner le matériel végétal si on choisit de saisir les différents objets en plusieurs fois.

Tutoriel video

🔗 Sélectionnez les clones et variétés que vous utiliserez durant la saisie de vos objets d'études.

Cette liste n'est valide que pour cette session et sera automatiquement réinitialisée lors de la prochaine connexion.

Type de la variété ou du clone : portegreffe ▼

Variete(s) : Sélectionnez une ou plusieurs variétés

Clone(s) : Sélectionnez un ou plusieurs clones

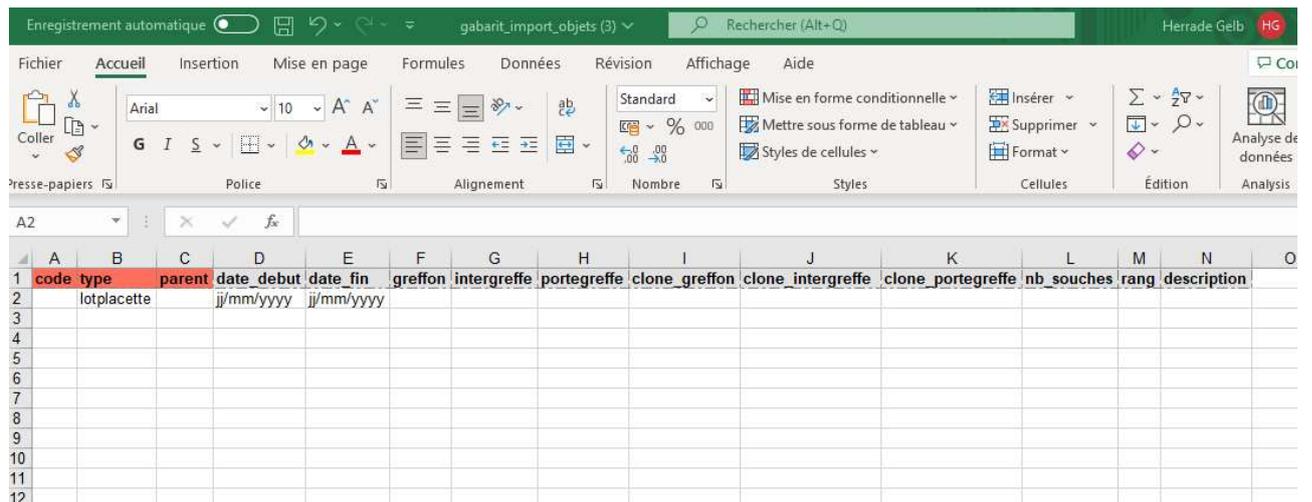
SAUVEGARDER LA SÉLECTION

Pour créer des lots de placettes, des placettes ou des ceps, le processus est le même. On prendra l'exemple des Lots de placettes. Il faut aller dans Préparation à la saisie > Vignoble > Objets d'études > Lot de placettes > Par gabarit Excel. Il faut ensuite sélectionner Générer. On obtient alors un fichier Excel à compléter. Le code doit comprendre BPT si l'objet créé est un lot de placettes, PT s'il s'agit d'une placette et PL s'il s'agit d'un cep. Chaque objet doit avoir un code différent. Le code de l'objet doit suivre le modèle suivant :

Lieu-Année-n°Lot-cépageN°clonecépagePorteGrefeN°clonePG-TypeObjet-N°plante

Le lieu correspond à deux lettres, celles utilisées au Comité Champagne sont EY pour Epernay. L'année est notée par deux chiffres correspondant à l'année de plantation (19 pour une parcelle plantée en 2019). Le numéro de plante correspond au numéro du cep ou de la placette.

Le type d'objet dépend du gabarit créé. Le parent correspond au code de l'objet parent. Il peut s'agir de la parcelle ou d'un objet plus grand auquel appartient l'objet qu'on souhaite créer. Les dates doivent conserver le format jj/mm/yyyy. Les colonnes greffon, intergreffe et porte-greffe sont des menus déroulants qui comprennent les variétés sélectionnées précédemment lors de la sélection du matériel végétal. Les colonnes clone_greffon, clone_intergreffe et clone_portegreffe sont également des menus déroulants comprenant les clones sélectionnés précédemment. La saisie de ces colonnes n'est pas obligatoire. Seule la colonne porte-greffe est obligatoire lors de la création des ceps. Une petite description peut être rajoutée pour chaque objet.



Pour ajouter les objets saisis dans le gabarit Excel, il faut ensuite aller dans Préparation à la saisie > Importer un gabarit excel. Il faut alors sélectionner l'expérimentation à laquelle on souhaite ajouter le gabarit et sélectionner le fichier excel.

Une fois tous les objets créés, on peut saisir les données récoltées lors de l'expérimentation.

Pour ajouter des données il faut aller dans Saisie de données > Générer un gabarit excel. Il faut alors bien sélectionner l'Expérimentation à laquelle on veut ajouter des données et cocher la case Ajout objets liés à l'expérimentation. Pour la sélection des variables il faut d'abord choisir un groupe de variables. Pour déterminer le groupe auquel appartient la variable que l'on souhaite utiliser, il faut aller dans Recherche > Traitements et variables > Variables. Une fois le groupe de variables choisit il faut cliquer sur le symbole « + » puis sélectionner les variables à saisir. Pour chaque saisie il faut que les variables aient été observées le même jour car il faut saisir une date pour chaque observation.

Dans le gabarit excel qu'on obtient, tous les objets liés à l'expérimentation sont présents, on peut soit supprimer ceux qui ne correspondent pas à la mesure soit ne rien remplir. Il faut remplir la date sous le format JJ/MM/YYYY, une heure (qui souvent est 00 :00), un opérateur qui est la personne saisissant les données et enfin les données à saisir. Les unités pour les variables sont inscrites en en-tête des colonnes.

Date	Heure	Operateur	Code obj	Position	Rang	Date Debi	Date Fin	variable	unite	methode	traitement
			DO_Plumecoq			2023-09-24	2023-08-24	Pied_Mort	cep	Estimation Visuelle	
			EY_07_PL 1		1	2000-01-01	2029-01-01	Poids_200Baies	g/200baies	Balance	TAVP_Brix
			EY_07_PL 2		1	2000-01-01	2029-01-01				*Brix
			EY_07_PL 3		1	2000-01-01	2029-01-01				IRTF
			EY_07_PL 4		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 5		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 6		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 7		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 8		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 9		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 10		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 11		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 12		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 13		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 14		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 15		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 16		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 17		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 18		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 19		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 20		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 21		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 22		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 23		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 24		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 25		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 26		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 27		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 28		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 29		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 30		1	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 1		2	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 2		2	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 3		2	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 4		2	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 5		2	2000-01-01	2029-01-01				
			EY_07_PL 6		2	2000-01-01	2029-01-01				

Pour entrer les données sur Silex, il faut ensuite aller dans Saisie de données > Importer un gabarit Excel puis sélectionner le fichier. Il faut alors vérifier que les données que l'on vient d'ajouter sont bien des nouvelles données (en vert). On peut modifier des données déjà saisies en les modifiant dans le gabarit Excel sans modifier la date, lors de la saisie dans Silex-VitiOeno les données apparaissent alors en bleu. Si les données apparaissent en blanc cela signifie qu'elles ont déjà été saisies. Si elles sont en rouge cela signifie que les données sont incorrectes et qu'elles ne peuvent pas être entrées dans Silex. La suppression des données est possible en allant dans Saisie des données > Données erronées. La suppression des objets ne peut être faite qu'en passant par les personnes en charge de Silex.

Annexe 11 : Questionnaire à destination des viticulteurs



Essais porte-greffes en Champagne

Ce questionnaire s'inscrit dans le cadre du projet PGvigne.net qui a pour objectif d'améliorer les connaissances sur les porte-greffes inscrits au catalogue français afin de mieux exploiter la diversité des porte-greffes existants. Nous recensons les différents essais réalisés en Champagne pour centraliser les données afin qu'elles soient analysées. Les données seront anonymisées et peuvent rester confidentielles si vous le souhaitez. Ce questionnaire durera environ une dizaine de minutes.

herrade.gelb@civc.fr [Changer de compte](#) 

* Indique une question obligatoire

Adresse e-mail *

N'envoyez jamais de mots de passe via Google Forms.

Section sans titre

Avez-vous mis en place un ou plusieurs essais sur les porte-greffes (en cours ou * passés) ?

Oui

Non

Essais porte-greffes en Champagne

herrade.gelb@civc.fr [Changer de compte](#)



* Indique une question obligatoire

Vos essais

Combien d'essais avez-vous ? *

- 1 essai
- 2 essais
- 3 essais
- 4 essais
- 5 essais

Retour

Suivant

Effacer le formulaire

N'envoyez jamais de mots de passe via Google Forms.

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google. [Signaler un cas d'utilisation abusive](#) - [Conditions d'utilisation](#) - [Règles de confidentialité](#)

Google Forms

Essai n°1

Cette partie concerne votre premier essai

*

Quel est l'objectif de l'essai ?

- Résistance à la sécheresse
- Résistance à la chlorose
- Résistance au phylloxéra
- Résistance au court-noué
- Allongement du cycle de la vigne
- Forte vigueur conférée

*

Quels sont les porte-greffes évalués dans l'essai ?

- 101-14 MGt
- 110 R
- 1103 P
- 140 Ru
- 1447 P
- 161-9 C
- 1616 C
- 196-17 Cl
- 216-3 Cl
- 3309 C

- 216-3 Cl
- 3309 C
- 333 EM
- 34 EM
- 4010 Cl
- 41 B MGt
- 420 A MGt
- 44-53 M
- 99 R
- BC 2
- Fercal
- Gravesac
- G 1
- 125 AA
- 5 BB
- Némadex AB
- RSB 1
- Riparia Gloire de Montpellier
- Rupestris du Lot
- SO4
- 5 C
- 8 B
- Vialla
- Autre : _____

Quel sont les cépages utilisés sur l'essai ?

- Chardonnay
- Pinot noir
- Meunier
- Pinot blanc
- Pinot gris
- Arbane
- Petit Meslier
- Autre : _____

*

Quel est le porte-greffe utilisé comme témoin ?

- 101-14 MGt
- 110 R
- 1103 P
- 140 Ru
- 1447 P
- 161-9 C
- 1616 C
- 196-17 Cl
- 216-3 Cl
- 3309 C
- 333 EM
- 34 EM

- 333 EM
- 34 EM
- 4010 Cl
- 41 B MGt
- 420 A MGt
- 44-53 M
- 99 R
- BC 2
- Fercal
- Gravesac
- G 1
- 125 AA
- 5 BB
- Némadex AB
- RSB 1
- Riparia Gloire de Montpellier
- Rupestris du Lot
- S04
- 5 C
- 8 B
- Vialla
- Autre : _____

*

En quelle année a été planté l'essai ?

Votre réponse _____

*

Combien d'années de suivi avez-vous effectué ?

Votre réponse _____

*

Combien avez-vous de répétitions pour chaque modalité ?

Votre réponse _____

*

Quelle est la superficie de l'essai ? (en ares)

Votre réponse _____

Dans quelle commune se trouve la parcelle ? *

Votre réponse _____

*

Dans quelle commune se trouve la parcelle ? *

Votre réponse _____

Quelles sont les variables que vous étudiez ? *

- Contrainte hydrique
- Maturité
- Expression végétative, vigueur
- Phénologie
- Composantes du rendement
- Carences
- Maladies
- Mortalité/survie
- Autre : _____

Retour

Suivant

Effacer le formulaire

N'envoyez jamais de mots de passe via Google Forms.

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google. [Signaler un cas d'utilisation abusive](#) - [Conditions d'utilisation](#) - [Règles de confidentialité](#)

Contact

Acceptez-vous que nous vous recontactions pour collecter vos données et que celles-ci soient intégrées dans une base de données nationale ? *

- Oui
- Non

Critères importants pour le choix d'un porte-greffe

Selon-vous, quels sont les critères les plus importants pour le choix d'un porte-greffe ?

	Premier critère	Deuxième critère	Troisième critère
Résistance à la sécheresse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Résistance au court-noué	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Résistance à la chlorose	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Allongement du cycle de la vigne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forte vigueur conférée	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Résistance au phylloxéra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Retour

Envoyer

Effacer le formulaire

N'envoyez jamais de mots de passe via Google Forms.

Ce contenu est ni rédigé, ni contenu par Google. Signalez un cas d'utilisation abusive. Conditions d'utilisation

RESUME

Lorsque l'on se plonge dans l'histoire de la Champagne, on se rend compte des travaux considérables faits menés des porte-greffes, juste après la crise phylloxérique. Puis, une longue période s'est passée sans recherche de nouveauté. Aujourd'hui, le changement climatique relance l'intérêt pour les porte-greffes. Ainsi, le projet PGvigne.net a pour objectif d'élargir la gamme de porte-greffes inscrits au catalogue français et de mieux connaître les porte-greffes déjà autorisés. Dans le cadre de ce projet, les résultats des essais menés ont été intégrés à une base de données sur Silex Viti-Oeno pour permettre une analyse globale des caractères des porte-greffes. L'objectif de cette base de données est de centraliser toutes les données des essais menés en France pour mieux connaître les porte-greffes inscrits au catalogue. Pour rechercher de nouveaux porte-greffes, le Comité Champagne a mis en place une parcelle de VATE pour évaluer les caractéristiques de plusieurs porte-greffes. Actuellement, la parcelle permet de tester les porte-greffes 333 EM, 775 P et Georgikon 28. Cette parcelle a été plantée en 2019. Le suivi se fait sur l'année 2023. Cette évaluation se fait par le suivi du cycle de la vigne, des maladies, des caractères conférés au greffon et des composantes de rendement. Un questionnaire a été réalisé pour mieux connaître les attentes des viticulteurs et leurs essais sur les porte-greffes. Cela va permettre d'orienter le choix des futures expérimentations à mettre en œuvre dans vignoble champenois.

Mots clés : porte-greffe, Champagne, changement climatique, innovation variétale, phylloxéra, chlorose

Pour citer ce document : Gelb, Herrade, 2023. L'innovation variétale des porte-greffes en Champagne : historique, projets en cours et perspectives. Mémoire d'Ingénieur Agronome, Viticulture-Cœnologie, L'Institut Agro Montpellier. 55 p.

Abstract

Title : Rootstock varieties innovation in Champagne : history, ongoing experiments and prospects.

When you immerse into the Champagne history, you realize the considerable work carried out on rootstocks, just after the phylloxera crisis. Then, a long period passed without any research for anything new. Today, climate change is reigniting interest in rootstocks. Thus, the PGvigne.net project's goals are to increase the number of rootstock allowed in France and to increase knowledge of the rootstock currently used. As part of this project, a database has been created to gather the results of different experiments. This database was made to gain better knowledge of the rootstock currently allowed. To find new rootstock suitable for Champagne and for France, the Comité Champagne has planted a plot with three rootstock : 333 EM, 775 P and Georgikon 28. In 2023 these rootstock are being evaluated for the first year in the final stage of french selection, VATE. Other rootstock are going to be evaluated later. The features studied are : phenology, diseases susceptibility, yield and vigor. A form has also been created to understand winegrower's expectations and to learn about their rootstock experiments. This will help guide the choice of future experiments to be planted in the Champagne vineyards.

Key words : rootstock, Champagne, climate change, varietal innovation, phylloxera, chlorosis