



**HAL**  
open science

# Caractérisation et comparaison des parcelles de Vermentinu du domaine Sant' Armettu. Dans un objectif d'élaboration d'un vin blanc de qualité supérieure

Marie-Sophie Mathiot

► **To cite this version:**

Marie-Sophie Mathiot. Caractérisation et comparaison des parcelles de Vermentinu du domaine Sant' Armettu. Dans un objectif d'élaboration d'un vin blanc de qualité supérieure. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04508834

**HAL Id: dumas-04508834**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04508834v1>**

Submitted on 18 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'ÉTUDE

Présenté pour l'obtention du Master Sciences de la Vigne et du Vin  
Parcours Vigne et vin

## Caractérisation et comparaison des parcelles de Vermentinu du domaine Sant' Armettu

*Dans un objectif d'élaboration d'un vin blanc de qualité supérieure*



par Marie-Sophie Mathiot

Année de soutenance : 2023

Mémoire préparé sous la direction de :  
Aurélie Roland et Anne Pellegrino

Organisme d'accueil : Domaine viticole de Sant'  
Armettu

 L'INSTITUT  
agro Montpellier

 CHAMBRES  
D'AGRICULTURE  
CORSE

Maître de stage : Guillaume Seroin

Présenté le : 07 novembre 2023

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier l'ensemble de l'équipe de m'avoir accueillie et accompagnée tous au long de cette alternance. Ils m'ont été d'une aide précieuse et essentielle pour progresser à la fois en vigne et à la cave sur mes expérimentations.

Je tiens tout particulièrement à remercier mon maître de stage et vigneron, Guillaume Seroin et le maître de chai du domaine, Roman Vaz pour leurs conseils, leurs relectures et leurs avis pointus et pertinents.

Un grand merci à Gilles Seroin, responsable du domaine, pour sa bienveillance et la philosophie de travail qu'il m'a transmise.

C'est naturellement que je remercie mes tuteurs pédagogiques Aurélie Roland et Anne Pellegrino pour leur soutien technique et méthodologique tout au long de mon projet.

Enfin je remercie Matthieu Lorenzo qui m'a accompagné quotidiennement dans la rédaction de mon mémoire mais également sur le terrain, parfois à contrecœur.

Enfin Je remercie toutes ces belles rencontres pour les moments passés, merci de m'avoir fait découvrir le vignoble corse, sa richesse ampélographique et culturelle, en espérant qu'il ne s'agisse que du début d'une longue histoire avec cette île !

**RÉSUMÉ** : La notion de terroir repose principalement sur trois composantes de l'environnement qui sont le sol/sous-sol, le climat et le paysage. L'étude de ces composantes à l'échelle de la parcelle et de leurs conséquences sur le comportement de la vigne et la qualité du produit fini permettent une meilleure compréhension du vignoble et de ses terroirs. La Corse-du-Sud présente une grande diversité de « terroirs » expliquée principalement par son histoire géologique, sa situation insulaire et ses reliefs très importants responsable d'une diversité impressionnante de climats et sols. Le domaine Sant'Armettu (appellation Sartène) en est une parfaite illustration : il possède deux zones d'exploitation distantes de 15km dont il souhaite approfondir les connaissances dans l'optique d'optimiser la qualité de ses vins blancs 100% Vermentinu. Cette étude vise donc à caractériser et comparer le potentiel qualitatif de trois parcelles de Vermentinu, implantées sur deux sites géographiques différents, les communes d'Olmeto et de Tizzano. Pour cela une première étude bibliographique nous éclaire sur les notions utiles au sujet et décrit les méthodes employées. Nous poursuivons par une étude des composantes du terroir et des facteurs physiques d'influence (étude climatique, étude topographique, étude pédologique...) afin de mieux cerner le millésime 2023 et comprendre les réponses de la vigne. Nous poursuivons donc par l'étude du comportement de la vigne en réponse à ces facteurs en identifiant des indicateurs physiologiques essentiels : le statut hydrique, l'alimentation azotée, la vigueur et la maturité. Finalement une analyse sensorielle sur produit fini aurait permis de comprendre les conséquences sur la qualité du vin et de proposer des pistes d'amélioration pour maximiser la qualité de leurs vins.

*Mots clés: terroir, corse, vermentinu, potentiel qualitatif, millésime 2023, statut hydrique, alimentation azoté, vigueur, maturité.*

**ABSTRACT** : The notion of terroir is mainly based on 3 factors of the environment which are the soil/subsoil, the climate and the landscape. The study of those factors at plot scale and their effects on vine behaviour and final product quality give us a better understanding of the vineyard and its terroirs. The department of Corse-du-Sud has a large diversity of "terroirs" mainly explained by its geological history, its island situation and its huge landforms responsible for an impressive diversity of climates and soils. The Sant'Armettu winery (Sartène designation) is a perfect representation of this diversity : it is composed by 2 different productivity zones 15km apart, of which the owners would like to improve their knowledge in order to optimize their white wines 100% Vermentinu quality. This study aims to characterize and compare the quality potential of 3 Vermentinu plots, on 2 different locations, in the townships of Olmeto and Tizzano. First, a bibliographical study lightens us on useful notions relative to our subject and describes the methods used. Then, studies of the terroir parameters and the physical factors of influence (climate study, topographical study, soil study...) with the intention of getting a better appreciation of the 2023 vintage and understanding the vines responses will be presented. After that, we will conduct a study of vine behaviour in response to those factors by indentifying essential physiological indicators : water status, nitrogen nutrition, strength, ripeness. To finish, a sensory analysis on the final product would have allowed us to understand the consequences on wine quality and to suggest improvement trails to maximize their wine quality.

*Key words: terroir, corse, vermentinu, quality potential, 2023 vintage, water status, nitrogen nutrition, strength, , Corse*

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	
RÉSUMÉ.....	
TABLE DES FIGURES.....	
TABLE DES TABLEAUX.....	
TABLE DES ANNEXES.....	
SYGLES ET ACRONYMES.....	
INTRODUCTION.....	1
<b>PARTIE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>3</b>
I. L'ÉTUDE DES TERROIRS VITICOLES.....	3
A. Introduction à la notion de terroir.....	3
B. La composante climat : son importance dans l'effet "terroir".....	7
C. La composante sol : son importance dans l'effet terroir.....	15
D. La composante sous-sol et son importance dans l'effet "terroir".....	19
II. ÉTUDE ÉCOPHYSIOLOGIQUE DE LA VIGNE.....	19
A. 3 variables clés : la nutrition hydrique, la nutrition azotée et la précocité du cycle de la vigne.....	19
B. Les variables du fonctionnement de la vigne.....	33
III. MATURITÉ ET PARAMÈTRES DE LA BAIE : POTENTIEL QUALITATIF.....	35
IV. VIN, PRODUIT FINI.....	37
A. Définition de la notion de qualité d'un vin.....	37
B. Le Vermentino : cépage emblématique autochtone corse.....	41
<b>PARTIE 2 : MISE EN OEUVRE EXPÉRIMENTALE.....</b>	<b>45</b>
I. PRÉSENTATION DES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	45
A. Objectif principal.....	45
B. Objectifs secondaires.....	45
C. Les hypothèses.....	45
II. MISE EN OEUVRE EXPÉRIMENTALE.....	47
A. Cartographie et zonage des parcelles d'étude.....	47
B. Étude topographique.....	47
C. Contexte géologique.....	49
D. Étude pédologique.....	49
E. Caractérisation du millésime par le suivi climatique.....	53
F. État sanitaire de la vigne.....	55
G. Étude éco-physiologique.....	55

D.	Détermination des composantes du rendement .....	63
	Croissance et maturité des baies .....	63
E.	Opérations de vinification .....	65
	Dégustation - analyse sensorielle.....	65
<b>PARTIE 3 : RÉSULTATS .....</b>		<b>67</b>
I.	ÉTUDE TOPOGRAPHIQUE ET PÉDOLOGIQUE.....	67
A.	Analyse pédologique .....	67
B.	Topographie du vignoble.....	71
II.	CARACTÉRISATION DU CLIMAT .....	73
A.	Millésime 2023.....	73
B.	Apport des indices bioclimatiques et comparaison des températures extrêmes .....	75
III.	LE COMPORTEMENT DE LA VIGNE : ÉTUDE DES RÉPONSES .....	75
A.	Stade phénologique en lien avec le millésime.....	75
B.	Statut hydrique de la vigne .....	77
C.	Nutrition azotée de la vigne.....	83
D.	Développement végétatif et productivité.....	87
IV.	ANALYSE DES COMPOSANTES DE LA BAIE .....	91
V.	VINIFICATION ET CARACTÉRISATION DES VINS.....	95
A.	Réception et vinifications .....	95
B.	Analyses physico-chimiques des vins.....	97
C.	Analyse sensorielle.....	97
VI.	TRAITEMENT STATISTIQUE .....	97
A.	Étude de l'influence des variables climatiques, géopédologiques sur l'écophysiologie de la vigne.....	97
B.	Étude de l'influence de l'écophysiologie de la vigne.....	101
<b>PARTIE IV : CONCLUSION ET DISCUSSIONS.....</b>		<b>105</b>
VII.	PERSPECTIVES ET LIMITES D'ÉTUDE .....	107
	BIBLIOGRAPHIE.....	110
	ANNEXES.....	114

## TABLE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> :	Présentation des parcelles d'étude et de leur localisation.....	4
<b>Figure 2</b> :	Notion d'unité terroir de base (Source : Gérard Barbeau, Nicolas Bottois, Etienne Goulet, René Morlat, (2008). Vers une meilleure valorisation des vins. une méthode pour caractériser les terroirs. Résultats des recherches du département INRA-SAD N°2008/28). .....	4
<b>Figure 3</b> :	impact du statut hydrique de la vigne sur son fonctionnement (Source : Revue des œnologues – Eau, vigne et vin : quels impacts / quelle résilience face au stress hydrique ?).....	20

<b>Figure 4</b> : Variation de paramètres de fonctionnement et de production suivant le déficit hydrique subit par la vigne (Source : Revue des oenologues - Eau, vigne et vin : quels impacts / quelle résilience face au stress hydrique ?).....	20
<b>Figure 5</b> : les besoins de la vigne au cours de son fonctionnement (Source : Revue des oenologues – Eau, vigne et vin : quels impacts/quelle résilience face au stress hydrique ?).....	24
<b>Figure 6</b> : exemple de l'influence potentiel d'un déficit hydrique modéré à fort sur la maturité de la baie (source personnelle).....	24
<b>Figure 7</b> : les besoins azotés de la vigne (Source : Conradie, 1980 & Gaudillère, 2004).....	26
<b>Figure 8</b> : figure bilan des étapes d'analyse terroir pour la production d'un vin fini de qualité.	44
<b>Figure 9</b> : schéma bilan .....	46
<b>Figure 10</b> <i>Évolution de la moyenne des températures et des précipitations des trente dernières années et de l'année 2023</i> .....	52
<b>Figure 11</b> : pression sanitaire Mildiou fin mai-début juin 2023 (Source : BSV Viticulture Corse, 02 Juin 2023) .....	54
<b>Figure 12</b> : évolution de la cicadelle sur les parcelles V2 et V3. ....	54
<b>Figure 13</b> : interprétation IAC (source : Chambre d'agriculture de l'Hérault, 2010).....	58
<b>Figure 14</b> : calcul de la SECV (Surface Externe du Couvert Végétal) H: hauteur de feuillage (m) ; L: largeur du feuillage (m) ; E : écartement entre rangs (m) ; P : porosité du feuillage .....	62
<b>Figure 15</b> : vinification et analyse sensorielle (source personnelle) .....	64
Figure 16 : profil géo-pédologique et coupe de la parcelle V1 (Olmeto).....	66
<b>Figure 17</b> : profil géo-pédologique et coupe des parcelles V2 et V3 (Tizzano) .....	68
<b>Figure 18</b> : exposition des placettes des parcelles de Olmeto et Tizzano.....	72
<b>Figure 19</b> : Diagramme ombrothermique de la saison 2022-2023 établi grâce aux données climatiques relevées sur place et aux données de stations météo à proximité des parcelles.....	74
<b>Figure 20</b> : Variations journalières des températures à Olmeto et Tizzano (Source : données issues du Tiny Tag).....	76
<b>Figure 21</b> : Évolution saisonnière du potentiel hydrique de base ( $\Psi_{base}$ ).Les flèches noires indiquent la date estimée du stade 50% de véraison.. Les lettres différentes signalent une différence statistique à 5 % de probabilité. Chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions .....	78
<b>Figure 22</b> : Résultats simulation bilan hydrique 2022 et 2023 .....	80
<b>Figure 23</b> : Statut hydrique de la vigne pour le millésime 2023 à partir de la simulation de bilan hydrique .....	82
<b>Figure 24</b> : détermination de la date d'arrêt de croissance des parcelles d'étude .....	84
Figure 25 : évaluation longueur des rameaux primaires des parcelles d'étude.....	86
<b>Figure 26</b> : évolution des données physiques des baies des parcelles d'étude .....	90
<b>Figure 27</b> : suivi de la quantité de sucre par baie (mg/baie) au cours de la maturation .....	92
<b>Figure 28</b> : évolution du TAV potentiel pour les parcelles d'étude (source : contrôles maturité et données laboratoire Excel .....	96
<b>Figure 29</b> : ACP des paramètres climatiques, sol et éco physiologique de la vigne – les 2 dimensions représentent 88% de l'information.....	98
<b>Figure 30</b> : ACP graphique des individus.....	100
<b>Figure 31</b> : ACP variables écophysiologicals, climatique et les variables en lien avec la qualité et le rendement de la vigne– les 2 dimensions représentent 69,9% de l'information.....	100
<b>Figure 32</b> : ACP2 graphique des individus.....	102
<b>Figure 33</b> : Représentation graphique de la classification hiérarchique ascendante des placettes en 3 classes différentes suivant un code couleur.....	106
<b>Figure 34</b> : dendogramme avec l'interface Factoshiny .....	106

## TABLE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Classes de l'indice héliothermique de Huglin (d'après Tonietto, 1999).....	14
<b>Tableau 2</b> : Classes de l'indice de fraîcheur des nuits (d'après Tonietto, 1999).....	14

<b>Tableau 3</b> : influence de facteurs sur la synthèse des métabolites secondaires de la baie .....	42
<b>Tableau 4</b> : Caractéristiques des parcelles d'étude.....	50
<b>Tableau 5</b> : valeurs seuils de potentiel hydrique foliaire de base et contrainte associée.....	56
<b>Tableau 6</b> : valeurs seuils du $\Delta C13$ et contraintes associées .....	58
<b>Tableau 7</b> : Valeurs seuils d'évaluation de la nutrition azotée de la vigne suivant les valeurs de N-tester (Source : Van Leeuwen et al, 2011). .....	60
<b>Tableau 8</b> : présentation caractéristiques géo-topographique et pédologiques des parcelles d'étude.....	70
<b>Tableau 9</b> : résultats pour les indices agroclimatiques étudiés.....	76
<b>Tableau 10</b> : Résultats stades phénologiques des parcelles d'étude.....	76
<b>Tableau 11</b> : valeurs seuils de potentiels hydriques foliaires de base et contrainte associée .....	78
<b>Tableau 12</b> : résultats potentiels foliaires de base des parcelles d'étude.....	78
<b>Tableau 13</b> : évaluation paramètres du sol des parcelles d'étude.....	84
<b>Tableau 14</b> : valeurs pour l'indice chlorophyllien (N-tester).....	84
<b>Tableau 15</b> : valeurs en azote assimilable du moût le 06 septembre.....	86
<b>Tableau 16</b> : évaluation de la surface foliaire exposée des parcelles d'étude.....	88
<b>Tableau 17</b> : les composantes du rendement : nombre de grappes par souche, poids des baies et des grappes à la vendange et rendement par mètre carré. Les lettres présentent une différence significative à 5% de probabilité.....	88
<b>Tableau 18</b> : évaluation du rapport feuille/fruit des parcelles d'étude.....	90
<b>Tableau 19</b> : Résultats analyses du dernier contrôle maturité datant du 06/09 - les lettres indiquent les groupes formés par les test Newman-Keuls au seuil alpha = 0,05.....	92
<b>Tableau 20</b> : analyse à réception des vendanges .....	94
<b>Tableau 21</b> : analyse du 06 octobre (laboratoire Excel) .....	96
<b>Tableau 22</b> : résumé par paramètre des conclusions tirées au cours de l'étude .....	108

## TABLE DES ANNEXES

<b>Annexe 1</b> : résultat des analyses pédologiques 2020.....	114
<b>Annexe 2</b> : hydromorphie, pierrosité, lithologie, pédologie des parcelles (CRVI).....	120
<b>Annexe 3</b> : Protocole d'élongation des rameaux.....	123
<b>Annexe 4</b> : protocole de vinification par parcelle.....	124

## SYGLES ET ACRONYMES

IAC : Indice d'Arrêt de Croissance  
FTSW : Fraction of Transpirable Soil Water  
ACP : Analyse en Composantes Principales  
IF : Indice de Fraîcheur des Nuits  
IH : Indice de Huglin  
UTB : Unité Terroir de Base  
TAV : Titre Alcoométrique Volumique  
RU : Réserve Utile  
MNT : Modèle Numérique de Terrain  
OIV : Organisation Internationale de la Vigne et du Vin  
%EG : % en Éléments Grossiers  
HCC : Humidité à la Capacité au Champ  
HPF : Humidité au Point de Flétrissement Permanent  
ETP : Évapotranspiration Potentielle  
SFT : Surface Foliaire Totale  
IGN : L'Institut Nationale de l'information Géographique et Forestière



## INTRODUCTION

Implantée par les Phocéens en 570 avant J-C, la viticulture sur l'île de Corse poursuit son développement jusqu'au XIXème. À la fin du XIXème siècle en plein essor, le vignoble Corse est touché comme le reste de l'Europe par le phylloxera réduisant ainsi 30 000 ha à seulement 8 500 ha en 1950 (*Terroirs de Balagne*, 2021). Ce sont les rapatriés d'Algérie, en 1961, qui relancent la viticulture corse de façon quasi industrielle et permettent l'augmentation des surfaces viticoles (jusqu'à 27 000 ha en 1976). Les pieds noirs qui arrivent sur l'île participent au développement de la vigne et à son intensification, ils se voient notamment octroyer des terres et financements au détriment des jeunes agriculteurs corses. Les cépages continentaux l'emportent alors sur les cépages insulaires privilégiant le productivisme pour répondre à une demande de consommation peu exigeante d'un point de vue qualitatif. Cependant, la période qui s'étend de 1973 à 1982 connaît des bouleversements importants avec la reconquête des cépages autochtones de l'île. Cette reconquête est assurée par la collection du domaine de Vassal sur le continent et le Domaine Comte Abbaticci (le Conseil Interprofessionnel des Vins de Corse, en ligne) supportée par des campagnes d'arrachage massives. Aujourd'hui, le vignoble Corse possède un patrimoine ampélographique riche défendu par de nombreux vigneron sur l'île. Une multitude de régions en Corse, notamment le sartenais, font le choix de la qualité et de la reconnaissance du savoir-faire des vignerons en associant leurs vins à une aire géographique déterminée.

Le domaine Sant' Armettu est un de ces domaines familiaux qui a émergé dans les années 60 et poursuit ces mêmes objectifs : il dispose d'une superficie totale de 46 hectares organisée suivant deux secteurs très distincts : 30 hectares à Tizzano (commune de Sartène) et 15,7 hectares autour du domaine, dans la vallée du Baracci (commune de Fozzano et Olmeto) (**figure 1**). La distance géographique qui les sépare permet une diversité de sols, de climats et de paysages à la base de leur zonage viticole qu'ils souhaitent valoriser.

Guillaume Seroin, le vigneron du domaine, s'intéresse notamment aux parcelles de Vermentinu de Tizzano (V2 et V3) et d'Olmeto (V1) (figure 1). Il a observé une différence de vigueur, de nature des sols et de mésoclimat entre les parcelles ; il s'interroge donc sur les origines des différences de qualité des raisins. Pour un même cépage donné son objectif principal est de sélectionner les parcelles avec un potentiel qualitatif supérieur et de comprendre l'origine des différences observées. Les questions qui se posent sont donc les suivantes :

*Existe-t-il une hétérogénéité inter-parcellaire à Tizzano et Olmeto pour la composante sol, climat et les paramètres caractérisant la notion de terroir ? Quelles sont les conséquences observées sur le comportement de la vigne, la qualité du raisin et la qualité*

*œnologique des vins obtenus ? Quels sont les principaux facteurs responsables de cette variabilité si elle existe et comment y remédier dans la mesure du possible ?*

Afin de répondre à ces objectifs, une première partie est consacrée à la compréhension de la notion de terroir, de ses interactions avec la vigne et le vin. La seconde partie permet de détailler le protocole expérimental : l'étude des composantes du terroir, du comportement de la vigne et de ses réponses face à son environnement et l'étude de la qualité finale des vins produits va permettre de répondre aux questions précédentes.

Enfin, les résultats du millésime 2023 seront présentés, afin de conclure et de discuter sur les limites de l'étude et les suggestions d'amélioration.

## I. L'ÉTUDE DES TERROIRS VITICOLES

### A. Introduction à la notion de terroir

#### Définition

La notion de terroir est complexe, il existe une large diversité de définitions suivant le point de vue et l'échelle d'étude choisie. Cette notion permet de relier les attributs sensoriels du vin aux conditions du milieu dans lesquelles la vigne évolue et le raisin est produit (van Leeuwen & Seguin, 2006). Le terroir est décrit comme : *Un écosystème **interactif**, dans un lieu donné (Seguin, 1988) dont l'expression fait intervenir un **nombre important de facteurs** (géologie, géomorphologie, sol, climat, biologie de la vigne, ...).* L'Organisation internationale de la Vigne et du Vin (OIV, 2008) propose sa définition du "terroir" en portant une attention particulière à l'originalité du vin produit dans un terroir donné et à sa valeur ajoutée : *"Un terroir est une **aire géographique unique et délimitée** pour laquelle il y a une connaissance collective des **interactions** entre l'**environnement physique et biologique** et appliquant des **pratiques viticoles spécifiques**. Cette interaction [...] crée une reconnaissance pour les produits issus de cette aire."* Teil (2011) considère le terroir comme un ***savoir collectif** [...]. Le vigneron a un rôle principal par la mise en valeur des expressions que son terroir peut offrir par sa manière et ses techniques.* Finalement nous retiendrons l'approche de Morlat (1989) qui considère qu'un terroir viticole est défini par trois composantes majeures :

- Une composante géologique faisant référence à la nature de la roche mère ;
- Une composante agro-pédologique décrivant la chaîne de sols associés ;
- Une composante paysagère informant sur les facteurs physiques (pente, altitude et exposition).

La géologie et l'agro-pédologie déterminent le **pédoclimat** (conditions de fonctionnement du système racinaire). L'agro-pédologie et le paysage caractérisent le **mésoclimat** de la parcelle (conditions de fonctionnement du système aérien de la vigne) (**figure 2**). La superposition des variables de fonctionnement racinaire et du système aérien sont à l'origine de la notion d'Unité Terroir de Base (UTB) (Barbeau, 2003a) (**figure 2**). Cette dernière développée par Riou et al. (1995) se définit comme : *" [...] un terroir viticole d'extension géographique variable, défini comme l'association des composantes **géologique, pédologique et paysagère**, et dans lequel la réponse de la vigne est considérée comme reproductible, pour un climat annuel donné."* (Jacquet & Morlat, 1997)(Huché-Thélier & Morlat, 2000).

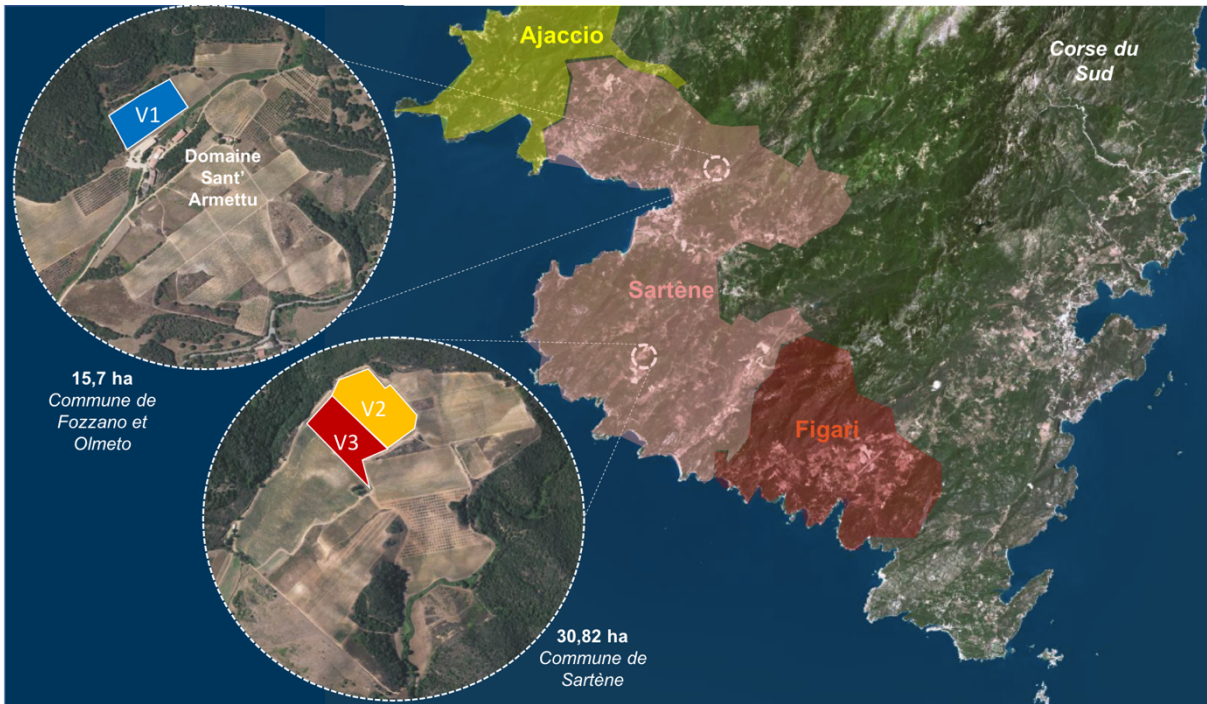


Figure 1 : Présentation des parcelles d'étude et de leur localisation

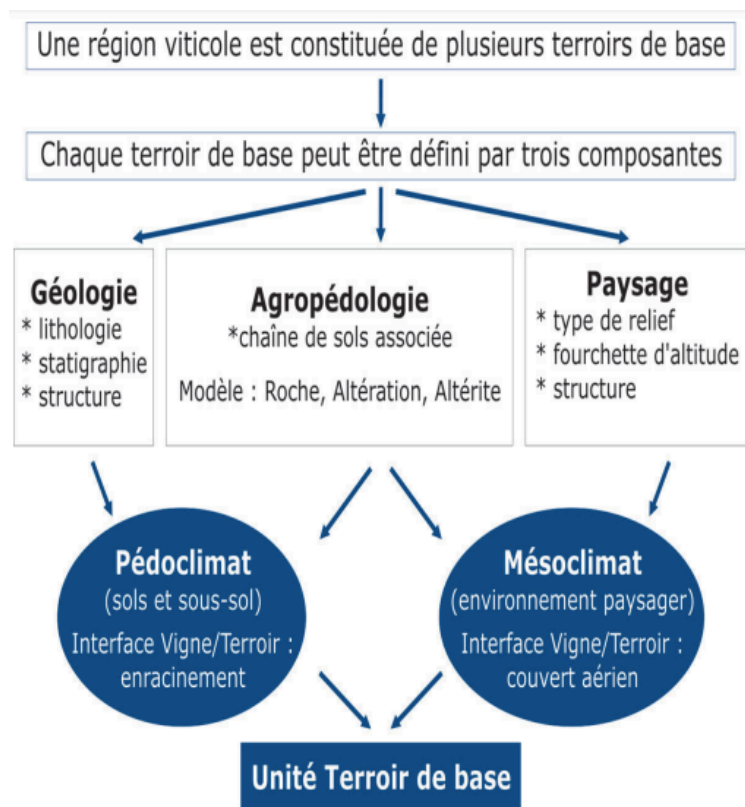


Figure 2 : Notion d'unité terroir de base (Source : Gérard Barbeau, Nicolas Bottois, Etienne Goulet, René Morlat, (2008). Vers une meilleure valorisation des vins. une méthode pour caractériser les terroirs. Résultats des recherches du département INRA-SAD N°2008/28).

Alain Deloire affirme que les variations dans le développement de la vigne et la composition de ses baies sont principalement expliquées par le statut hydrique de la vigne, dépendant principalement du sol et du climat. Ainsi la notion de “*terroir*” se traduit comme étant l’interaction entre le **mésoclimat et le sous-sol/sol**, les deux composantes structurelles principales (de Liedekerke, 2016) :

$$\text{Terroir} = \text{climat} \times \text{sol} / \text{sous-sol}$$

L’échelle de l’UTB est variable (de quelques hectares à quelques dizaines d’hectares) (Jacquet & Morlat, 1997) ; plusieurs UTB peuvent être présents sur une même parcelle. Les facteurs humains (pratiques culturales et oenologiques) sont intégrés dans certaines définitions de la notion de terroir (van Leeuwen, 2010). Le concept de terroir intègre donc deux groupes de facteurs : les facteurs naturels et les facteurs humains (Bilici et al., 2017). Lors de cette étude, nous nous baserons sur la définition de Morlat à l’échelle de l’UTB et **nous n’intégrerons pas les facteurs humains**.

#### Échelle d’étude et zonage du terroir

L’échelle pour l’étude d’un “*terroir*” peut être régionale, parcellaire ou intra-parcellaire. À l’échelle régionale le facteur dominant est le climat en interaction avec la nature du matériel végétal (cépage et porte greffe). Au sein d’une région ou commune, les principaux facteurs intervenant sont la géologie, la géomorphologie et les effets topo-climatiques associés. À l’échelle intra-parcellaire, la variabilité est principalement liée au **sol, à la profondeur d’enracinement** et à la **topographie** : ce sont des facteurs clés de variabilité de la **vigueur**, du **rendement** et de la **qualité de la vendange** au sein de la parcelle (van Leeuwen, 2010). Une des problématiques de la définition d’un terroir est donc son échelle et sa délimitation. En effet, du fait de la forte variabilité des conditions environnementales dans l’espace, le zonage de terroir peut se construire en s’appuyant sur différents paramètres d’étude (les caractéristiques climatiques, les caractéristiques du sol, les indicateurs physiologiques de la vigne, la perception des viticulteurs ...) (van Leeuwen, 2010). Une de ces méthodes de zonage est **l’étude intégrée qui s’appuie sur le concept d’UTB** : elle consiste en une étude transdisciplinaire dans laquelle la géologie, le sol et le climat sont homogènes sur une zone donnée pour assurer une réponse spécifique du comportement de la vigne et la composition de la baie. Cette méthode est pertinente car elle étudie la relation **sol x mésoclimat x plante** afin de comprendre l’influence des composantes du terroir sur le comportement de la vigne.

Si les pratiques culturales et oenologiques sont identiques, les études portent donc généralement sur le **sol**, le **climat**, la **vigne** et le **suivi analytique et sensoriels des vins** (Deloire et al., 2004).



L'effet "terroir" repose donc principalement sur les **trois composantes suivantes** : le climat, le sol et le sous-sol. Il faut aborder "l'effet terroir" suivant une approche pluridisciplinaire afin de bien comprendre comment il influence la qualité du vin (van Leeuwen, 2010). Il est pertinent d'étudier les facteurs du milieu en lien avec les composantes sol/sous-sol et climat, le comportement de la vigne à l'échelle de la parcelle et les conséquences sur la qualité du produit fini (Bonnefoy et al., 2010). Une étude de terroir permet ainsi d'exploiter l'ensemble des caractéristiques de son environnement pour exprimer au mieux toutes les qualités potentielles de son vin.

## **B. La composante climat : son importance dans l'effet "terroir"**

La composante climat a une influence majeure sur le cycle végétatif de la vigne, elle peut d'une année à l'autre "*[...] ruiner ou créer un vin exceptionnel*" (Van Leeuwen et al., 2004). Il existe différents types de climat d'un vignoble suivant l'échelle d'étude :

- Le **macroclimat** s'applique à une zone géographique étendue, il est défini par Huglin et Shneider (1998) comme : *[...] "le climat moyen d'un territoire assez vaste exigeant pour sa caractérisation des données provenant d'un certain nombre de postes météorologiques."* (Tonietto, 1999). Il peut expliquer la répartition des cépages et les types de vins (Jacquet & Morlat, 1997). Il est déterminé par la latitude et des données annuelles, il s'étend sur une longue période de temps (plus de 30 ans généralement) (van Leeuwen, 2010).
- Le **mésoclimat** est associé à une superficie appliquée variable, elle correspond généralement à des surfaces plus restreintes dans des régions viticoles avec des caractéristiques particulières (exposition, pente, altitude, ...)(Tonietto, 1999). Les données climatiques associées sont journalières. Le mésoclimat est influencé par des facteurs physiques tels que la pente, l'exposition, le vent dominant, la distance aux montagnes et l'altitude qui induisent des conditions topo-climatiques spécifiques ayant une large influence sur le développement et la qualité de la grappe (van Leeuwen, 2010).
- Le **microclimat** correspond aux conditions climatiques appliquées à une aire très réduite à l'échelle du plant de vigne. Ces données sont obtenues à l'aide d'appareils situés sur la plante (Tonietto, 1999). Les facteurs qui modifient le microclimat sont principalement la température de la canopée, l'exposition des grappes et feuilles, l'ensemble des pratiques culturales (orientation de la vigne, espaces entre lignes, cépages,...), la vigueur du pied et les caractéristiques de la surface du sol (Deloire et al., 2005).





En effet, en chauffant la surface des baies exposées, le rayonnement solaire entraîne une augmentation de la température des baies par rapport à celle de l'air : ce changement de microclimat entraîne un potentiel changement de la biochimie des baies avec une modification de l'acidité et du taux de sucre (Pillet, 2011) ou des composés aromatiques (Van Leeuwen & Seguin, 2006). Pendant une période prolongée cela peut également entraîner une brûlure sur des baies endommageant la pellicule et la qualité des raisins (Gambetta et al., 2014).

À l'échelle de l'UTB on s'intéresse donc principalement au **mésoclimat**, influencé par différents facteurs physiques tels que la **pente**, **l'altitude**, **l'exposition** et **l'orientation**.

### Les principaux facteurs physiques d'influence du mésoclimat

**L'altitude**, c'est-à-dire la localisation géographique de la parcelle, influe indirectement sur le vin par le biais de **l'exposition**, la **pente**, son **orientation** et la **distribution des sols** selon la topographie du vignoble (van Leeuwen et al., 2004). Les températures décroissent suivant l'altitude avec un gradient adiabatique moyen de -0,65 °C pour 100 mètres, en régions tempérées (Guyot, 1997) (Jacquet & Morlat, 1997). L'altitude et la configuration du terroir peuvent être un facteur limitant lorsque les températures sont trop basses ou si le vent est présent (Rouvellac, 2005).

**Les pentes et l'orientation des versants** modifient l'interception du rayonnement solaire (Godard, 1949 ; Varlet Grancher, 1975) donc la température à la surface du sol (Jacquet & Morlat, 1997). Ces différences s'accroissent en hiver entre les pentes orientées Nord et Sud. La meilleure exposition en hémisphère nord est l'exposition Sud pour une interception maximale des rayons lumineux pour des conditions de maturation favorables. Une exposition à l'Est favorise l'assèchement matinal si la parcelle est sujette à la rosée, avec une baisse d'exposition en début d'après-midi où la température est maximale, inversement pour l'exposition ouest (van Leeuwen et al., 2004). Les pentes sont notamment responsables du phénomène d'érosion qui détruit les sols par une diminution de leur profondeur au sommet et une accumulation sédimentaire en contrebas (Van Leeuwen, 2010). Les meilleures parcelles sont généralement situées à mi-pente : en haut du versant, les sols ne sont pas assez profonds et fertiles pour la mise en place correcte du système racinaire de la vigne, en bas le sol est trop riche ce qui affecte positivement la vigueur et la productivité de la vigne. Les sols en bas de pente sont également sensibles à l'engorgement en eau et le microclimat favorise les gelées printanières (Van Leeuwen, 2010).



Ces facteurs ont une action conjointe qui complexifie l'évaluation de leur poids individuel sur le mésoclimat. Le mésoclimat agit sur différents paramètres tels que la **luminosité**, la **température**, la **pluviométrie** et l'**humidité de l'air**. La température de l'air est un de ces principaux paramètres : cette variable critique représente une limite géographique viticole pour le développement et la maturation de la vigne (van Leeuwen, 2010).

### La température de l'air : principal facteur influencé par le mésoclimat

La température de l'air joue donc un rôle sur **la maturité globale des baies**, les **arômes** et **la coloration** marquée au cours de la période de maturation du raisin.

Elle impacte **les stades phénologiques de la vigne**, Christophe Riou (1994) a notamment montré l'influence positive des sommes de températures actives (supérieure à 10 °C) calculées pour certaines périodes du cycle végétatif (comme la période véraison-récolte) sur la composition des baies à la vendange donc sur les caractéristiques sensorielles du vin (Jacquet & Morlat, 1997). Les différences de températures nocturnes ont un effet plus marqué sur les caractéristiques des baies que les différences de températures de jour : il existe un effet positif de la fraîcheur des nuits, les températures nocturnes froides sont favorables à l'expression aromatique des vins (van Leeuwen, 2010). Ces propos confirment l'intérêt d'étudier **l'Indice de Fraîcheur des Nuits** pour un territoire donné. Selon Winkler (1974) des températures excessivement basses ou élevées sont responsables d'une faible coloration des baies. La température de l'air influence également **la composition de la baie** : la concentration en proline et en potassium de la grappe augmentent suivant une température croissante alors que la concentration en malate diminue. La concentration en sucre augmente jusqu'à un optimum qu'elle atteint pour des températures comprises entre 25 et 30°C. Ensuite cette concentration décroît progressivement. Les métabolites secondaires peuvent aussi être influencés par ce paramètre (la concentration en C13-norisoprénoïdes augmente pour des températures élevées et une forte luminosité, au même titre que les composés terpéniques) (van Leeuwen, 2010).

### Les indices agroclimatiques : caractérisation du mésoclimat

L'effet du climat et de la température sur le développement de la vigne peut être modélisé **par les indices agroclimatiques** (van Leeuwen, 2010). Jorge Tonietto et Alain Carbonneau ont proposé une méthode permettant de caractériser les climats viticoles, à l'échelle **macro** et **mésoclimatique**.



Cette dernière repose sur l'utilisation de trois principaux indices agroclimatiques : l'indice de Sécheresse (IS), l'indice héliothermique (IH) et l'Indice de Fraîcheur des nuits (IF). Il existe également l'indice des degrés de Winkler.

**L'indice héliothermique de Huglin** est une somme de températures moyennes et maximales supérieures à 10°C sur la saison phénologique de la vigne (1er avril au 30 septembre), elle intègre un coefficient de latitude «  $k$  ». Cet indice permet donc de prendre en compte l'amplitude thermique diurne de la zone grâce aux températures maximales ainsi que la longueur du jour et donc l'éclairement subi grâce au coefficient  $k$ . Tonietto a proposé une classification des climats viticoles à partir du calcul de l'indice d'Huglin, il obtient ainsi six classes qui caractérisent les régions viticoles des plus froides/fraîches aux plus chaudes (tableau n°1).

$$\sum_{1er\ avril}^{30\ septembre} \frac{(T - 10) + (T_x - 10)}{2} \times k$$

$T$  = température moyenne de l'air (°C)

$T_x$  = température maximale de l'air (°C)

$k$  = coefficient "longueur du jour" (variant de 1,02 à 1,06 entre 40 et 50 degrés de latitude)

**L'indice des degrés de Winkler** se calcule sur la saison phénologique de la vigne (1er avril-30 septembre), il est bien corrélé aux stades phénologiques (floraison, véraison et date de vendange) (Bonnefoy et al., 2010). La température minimale pour l'activité physiologique de la vigne est à 10°C, l'indice de Winkler calcule la somme des températures journalières au-dessus de 10°C sur la saison phénologique dans l'hémisphère nord. Ainsi une augmentation de l'indice de Winkler est synonyme d'augmentation de la somme des températures moyennes calculées responsables d'une précocité des stades phénologiques (Neethling et al., 2011).

$$\sum_{1er\ avril}^{30\ septembre} GDD = \left[ \frac{(T_x + T_N)}{2} - 10^\circ C; 0 \right]$$

$T_x$  = température maximale journalière de l'air (°C)

$T_N$  = température minimale journalière de l'air (°C)

*Tableau 1 : Classes de l'indice héliothermique de Huglin (d'après Tonietto, 1999)*

	<b>Rangs</b>	<b>Valeurs</b>	<b>Date mi floraison</b>
<b>Très chaud</b>	IH+3	$IH > 3000$	Vallée de São Francisco (Brésil)
<b>Chaud</b>	IH+2	$2400 \leq IH \leq 3000$	Malaga (Espagne), Marsala (Italie)
<b>Tempéré chaud</b>	IH+1	$2100 \leq IH \leq 2400$	Napa (USA), Montpellier (France)
<b>Tempéré</b>	IH-1	$1800 \leq IH \leq 2100$	Pau, Bordeaux (France)
<b>Frais</b>	IH-2	$1500 \leq IH \leq 1800$	Colmar, Angers (France)
<b>Très frais</b>	IH-3	$IH \leq 1500$	Québec (Canada), Londres (Angleterre)

*Tableau 2 : Classes de l'indice de fraîcheur des nuits (d'après Tonietto, 1999)*

	<b>Rangs</b>	<b>Valeurs</b>	<b>Date mi floraison</b>
<b>Nuits chaudes</b>	IF1	$IF > 18^{\circ}\text{C}$	Marsala (Italie), Nabeul (Tunisie)
<b>Nuits tempérées</b>	IF2	$14^{\circ}\text{C} < IF \leq 18^{\circ}\text{C}$	Madrid (Espagne), Montpellier (Fr)
<b>Nuits fraîches</b>	IF3	$12^{\circ}\text{C} < IF \leq 14^{\circ}\text{C}$	Porto (Portugal), Carcassonne (Fr)
<b>Nuits très fraîches</b>	IF4	$IF \leq 12^{\circ}\text{C}$	Freiburg (Allemagne), Napa (USA)

**L'Indice de fraîcheur des nuits (IF) :** « *cet indice est fondé sur les relations existantes entre des températures fraîches et la biosynthèse des composés aromatiques durant la phase de maturation, dans les 30 jours précédant la récolte* » (Vaudour, 2003). L'IF représente la température minimale moyenne du mois précédant la vendange. La classification, représentée au tableau 2, est établie selon Tonietto allant des conditions nocturnes les plus fraîches aux plus chaudes.

Ce sont principalement les conditions climatiques de l'année précédant la culture et de l'année en question qui conditionnent l'expression du terroir (Laboyrie, 2020). Les conditions climatiques du millésime sont déterminées par la **température de l'air**, le **rayonnement**, l'**humidité** et la **pluviométrie** : ces facteurs influencent la synthèse ou la dégradation des métabolites secondaires des baies, les variables en lien avec l'acidité (pH, acidité titrable, acide malique et tartrique) et le ratio sucres/acides (Laboyrie, 2020). Pour qu'un millésime soit jugé "bon" il faut respecter des conditions climatiques spécifiques suivant les stades phénologiques principaux (floraison, nouaison, véraison, maturité) : des conditions chaudes et sèches pour que la floraison et la nouaison se réalisent rapidement, l'installation d'une contrainte hydrique progressive en juillet afin que la croissance de la vigne s'arrête définitivement à la véraison (éviter la concurrence entre la croissance végétative et le développement des baies), la maturation doit être complète et les vendanges doivent se dérouler dans des conditions climatiques favorables (éviter la dégradation des métabolites du raisin et le risque de maladies) (Laboyrie, 2020). Certains considèrent l'influence des températures minimales durant la période de maturation comme étant une variable climatique déterminante (Tonietto, Carbonneau 2004). Les conditions climatiques souhaitables sont celles d'un ensoleillement intense, des températures plus basses pendant la nuit et plus élevées le jour, des pluies faibles ou même absentes aux alentours (Agouazi, 2013).

### **C. La composante sol : son importance dans l'effet terroir**

La composante sol a une influence majeure sur le cycle végétatif de la vigne. En effet, les propriétés du sol telles que sa teneur en éléments grossiers (% EG), sa texture, sa structure, son pH, sa composition minéralogique, sa réserve en eau, sa température au niveau des racines et sa profondeur influent sur le développement de la vigne et la composition finale des baies (Carey, 2011). Le sol et ses propriétés agissent principalement sur l'**alimentation en eau** et la **nutrition azotée** de la vigne (van Leeuwen et al., 2008). Il module le statut azoté de la vigne suivant sa fertilité, sa texture et la profondeur de ses racines principalement.





**La texture du sol** correspond à la concentration en particules macroscopiques de taille variable qui définissent la granulométrie du sol ; on distingue trois fractions texturales : argileuse (<2 µm), limoneuse (2-50 µm) et sableuse (50 µm à 2 mm). **La structure du sol** correspond à l'agencement de ces particules avec la matière organique. La texture et la structure du sol déterminent la capacité de rétention en eau des sols, la pénétration des racines, la température dans la zone racinaire et la susceptibilité des sols à l'engorgement (van Leeuwen, 2010). Ils influencent ainsi la **porosité du sol** via les interactions qui s'établissent entre l'humus, l'argile, le sable et le limon et par la formation de pores de taille variable. La présence de macropores, par exemple, permet d'assurer la circulation de l'eau et de l'air et l'exploration racinaire tandis que les micropores permettent de retenir l'eau disponible pour la vigne (Lebrun, 2016).

**La profondeur du sol** influence la quantité en eau disponible pour la vigne et l'exploration des racines. Elle influence donc sur sa nutrition hydrique et azotée. Dans ses travaux, Christophe Seguin montre également qu'un enracinement à une profondeur élevée est associée à une grande qualité (principalement pour les vins rouges) (van Leeuwen & Seguin, 2006). En effet, la capacité de la vigne à extraire de l'eau est dépendante de la densité et de la distribution de ses racines suivant la profondeur du sol, favorable au développement de la vigne.

**Les paramètres physico-chimiques des sols** (la densité apparente, son pH, teneurs en éléments - phosphore, magnésium, fer...) modifient le développement racinaire donc le développement végétatif de la vigne. En effet, Il existe un équilibre entre croissance aérienne et souterraine: plus la croissance racinaire est importante plus la croissance aérienne l'est également, avec un impact positif sur le vin final (Vine Roots 2018 The Institute for Grape and Wine Sciences (IGWS), Stellenbosch University). Le développement de la plante dépend du flux d'eau transpiré par son système aérien et du flux d'eau prélevé par ses racines ; le flux d'eau transpiré crée une dépression et met sous tension la sève brute depuis les feuilles jusqu'aux racines permettant le prélèvement par les racines de l'eau : cette tension est facilement mesurable par le "potentiel hydrique foliaire" (*Traité de la vigne*, 2023). Ainsi les paramètres du sols modifient l'expansion racinaire donc le développement végétatif de la vigne .

La croissance de la vigne, pour les parties aériennes et souterraines (système racinaire) est donc liée à la quantité d'eau disponible et à la teneur en eau des sols (*Traité de la vigne*, 2023). La composante sol a une forte influence de par sa profondeur et ses paramètres physico-chimiques sur la nutrition hydrique et azotée de la vigne.



## D. La composante sous-sol et son importance dans l'effet "terroir"

Il n'existe pas de consensus concernant l'influence directe de la géologie des sols sur l'expression du terroir viticole (van Leeuwen, 2010). Cependant l'histoire géologique d'une région viticole construit ses paysages, elle modifie les facteurs physiques tels que l'altitude, la pente ou encore l'exposition des parcelles (Ferretti, 2021). En effet, la pente peut favoriser l'érosion, provoquant si elle est sévère une dégradation du sol avec une diminution de la profondeur des sols en haut de la colline (avec une accumulation des sédiments en bas de colline). La géomorphologie influe donc directement sur la qualité du raisin final suivant la localisation des vignes sur cette parcelle. L'histoire géologique explique la formation des montagnes, des vallées, la formation de terrasses morphologiques, ...Il existe une grande diversité de sédiments généralement remaniés par le climat et les facteurs physiques cités précédemment. Les propriétés des sols sont donc influencées par l'histoire géologique d'une région façonnant leur structure physique et leur composition minéralogique (Ferretti, 2021).

## II. ÉTUDE ÉCOPHYSIOLOGIQUE DE LA VIGNE

D'après l'**approche écophysiologique** de Morlat, la caractérisation de l'effet terroir viticole passe par l'étude des composantes climat/sol/sous-sol et de leurs impacts sur le développement de la vigne (van Leeuwen & Chéry, 2001). Les principaux effets observés sur les comportements physiologiques et agronomiques de la vigne concernent **la précocité du cycle de la vigne**, son **statut hydrique** et **azoté**.

### A. 3 variables clés : la nutrition hydrique, la nutrition azotée et la précocité du cycle de la vigne

#### La nutrition hydrique de la vigne

##### *Influence du sol et climat sur l'alimentation hydrique de la vigne*

Ce sont les variables climatiques (pluviométrie, évapotranspiration potentielle) et les variables du sol (capacité de rétention du sol, structure et texture, porosité, profondeur du sol) qui définissent la quantité d'eau disponible dans le sol pour la plante. Ces variables définissent donc les conditions de prélèvement d'eau par la vigne et sa nutrition hydrique (van Leeuwen, 2010). Si l'on s'intéresse plus particulièrement au sol, l'eau est stockée dans sa porosité, elle dépend alors de sa **structure** et de sa **texture**, du %EG et de la profondeur d'enracinement.

Impact du statut hydrique de la vigne sur son fonctionnement

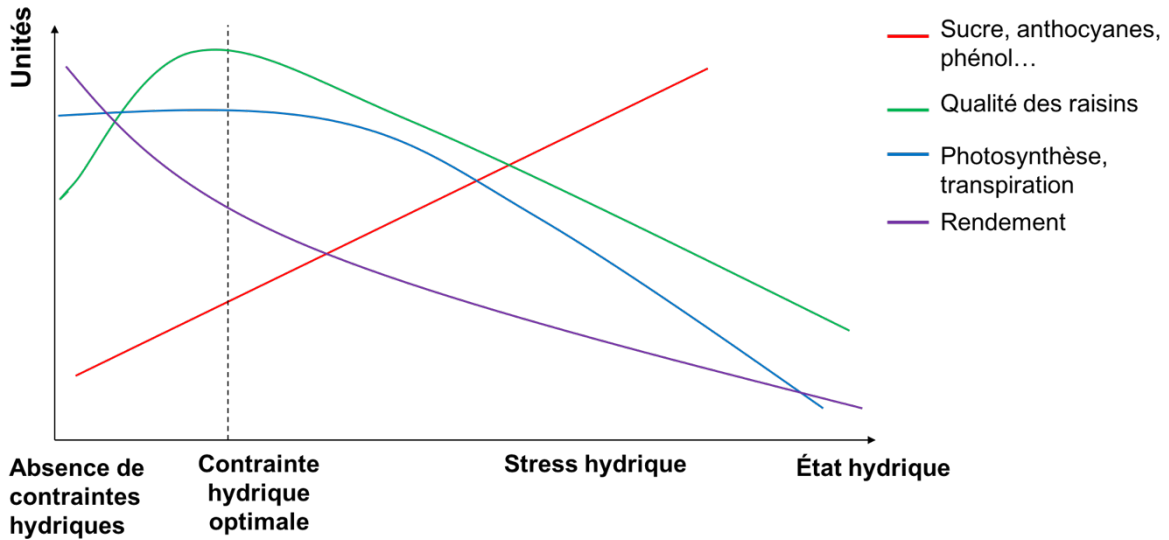


Figure 3 : impact du statut hydrique de la vigne sur son fonctionnement (Source : Revue des œnologues – Eau, vigne et vin : quels impacts / quelle résilience face au stress hydrique ?)

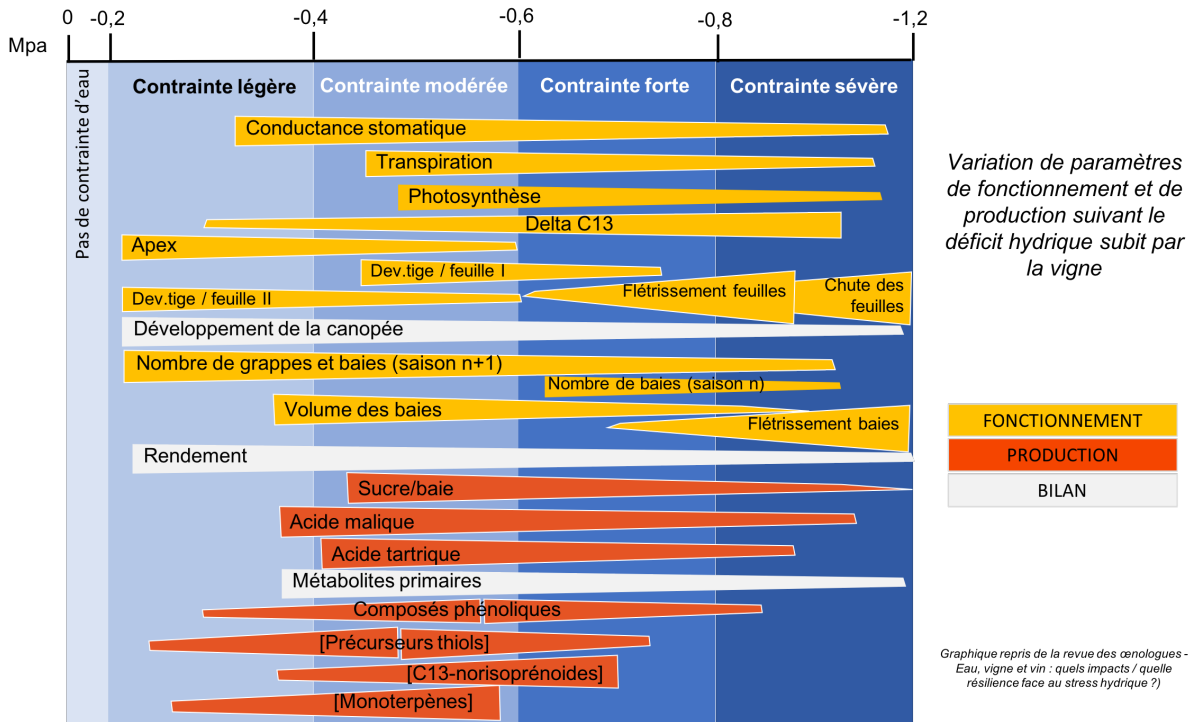


Figure 4 : Variation de paramètres de fonctionnement et de production suivant le déficit hydrique subi par la vigne (Source : Revue des œnologues - Eau, vigne et vin : quels impacts / quelle résilience face au stress hydrique ?)

Si les pores sont de taille trop faible, l'eau est liée et indisponible pour la plante et inversement, si les pores sont trop larges, l'eau s'évacue par gravité.

Les sols sableux, organisés en macropores, sont **drainants**. Ils sont capables de capter une petite quantité d'eau utilisable par la plante. Une contrainte hydrique est favorable sur des sols sableux à un développement qualitatif du raisin (van Leeuwen et al., 2004).

Les sols argileux, organisés en micropores, retiennent l'eau alors indisponible pour la plante. Les propriétés des argiles induisent des contraintes hydriques quasi permanentes, qui restent favorables à la production de vins de qualité au même titre que certains sols sableux. Les concentrations en sucres et en composés phénoliques sont plus importantes (van Leeuwen, 2010). La capacité de rétention en eau des sols est très variable allant de 50 à 350 mm (van Leeuwen, 2010). La notion associée est la réserve utile en eau du sol (notée RU), quantité maximale d'eau disponible pour la plante. Elle correspond à la différence entre la teneur en eau à la capacité au champ (CC) (teneur en eau à saturation du sol) et de la teneur en eau au point de flétrissement (PF) (teneur en eau à partir de laquelle la plante flétrit de manière irréversible) (van Leeuwen et al., 2004).

### *Impact du statut hydrique de la vigne sur son fonctionnement*

D'après le document extrait de la revue des œnologues, le statut hydrique de la vigne a un impact principalement sur les variables de fonctionnement suivantes : la **photosynthèse**, la **transpiration**, le **rendement**, le **développement de la canopée** (croissance végétative) et la **composition des raisins** (métabolites primaires et secondaires) (figure 3) (Coulon, 2012).

D'après l'article de Alain Deloire and al. (2005), l'influence des contraintes hydriques dépend de la **période d'apparition** dans le cycle de la vigne et de **l'intensité de ces contraintes**.

En effet, suivant son intensité, la contrainte hydrique peut modifier de nombreux paramètres comme le volume des baies, le nombre de baie, de grappes et leur flétrissement. Elle peut modifier le développement des tiges et feuilles ainsi que la croissance de l'apex, elle intervient également au niveau de la synthèse des métabolites primaires et secondaires (figure 4). Une **contrainte modérée à forte** semble favorable à un raisin de qualité : elle maximise la photosynthèse, la conductance stomatique, le développement végétatif primaire et l'enrichissement en métabolites comme le sucre, l'acide malique, l'acide tartrique et les composés aromatiques (précurseurs de thiols, monoterpènes, C13-norisoprénoides) (figure 4). Les conséquences des contraintes peuvent être réversibles suivant **le moment d'apparition** (figure 5) : un stress hydrique entre la floraison et la nouaison ne modifie pas les divisions cellulaires mais l'agrandissement cellulaire de manière irréversible, il peut affecter le développement végétatif, le rendement et provoquer par la suite un blocage de maturité.



En revanche, tout déficit hydrique de la **véraison à maturité** est réversible du fait de la plasticité des cellules (Deloire et al., 2005).

Lors de la période de la **véraison-maturité**, la pluviométrie influe énormément sur la qualité du millésime : Un stress hydrique modéré à fort peut entraîner une réduction voire un blocage de la photosynthèse et de la maturité. Il retarde donc le développement des rameaux secondaires affectant l'activité photosynthétique et facilitant la distribution des sucres dans les baies durant la maturation. À l'inverse, de fortes pluies diluent les composés contenus dans les raisins avec un risque de phénomènes de pourriture. **Ainsi post-véraison**, une contrainte hydrique modérée peut avoir un effet positif, principalement sur le contrôle de la croissance végétative, le volume et la composition des baies (figure 5) (Barbeau, 2008). Le volume de la baie et sa concentration en sucre est directement liée au statut hydrique de la vigne (Deloire et al., 2005).

Si l'on s'intéresse à la figure 6, on constate que généralement : un déficit hydrique modéré à fort permet d'atteindre un optimum de concentration en métabolites secondaires (essentiellement en composés phénoliques, en précurseurs de thiols, en C13-norisoprénoides et en monoterpènes). Il entraîne une accélération de la concentration en sucres dans la baie (Coulon, 2012). Ce phénomène entraîne des baies de taille réduite avec un ratio pellicule/pulpe élevé qui favorise, par diminution du phénomène de dilution, la concentration des métabolites. Il entraîne également une augmentation de la production d'acide abscissique par les racines, hormones favorables à la maturation du raisin. Ce niveau de déficit favorise également la précocité du cycle phénologique et l'arrêt de croissance des rameaux favorable à la concentration en carbohydrates disponible pour la maturation des baies (Van Leeuwen et Seguin, 1994) [(Jacquet & Morlat, 1997) (figure 5).

Ainsi, une limitation de l'alimentation en eau de la vigne induit des effets négatifs sur la maturation du raisin (limitation de la photosynthèse) et des effets positifs (production de l'acide abscissique, limitation de la compétition pour les substances carbonées par les apex en croissance, baies moins volumineuses). Si le déficit hydrique est modéré et apparaît à un moment propice, les effets positifs l'emportent sur les effets négatifs. Cependant, en cas de stress hydrique sévère, la photosynthèse se trouve trop fortement limitée et des blocages de la maturation peuvent se produire. À l'inverse, une situation hydrique non limitante entraîne une croissance végétative prolongée avec un retard et un allongement du cycle, un excès de vigueur, une augmentation du rendement et une diminution de la concentration en métabolites primaires et secondaires (sucres, acides organiques et composés phénoliques) par dilution dans les baies. (Barbeau, 2008).

Les besoins de la vigne au cours du cycle annuel : de la dormance à post-vendange

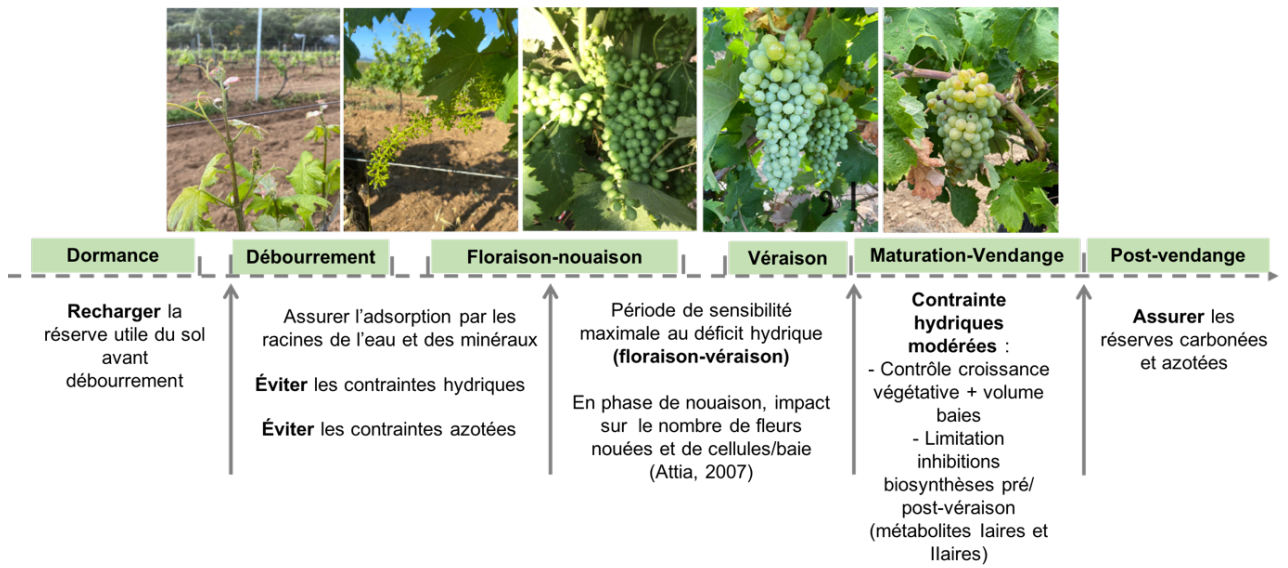


Figure 5 : les besoins de la vigne au cours de son fonctionnement (Source : Revue des œnologues – Eau, vigne et vin : quels impacts/quelle résilience face au stress hydrique ?)

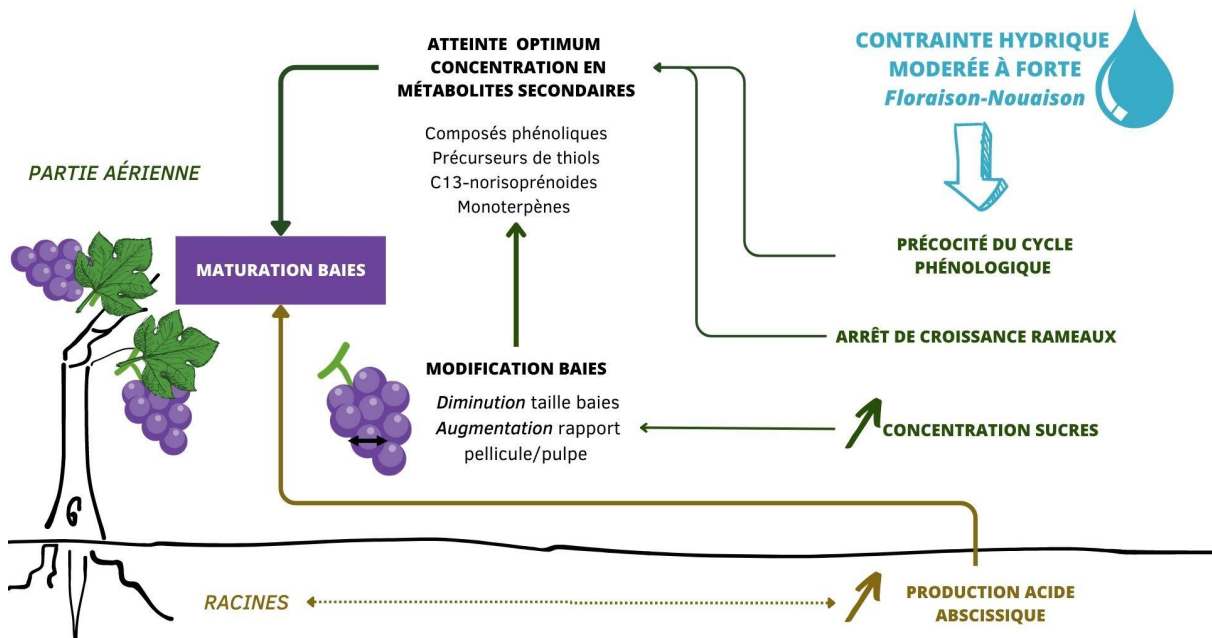


Figure 6 : exemple de l'influence potentiel d'un déficit hydrique modéré à fort sur la maturité de la baie (source personnelle)



Les indicateurs qui fournissent des informations sur le statut hydrique de la vigne sont principalement :

- **Le potentiel hydrique de base des feuilles (LWPpd)**. Il se mesure avant le lever du soleil, lorsque les stomates sont encore fermés. Le plant a un niveau de potentiel hydrique en équilibre avec celui du sol : cette mesure obtenue à partir d'une chambre à pression estime la capacité de la plante à retenir l'eau. Plus la pression est élevée, plus la contrainte hydrique est forte. Cette technique est fiable pour déterminer le statut hydrique d'une vigne en relation avec la disponibilité en eau du sol (Deloire et al., 2005);
- **L'indicateur au carbone 13** : l'air contient 98,9% de carbone 12 et 1,1% de carbone 13. Le carbone 12 est facilement incorporé par les enzymes de la photosynthèse pour la synthèse des glucides. Dans une situation de déficit hydrique, les stomates se ferment et la plante a tendance à prélever préférentiellement du carbone 13. Il est donc possible de déduire un rapport 13C/12C directement corrélé à l'intensité du déficit hydrique durant la période de maturation des grappes.
- **La méthode des apex** : l'état de croissance des vignes dépend principalement des niveaux d'alimentation hydrique et de nutrition azotée. La « *méthode des apex* » est proposée pour évaluer l'état de croissance végétative des vignes suivant le statut hydrique de la vigne. C'est une méthode de terrain, simple d'application et non destructive qui consiste à noter l'état de la zone de croissance terminale des rameaux principaux selon trois classes (Saurin et al., 2014).

La qualité du vin semble être corrélée au niveau de déficit hydrique durant la saison de croissance, il est donc important de bien comprendre à partir de quel seuil le stress hydrique est défavorable à la qualité du raisin (van Leeuwen, 2010).

---

### La nutrition azotée de la vigne

L'azote est un des éléments les plus impactant pour le développement végétatif et reproducteur de la vigne, sa vigueur et la composition du raisin. Ses besoins sont faibles, de l'ordre de **20 à 70 kg** par an par hectare, suivant la vigueur et le rendement. Généralement, la minéralisation de la matière organique des sols en azote ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) permet de répondre à ses besoins sans apport de fertilisation azotée spécifique nécessaire.

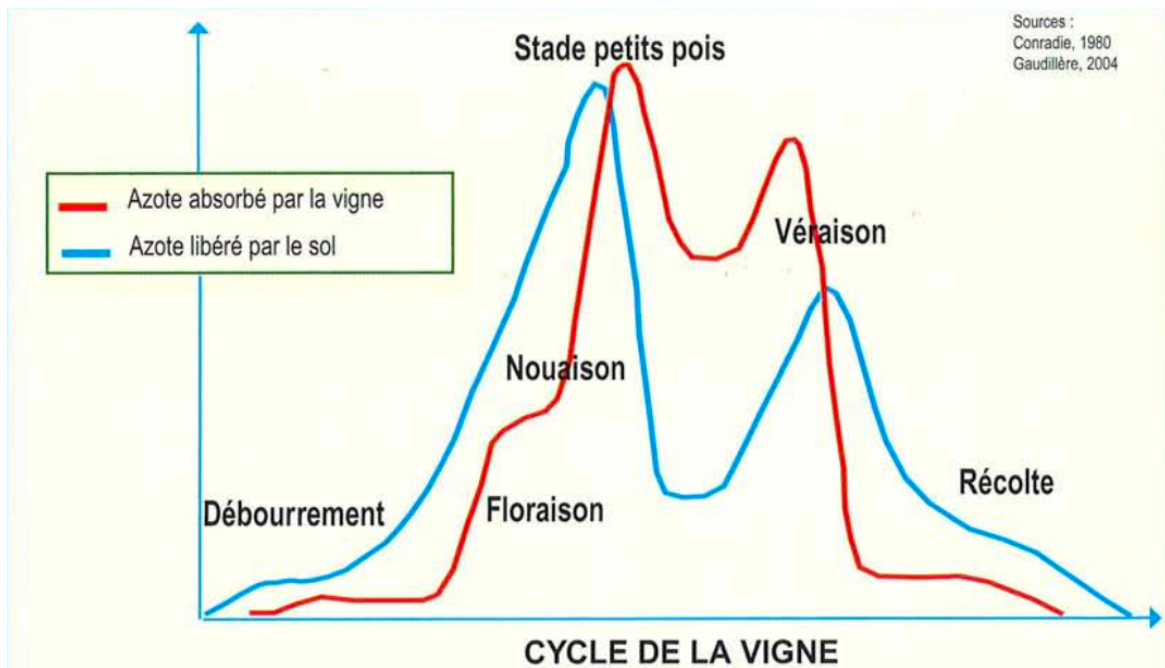


Figure 7: les besoins azotés de la vigne (Source : Conradie, 1980 & Gaudillère, 2004)

La **matière organique** (MO) du sol subit des transformations biologiques résultant de l'action des micro-organismes du sol, l'azote minéral libéré sous forme de  $\text{NH}_4^+$  est transformé en  $\text{NO}_3^-$  par les bactéries nitrifiantes du sol puis absorbée par la vigne. Des paramètres physiques influent sur ce processus de minéralisation et sur la disponibilité en azote minéral pour la plante : un faible facteur C/N de la MO du sol, le pH, la température, la teneur en eau du sol, son aération, la pluviométrie et l'humidité du sol proche de la capacité au champ entraînant une richesse microbiologique (van Leeuwen, 2010).

### *Impact de l'azote sur la vigne et la composition du raisin*

Les besoins de la vigne évoluent au cours de son cycle phénologique (figure 7). Bell et Henschke en 2005 ont décrit l'effet de la nutrition azotée sur le développement de la vigne et la composition de la baie. Une carence azotée chez la vigne est généralement causée par un **déficit d'azote dans le sol** et/ou un **stress hydrique empêchant l'assimilation de l'azote** au niveau racinaire.

Une carence modérée en azote peut être bénéfique, elle entraîne une diminution de la croissance végétative de vigne accompagnée d'une diminution de la croissance des surfaces foliaires primaires et secondaires et par la suite des rendements (Celette, 2007).

Une faible teneur azotée de la vigne peut se traduire par une faible concentration des formes d'azote assimilable dans le moûts pouvant entraîner des arrêts ou ralentissement de fermentescibilité du moût. Un taux d'azote assimilable (YAN) inférieur à **140 mg/L** est jugé insuffisant, il peut favoriser la production des composés soufrés indésirables, une diminution de la synthèse des esters au profit d'alcools supérieurs et des acides gras volatils à longues chaînes carbonées. Il peut être responsable d'une faible concentration en acide malique et un pH élevé donnant des petites baies avec une faible vigueur de la vigne (Reynard et al., 2011).

Si l'apport en azote est **excessif**, les surfaces foliaires (principalement secondaires) augmentent avec un faible impact sur les rameaux (Celette, 2007). La photosynthèse, le rendement et la vigueur de la vigne augmentent : le microclimat des baies est alors modifié par l'entassement du feuillage entraînant une diminution du rayonnement reçue par les organes et de la température. Cette diminution de rayonnement est responsable d'une baisse de la concentration en terpènes et phénols totaux. La diminution de la température entraîne une augmentation de l'acidité titrable et une diminution du pH qui peut s'accompagner d'un ralentissement de la maturation. Ce ralentissement peut aboutir à une maturité phénolique insuffisante à la récolte.

*L'azote joue un rôle clé dans la vigueur de la vigne, le développement de sa canopée et le microclimat de ses baies.*



L'azote semble avoir une conséquence sur le potentiel aromatique de certains vins : pour les vins blancs, une faible disponibilité en azote entraîne une diminution du potentiel aromatique du Sauvignon par une réduction de la concentration des précurseurs aromatiques de thiols (van Leeuwen, 2010). De plus, les grappes qui ont été soumises à de faibles concentration en azote possèdent moins de glutathion ce qui limite le potentiel de vieillissement des vins.

### *Méthodes d'évaluation statut azoté de la vigne*

Différents indicateurs permettent d'évaluer le statut azoté de la vigne suivant trois types d'approche principales : l'analyse de sol, l'analyse d'organes de la vigne ou les capteurs optiques. **La mesure de l'azote assimilable** du moût est facile et robuste, il s'agit donc d'un indicateur de choix. Néanmoins sa valeur varie suivant le cépage et le rendement. La mesure d'indices par des appareils optiques comme le **N-tester** est simple d'utilisation et donne des valeurs de mesures instantanées. L'idéal est de croiser plusieurs indicateurs (par exemple azote assimilable du moût à maturité et mesure de l'indice N-tester à mi-véraison). La spatialisation du statut azoté (à l'échelle parcellaire ou intra-parcellaire) est intéressante, elle permet d'établir un lien entre le type de sol et la disponibilité en azote. Si le N-tester est assez performant pour différencier le statut azoté entre parcelles d'un même cépage, au même moment, il est difficile d'interpréter ces valeurs. Ces valeurs mesurées évoluent au cours de la saison et suivant le cépage (les valeurs sont sans unité) (van Leeuwen & Friant, 2011). Il est pertinent de s'intéresser aux relations entre l'indice obtenu et les concentrations réelles en nutriments et en chlorophylles. L'indice obtenu est bien corrélé à la teneur en chlorophylle totale des feuilles, au taux de photosynthèse (stade fermeture des grappes, début de véraison) et à la teneur en azote des feuilles.

### La précocité du cycle de la vigne

#### *Influence du sol et climat sur la précocité du cycle de la vigne*

La précocité du cycle de la vigne se traduit par une avancée des stades phénologiques et de la mise en place des surfaces foliaires. La précocité du cycle dépend principalement du climat : elle est très influencée par la **température de l'air, la pluviométrie** et donc par la **disponibilité en eau du sol**.

En effet, la température moyenne de l'air doit être de 10°C pour déclencher le débourrement (Cadet, 2005).

La contrainte hydrique est un facteur important de précocité en lien avec la disponibilité en eau dans le sol.



Le régime hydrique de la vigne définit principalement la **vitesse de maturité** : un déficit hydrique est favorable à une maturation rapide par limitation de la taille des baies et réduction de la compétition carbonée entre baies et apex ((van Leeuwen et al., 2003).

La précocité du cycle de la vigne est également corrélée à l'environnement paysager qui définit un climat local spécifique (mésoclimat) : elle est influencée par l'exposition de la parcelle et les autres facteurs physiques modifiant le mésoclimat (pente et altitude principalement). Les expositions sud-est, sud et sud-ouest sont favorables à un débourrement précoce et une véraison précoce (Coulon, 2012).

Avec le dérèglement climatique actuel, il est observé un important décalage de la phénologie de la vigne. La véraison est alors plus précoce, avec un avancement de la phase de maturation des baies vers des périodes plus chaudes. Les dynamiques d'accumulation des sucres sont modifiées avec des températures plus élevées accélérant la dégradation de l'acide malique et modifiant la composition aromatique de la baie ainsi que la typicité du vin produit (Blackford et al., 2019).

### *Impact de la précocité du cycle de la vigne sur son fonctionnement*

La précocité joue un rôle important sur la qualité de la vendange, en particulier sur les **teneurs en sucres** et en **acide malique**. L'acide malique et l'acide tartrique sont deux acides organiques à l'origine de 90% de l'acidité titrable. Ils participent notamment à la constitution, à la stabilité et aux qualités organoleptiques des vins (Barbeau, 2022). Les terroirs précoces présentent une **concentration moindre en malique**, cet acide est également sensible aux températures avec une dégradation d'autant plus rapide que la température est élevée.

**La précocité à la floraison** est souvent synonyme de mise en place de la surface foliaire primaire plus précoce, et donc d'une plus grande efficacité photosynthétique (Barbeau, 2022).

**La précocité à la véraison** détermine la teneur en sucres et dans une moindre mesure le niveau d'acidité des baies à la récolte. Une précocité élevée est souvent corrélée avec une bonne qualité de moût : un débourrement tardif se traduit par une acidité titrable élevée et une faible teneur en sucre, une floraison précoce par un faible taux d'acide malique et une teneur en sucre élevée.

Cependant les effets du réchauffement climatique en lien avec l'augmentation des températures de l'air s'observent sur la précocité de la vigne. Des travaux menés en Bourgogne mettent en évidence une précocité plus marquée vers la maturité avec un raccourcissement de la période entre le débourrement et la date des vendanges (Madelin et al., 2010).





## B. Les variables du fonctionnement de la vigne

L'objectif est de comparer l'influence des trois variables étudiées précédemment sur la dynamique de croissance de la vigne. Ainsi la nutrition hydrique, azotée et la précocité de la vigne ont un impact sur des variables de fonctionnement tels que le **rendement** et le **développement de la canopée** : les paramètres utilisés pour caractériser ces variables sont la **vigueur** et **l'expression végétative**. Ces derniers sont souvent utilisés pour comparer des parcelles de situations géographiques, hydriques et azotées différentes (Cadet, 2005).

### *La vigueur*

**La vigueur** a été différenciée de l'expression végétative par Champagnol (1984). Elle correspond au ratio entre expression végétative et le nombre de bourgeons (une souche avec une forte expression végétative n'est pas forcément vigoureuse) (Couderc, 2015). Elle est principalement dépendante des conditions d'alimentation en eau et du système racinaire, elle peut être en partie compensée par les pratiques viticoles et œnologiques (Coulon, 2012).

**Les effets d'une forte vigueur** sont : une forte activité métabolique et méristématique, une augmentation de la vitesse de croissance des rameaux, un retard des stades phénologiques de la vigne (retard à la véraison et de maturation défavorable à la qualité du raisin), une initiation florale augmentée et une entrée en croissance d'un plus grand nombre de bourgeons (Couderc, 2015). Les souches vigoureuses présentent donc une surface foliaire importante causée par une croissance végétative poussée. Cela peut entraîner un tassement de la végétation défavorable au micro-climat (humidité et manque d'éclairement) (Trégoat et al., 2001). Elles débourrent plus tardivement et continuent à développer leur surface foliaire parallèlement à l'alimentation des jeunes baies. Il en résulte une forte concurrence entre croissance foliaire et alimentation des baies avec l'apparition de phénomènes de coulures, et des baies moins riches en sucres, plus acides,...(Barbeau, 2008). Cette forte vigueur est généralement causée par une alimentation en eau non limitante. Les rendements sont alors supérieurs en absence de contrainte hydrique et les concentrations en métabolites primaires et secondaires (sucre, acides aminés, composés phénoliques de la baie) sont plus faibles du fait du phénomène de dilution dans les baies.

**Une faible vigueur** se traduit par une meilleure efficacité de la photosynthèse, une meilleure alimentation des baies, un meilleur état sanitaire de la plante et de la récolte et une précocité de la maturation. En effet, les ceps avec une faible surface foliaire primaire consacrent leur énergie à l'alimentation des jeunes baies. La vigueur de la vigne est utilisée pour caractériser sa croissance écophysologique (Coulon, 2012).



Afin d'évaluer cette vigueur, il existe différentes méthodes directes ou indirectes : les capteurs NDVI (technique répandue en viticulture de précision), la mesure de la surface foliaire totale ou exposée (SFt ou SFe) et la mesure du ratio SFep et poids de récolte. Le rapport entre la SFe et le rendement (la quantité de fruit) est étroitement lié au potentiel œnologique du raisin (Trégoat et al., 2001). Pour estimer rapidement la SFep il est possible de mesurer la surface exposée du couvert végétal (SECV) par la mesure des hauteurs de végétation, de son épaisseur et de la distance entre les rangs. D'après le Traité de la vigne, au cours du développement de la vigne afin de rendre compte de la vigueur des organes végétatifs de la vigne la mesure de la surface foliaire exposée potentielle (SFep) et à la vendange du rapport SFep/P permettent de rendre compte de l'équilibre de la vigne. Le rapport SFE/P correspond à l'indice *secv/prr* proposé par Thierry Dufourcq.

Cet indice semble avoir une influence sur la teneur en alcool finale du vin produit, son augmentation semble favoriser l'augmentation du TAV (Dufourcq, 2018). La relation entre cet indice et les indicateurs de qualité du moût est également influencée par l'alimentation hydrique de la vigne (Dufourcq et al., 2005).

### III. MATURITÉ ET PARAMÈTRES DE LA BAIE : POTENTIEL QUALITATIF

La qualité du raisin produit définit la qualité du vin : il est donc nécessaire d'étudier les **paramètres biochimiques de la baie** et d'établir les liens existants avec les **variables du fonctionnement de la vigne** et les **composantes du terroir**, l'objectif étant de comprendre le lien *effet "terroir"-vigne-vin*. Les paramètres biochimiques de la baie sont influencés par différents facteurs :

- La **date de vendange** qui doit être optimale pour le vin recherché (maturité de la baie) ;
- Le **statut hydrique** et **azoté** de la vigne (l'eau gouverne le volume du fruit) ;
- Le **microclimat** de la baie (température et humidité) ;
- Le **chargement en sucre de la baie** et la **précocité du cycle de la vigne**.

La date de vendange est en lien avec la maturité de la baie donc avec son développement. Cette phase de maturation du raisin est un processus physiologique qui aboutit à la constitution de son état physique et biochimique. Il est donc important de contrôler la maturation du raisin pour obtenir un raisin de qualité puis un vin de qualité. Les principaux paramètres à contrôler sont :

- **L'évolution des métabolites primaires**, principalement les sucres (glucose et fructose) et les acides organiques (acide malique et acide tartrique) ;
- **Les métabolites secondaires** (arômes, précurseurs d'arômes et composés phénoliques).



**Les sucres** sont les premiers composés informant sur la maturation à partir de la véraison. Le suivi en cinétique du chargement en sucre de la baie est un indicateur de fonctionnement de la vigne et des relations source-puits : il permet de connaître le passage de la maturation à maturité et de définir une date de vendange suivant le style de vin souhaité. Il s'obtient par mesure de la masse fraîche de la baie et le dosage des sucres (*Traité de la vigne*, 2023) (p 569).

Idem que pour les sucres, **l'évolution de l'acidité totale** et du **pH** donne une information sur la maturité globale du raisin. Pour la maturité technologique du raisin, l'étude du tartrique et du malique est pertinente. L'évolution de l'acide malique donne des informations indirectes sur le microclimat de la baie.

Il est important de suivre l'évolution de métabolites au cours de la phase de développement de la baie et d'interpréter ces données biochimique en relation avec la vigueur, le stress hydrique (sa période d'occurrence, sa durée et intensité), la nutrition azotée et les autres variables de fonctionnement de la vigne (Deloire et al., 2005).

**Les métabolites secondaires** sont également dépendants des facteurs environnementaux. La plupart des arômes sont présents dans le raisin sous forme de précurseurs ; le métabolisme levurien révèle une grande partie de ces composés aromatiques retrouvés dans le vin. D'après l'ouvrage de Reynolds (2010), comme pour les métabolites primaires, les composants aromatiques peuvent être extrêmement affectés par les conditions de développement de la vigne tels que le microclimat de la baie (température, humidité), la nutrition hydrique et azotée de la vigne (précurseurs de thiols),...

Ainsi, le suivi de la dynamique de maturation des baies et l'analyse de leurs qualités permet une sélection d'une date de vendange optimale pour l'obtention d'un vin de qualité. Les paramètres biochimiques de la baie (métabolites primaires et secondaires) varient suivant le fonctionnement et le développement de la vigne. Ce dernier est influencé par les facteurs environnementaux caractéristiques de l'effet terroir.

## **IV. VIN, PRODUIT FINI**

### **A. Définition de la notion de qualité d'un vin**

La composition aromatique et chimique des baies construit la qualité d'un vin. Les arômes du vin se composent de plusieurs centaines de composés volatiles à des gammes de concentrations variant de quelques mg/L à quelques ng/L.



Ils sont très complexes à étudier du fait de la diversité des mécanismes à l'origine de leur synthèse : le **métabolisme** de la grappe (dépendant du cépage, du climat, du sol et des pratiques culturales), les **phénomènes biochimiques** (oxydation, hydrolyse ayant lieu principalement avant la fermentation), les **métabolismes fermentaires** et **post-fermentaires** (lié au vieillissement) (Conde et al., 2006).

La définition de « la qualité » est complexe, la qualité perçue d'un vin est souvent variable entre les dégustateurs suivant leur expérience, leur niveau d'expertise et leurs projets pour le produit (Charters and Pettigrew, 2006; Hopfer and Heymann, 2014) (Laboyrie, 2020). Jackson (2016), décrit la qualité *comme « la propriété d'un vin développant une complexité, une harmonie et une subtilité aromatique, révélant une personnalité propre et un bouquet de vieillissement »* (Laboyrie, 2020). Selon le (*Traité de la vigne*, 2023) (p 577), la qualité correspondant à l'adéquation de **la composition du raisin** et la **typicité recherchée**. Elle comprend différents sens :

- la valeur organoleptique c'est-à-dire la composition optimale ;
- la valeur sanitaire liée à l'obtention de raisins sains ;
- la valeur santé humaine reposant sur l'absence de composés toxiques.

**L'analyse chimique** est donc l'unique méthode objective d'évaluation de la qualité des vins grâce à l'étude des composés aromatiques et des propriétés physico-chimiques des vins. La dégustation est une étape déterminante mais qui reste subjective (Cadet, 2005). En réalité, peu d'études ont été publiées sur l'influence des paramètres environnementaux sur le potentiel qualitatif des cépages blancs. Les vins blancs sont très dépendants du **potentiel aromatique variétal des baies** dont ils sont issus. Certains arômes sont directement extraits au cours de la vinification, d'autres nécessitent une transformation pour hydrolyser les ponts glycosidiques.

### La composante aromatique comme gage de qualité

La qualité d'un vin est liée à l'équilibre des métabolites primaires et donc à sa composante aromatique. La composition aromatique et la concentration en composants aromatiques variétaux et fermentaires (thiols, terpènes, groupe « norisoprénoides ») sont influencés par les variables de fonctionnement et de production de la vigne dépendantes des composantes du « terroir ». L'objectif est donc de présenter l'influence de quelques paramètres identifiés sur les familles de substances aromatiques du Vermentino (tableau 3) :

- **les substances norisoprénoides** : reconnu comme issues du vieillissement du raisin liée à la dégradation des caroténoïdes (*Traité de la vigne*, 2023) ;





- **Les précurseurs de thiols ;**
- **La famille des terpènes** (monoterpènes - arômes libres) : de nombreuses études montrent que la famille des composés aromatiques terpéniques est à la base de l'expression du bouquet du vin. Les formes libres (monoterpènes) et les précurseurs inodores (présents dans la pellicule de la baie), généralement glycosylés, sont identifiées dans les baies et vins, on compte plus de 50 composés monoterpéniques.

L'analyse chimique et l'analyse sensorielle des raisins et du vin permettent de faire ressortir et de comprendre les liens entre la maturation du raisin et la typicité du vin. Cette maturation du raisin est liée au fonctionnement de la vigne, lui-même dépendant des facteurs déterminants des composantes sol et climat de l'effet "terroir" (Figure 8 et 9) comme en témoigne le tableau non exhaustif.

## B. Le Vermentino : cépage emblématique autochtone corse

Le vermentino est une grappe destinée à la production de vin blanc, cultivée préférentiellement en région méditerranéenne ; elle est principalement diffusée en Corse et en Sardaigne occupant respectivement 3000 ha et 1100 ha (Mulas et al., 2011).

D'après le Centre de Recherche Viticole Insulaire de Corse (CRVI), le Vermentino produit des vins haut de gamme "[...] au nez élégant et complexe où les notes de fleurs blanches (acacia, aubépine), de fleurs jaunes (genêt) se mêlent à celle des fruits blancs (poire, pomme, coing), fruits secs (amandes), agrumes et fruits exotiques". Le vermentino est un cépage de **vigueur** et de **fertilité moyenne**, peu exigeant. Il faut privilégier des sols à alimentation hydrique modérée. Les dates de débourrement sont généralement autour de la 1ère décennie d'avril, la floraison autour de la 1ère décennie de Juin et la véraison au cours de la 1ère quinzaine d'août (*Le Vermentino Présentation, Aptitude et Sélection Clonale by CRVI - Issuu*, 2016). Il a des degrés d'alcool satisfaisants cependant, si sa période de maturation se prolonge, l'acidité se dégrade avec des concentrations en acides faibles (< 4g/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Une étude menée sur l'influence du pre-cooling avant fermentation sur le cépage vermentino a permis de montrer **la richesse en métabolites secondaires** de cette variété (Modesti et al., 2021). L'étude a mis en évidence la présence de **sesquiterpènes** (famille de terpènes). En effet les **monoterpènes** sont les principaux composés aromatiques responsables des traits aromatiques des variétés similaires aux Muscats comme le Vermentino. La concentration en terpènes peut facilement être évaluée pendant la maturation du raisin par chromatographie en phase gazeuse directe des terpénols libres ou par chromatographie en phase gazeuse après hydrolyse des terpénols liés (Peyrot des Gachons et al., 2005).

Tableau 3 : influence de facteurs sur la synthèse des métabolites secondaires de la baie

Familles	Microclimat		Facteurs déterminants		
	Luminosité	Température air	Nutrition hydrique	Nutrition azotée	Maturité / date vendange
Terpènes	+	+ > à 28°C excepté pour des T° excessives dégradant les métabolites ( <i>Traité de la vigne, 2023</i> )	- Augmentation transcription terpénoïdes synthétase si stress hydrique	INDÉTERMINÉ	+ Concentration maximale à maturité  Diminution à surmaturité
Précurseurs de thiols	+	- / + Températures basses préférentielles ( <i>Bilici et al., 2017</i> )	+ Diminution si stress hydrique	+	+ Véraison à maturité
Caroténoïdes	+	INDÉTERMINÉ	INDÉTERMINÉ	INDÉTERMINÉ	-
C13-norisoprénoïdes	+	+	- Augmentation production enzymes liées aux voies de production unités isoprénoïdes si stress hydrique	INDÉTERMINÉ	+ Augmentation avec la maturité  Diminution avec la surmaturité

D'après deux études réalisées sur le Vermentino ((Modesti et al., 2021)(Modesti et al., 2020) l'analyse du profil des composés organiques volatiles identifie 14 terpènes, 7 esters, 4 alcools, 3 aldéhydes, 2 alcanes, 2 dérivés de benzène, 1 éther, 1 alkane et 1 phénol. Parmi ces différentes classes d'arômes, la classe des **monoterpènes** a une importante influence sur les arômes des grappes et des vins, ces derniers sont associés **aux notes florales et citronnées** (Modesti et al., 2021). Parmi les principaux composants identifiés : trois sesquiterpènes (cadinène, cubénone et isodène) et le monoterpène dihydro citronellol (associés aux notes florales et épicées) (Mulas et al., 2011). La concentration des sesquiterpènes dans les baies est cruciale pour la qualité finale du vin, une fois extraits ils sont plus stables que les monoterpènes et finissent généralement dans le vin. Ils semblent apporter des notes boisées, balsamique et épicées (Modesti et al., 2021).

Un profil floral est permis par la présence de monoterpènes tels que le géraniol, le bêta-citronellol (citronnelle, rose) et l'alpha-terpinéol (muguet) dont les descripteurs correspondent à des arômes floraux.

**Conclusion de la partie 1 :** L'étude bibliographique m'a permis de déployer une vision systémique des relations existantes entre les composantes sol/climat et le comportement de la vigne. Le modèle d'étude intégrée de caractérisation du terroir viticole développée par Morlat (1989) et Riou et al. (1995) permet d'identifier les principaux facteurs d'influence à étudier (le sol, le climat et le paysage) et les facteurs physiques de variation (altitude, pente, orientation). Les deux principaux paramètres influencés sont le statut hydrique et azotée de la vigne qui vont eux-mêmes avoir un fort impact sur la qualité finale des raisins. Ces paramètres influencent la précocité du cycle de la vigne, son expression végétative, ses composantes du rendement et finalement les paramètres de sa qualité. La compréhension de caractéristiques du cépage vermentinu et de ses particularités permet de comprendre le profil d'un vin qualitatif supérieur selon le vigneron Guillaume Seroin.

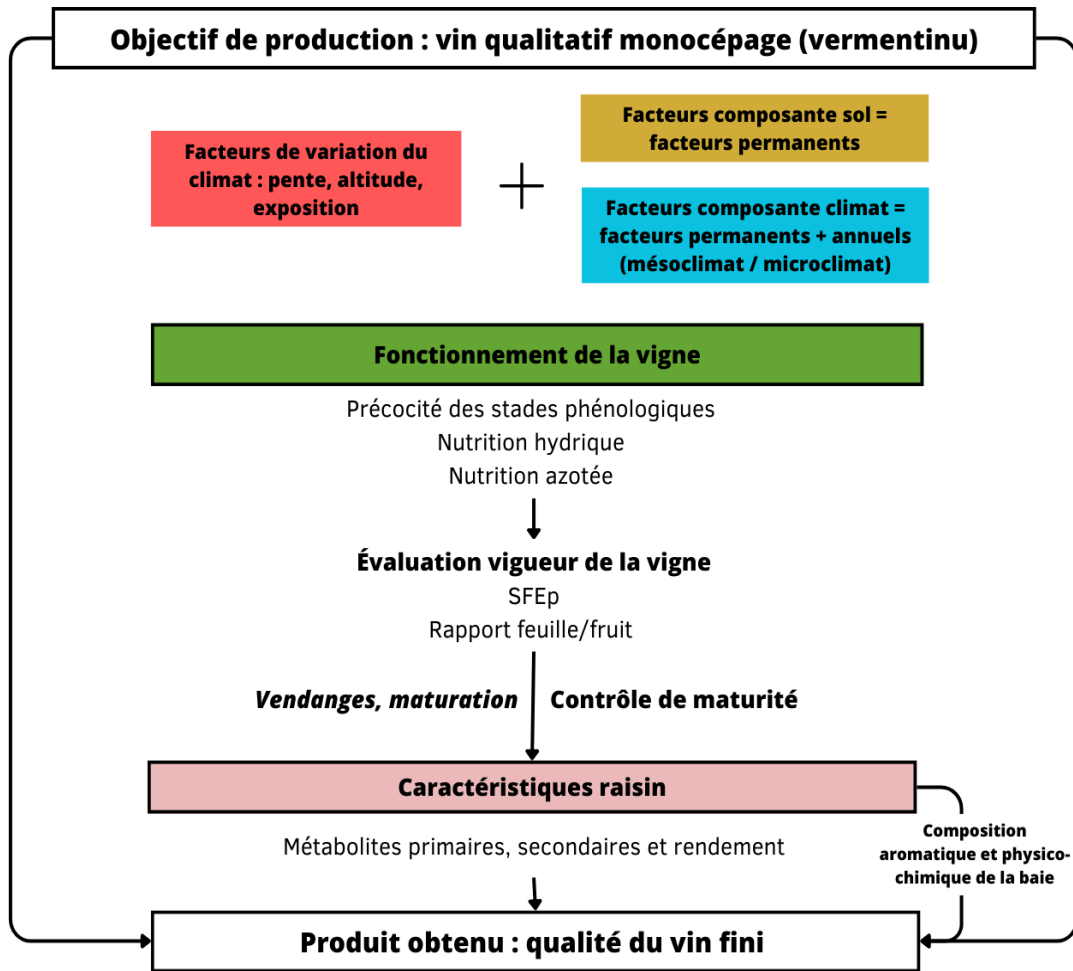


Figure 8 : figure bilan des étapes d'analyse terroir pour la production d'un vin fini de qualité

Légende :



## PARTIE 2 : MISE EN OEUVRE EXPÉRIMENTALE

### I. PRÉSENTATION DES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

#### A. Objectif principal

L'objectif est d'identifier l'existence ou non de différences significatives des variables de fonctionnement et de production de la vigne entre les parcelles V1, V2 et V3, de comprendre leurs origines si elles existent pour améliorer la qualité globale des raisins et privilégier la production de vins de gamme supérieure.

**Notion de « profil de qualité supérieure » selon le vigneron :** « C'est un vin avec un équilibre porté sur la tension et la minéralité plutôt que le gras et l'opulence. Les grands blancs de Corse sont généralement élevés en tonneaux (les vendanges sont tardives), ils sont riches en terpènes (les terpènes sont principalement dépendant de la date des vendanges. Certains vieux Vermentinu tendent à développer des notes pétrolées). Beaucoup de Vermentinu sont donc riches en terpènes, très gras avec beaucoup de volume. Notre cuvée Burghese essaie de répondre à cette demande. Cependant nous souhaitons pour notre cuvées Ermite de la minéralité avec une aromatique tournée vers les fleurs blanches et les fruits à chair blanche. Pour cela il faut prendre en compte l'influence du rapport thiols/terpènes, de la date de vendange pour une maturité optimale (conservation d'une belle acidité). »

#### B. Objectifs secondaires

- Adapter les pratiques culturales en conséquence pour permettre à l'ensemble des parcelles d'atteindre cet objectif de production qualitative ;
- Comparer les résultats obtenus pour le millésime 2023 avec ceux obtenus pour le millésime 2020 ;
- Identifier et isoler au sein des parcelles d'étude les zones productrices de raisins de première qualité, servant à l'élaboration de la cuvée Ermite et les zones moins qualitatives, dont les raisins serviront pour l'élaboration de la cuvée Myrtus.

#### C. Les hypothèses

Une première étude a été conduite en 2020 par Guillaume Seroin, actuel vigneron du domaine. Les hypothèses qui découlent de cette étude et des recherches bibliographiques sont les suivantes :

- V1 présente des températures plus douces et une humidité relative moyenne plus importante que V2 et V3. La contrainte hydrique y est moins conséquente (modérée à sévère) et la nutrition azotée meilleure ;

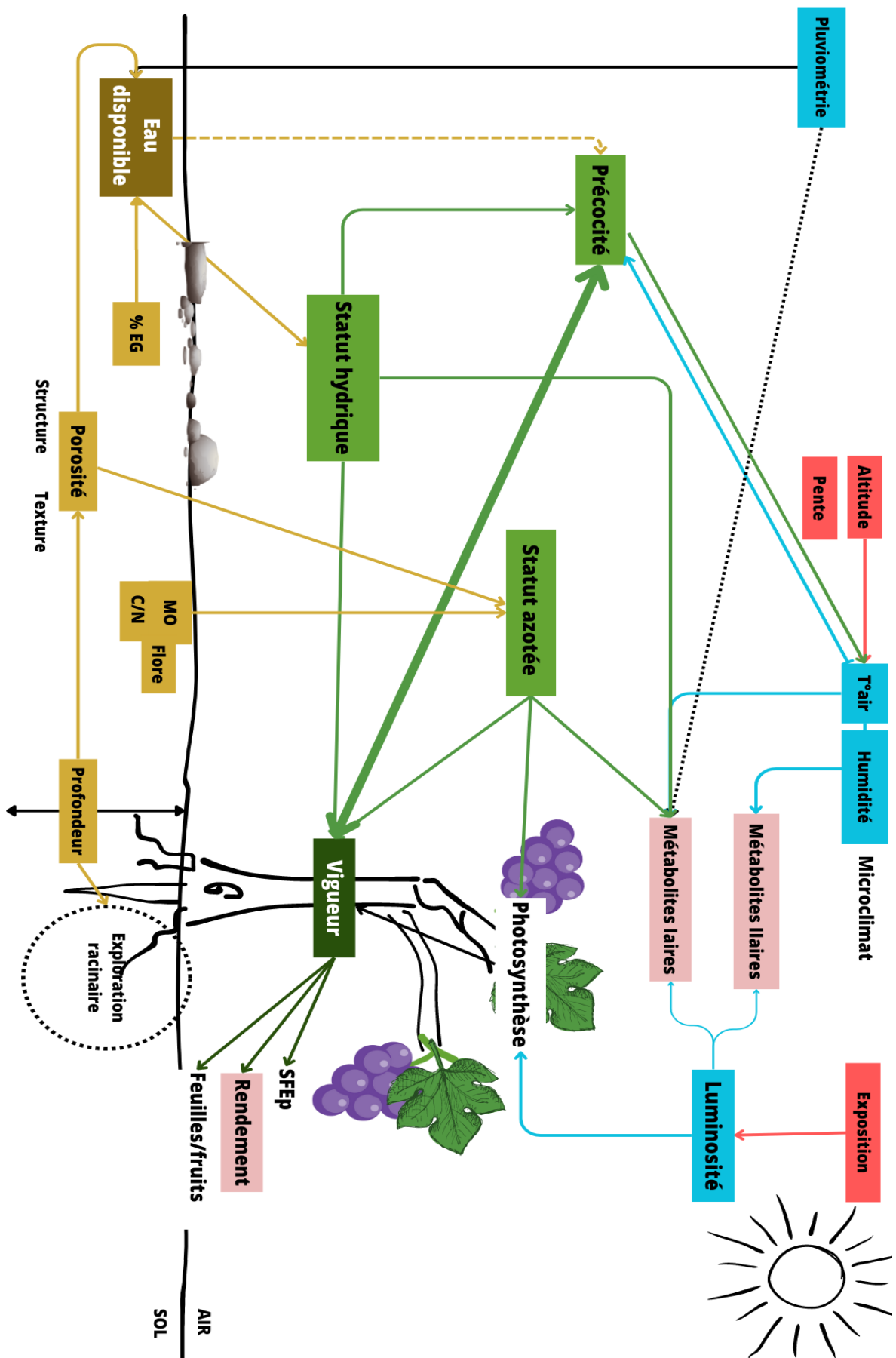


Figure 9 : schéma bilan

- La vigne répond à ces conditions par une maturité technologique correcte et une bonne vigueur annuelle ;
- La pente sur laquelle se trouve les parcelles V2 et V3 et l'érosion qu'elle implique peut expliquer la différenciation par la texture. L'ajout de la variable « *altitude* » peut être pertinente dans les études statistiques.
- La parcelle V3 présente toutes les qualités nécessaires à l'élaboration d'un vin de qualité supérieure.

### Limites de l'étude (2020)

---

- Définition des parcelles et placettes d'étude par **simple observation de la vigueur** (le zonage s'appuie uniquement sur les connaissances du vigneron);
  - Absence de définition d'un profil sensoriel qui correspond à un profil qualitatif de vin supérieur en 100% Vermentinu (afin de comparer les vins issus des parcelles) ;
  - Absence d'analyse sensorielle ;
  - Les données n'ont pas été croisées avec l'altitude ou la pente (pas d'étude approfondie du méso-climat).
- 

## II. MISE EN OEUVRE EXPÉRIMENTALE

### A. Cartographie et zonage des parcelles d'étude

L'étude se concentre sur les parcelles destinées à la réalisation des cuvées de vin blanc « Myrtus » et « Ermite ». Les 3 parcelles d'études sont V1 (Olmeto), V2 (Tizzano) et V3 (Tizzano). Elles ont été sélectionnées suite aux observations de Guillaume : il constate des différences inter-parcellaires de qualité et de vigueur suivant d'emplacement géographique.

Des placettes y sont définies. En effet les parcelles d'étude sont très hétérogènes, des placettes sont donc choisies suivant la nature des sols, la pente, l'orientation, la précocité du cycle, la vigueur et les observations des années précédentes pour une meilleure représentativité de la parcelle. **4 placettes** sont définies sur chaque parcelle, elles correspondent à **10 pieds** de vignes **consécutifs sains** et **homogènes** éloignés de la bordure, avec une environnement identique (exposition, altitude, ceps voisins,...) et des caractéristiques de vigueur et d'âge identique (Traité de la Vigne, 2020).

### B. Étude topographique

La caractérisation du relief et des facteurs physiques qui influencent le climat (pente, altitude et orientation) est réalisée à partir d'un modèle numérique de terrain.





L'Institut Nationale de l'information Géographique et Forestière (IGN) fournit des données d'altitude (BDAlti) à une résolution de 25m<sup>2</sup>. Cela permet d'obtenir des cartes numériques pour les paramètres suivants :  **pente (%)**,  **orientation (°)** et  **altitude**.

### C. Contexte géologique

Les deux secteurs d'étude (Olmeto et Tizzano) font partie d'un grand ensemble appelé la **Corse cristalline** constituée quasi uniquement de **roches éruptives** (granites, granulites, prophyres ou rhyolites).

La parcelle de Fozzano (V1) (figure 1) fait partie du bassin versant du Baracci caractérisé par l'omniprésence de **granites leucocrates/leucogranites** (plutonisme granitique) et des affleurements de roches basiques telles que les **gabbros** et **diorites** (carte géologique au 1/50 000, BRGM). L'altération du matériau parental a conduit à des sols riches en **sable granitique** avec une **faible capacité de rétention en eau**. Ces sols sont généralement **bruns** de type méditerranéens (sols bruns et bruns acides), **moyennement profonds** (35-65 cm) et **caillouteux** (entre 55% et > 75%) (Inventaire forestier national, IGN, 2006). Des **alluvions fluviales** (galets ou limons) sont présents en contrebas de la parcelle et des **colluvions granitiques** le long des pentes. Ces derniers sont constitués *de cailloux anguleux au sein d'une matrice sablo-argileuse* correspondant à de l'arène déplacée par solifluxion et ruissellement (Paradis et al., 2014).

Les parcelles à proximité de Tizzano font partie du bassin versant su Rizzanese. La roche mère est également **granitique**, les sols sont principalement composés d'intrusion de **monzogranites** à grain moyen à épais, à feldspath alcalin. Au même titre que sur la commune de Fozzano, on retrouve des affleurements de **diorites** et **gabbros**.

### D. Étude pédologique

#### Fosses et tarières

---

Des analyses de sol ont été réalisées avec le CRVI en **2020** (Annexe 1):

- 5 sondages à la tarière ;
- 2 fosses pédologiques (F1 et F5) sur V1 ;
- 3 fosses pédologiques (F2,F3 et F4) sur V2.

*Tableau 4 : Caractéristiques des parcelles d'étude*

<b>Parcelle</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>
<b>Cépage</b>	Vermentinu	Vermentinu	Vermentinu
<b>Porte-greffe</b>	110r	110r	110r
<b>Âge</b>	1992-1993	1992-1993	1992-1993
<b>Superficie (ha)</b>	1,45	0,5	1
<b>Localisation</b>	Olmeto	Tizzano	Tizzano
<b>Mode de conduite</b>	Double cordon	Double cordon	Double cordon
<b>Densité de plantation</b>	3300	3300	3300
<b>Irrigation</b>	Non	Non	Non
<b>Écart inter-rang (cm)</b>	300	300	300
<b>Écart inter-pieds (cm)</b>	100	100	100

Il n'a pas été en mesure de réaliser de fosses pédologiques sur V3 du fait de la difficulté de creuser dans les sols (matériel parental quasi affleurant). Cependant il s'agit principalement de sols composés de sable avec une profondeur moyenne à faible (100cm).

L'emplacement des fosses pédologiques est déterminé suivant **l'hétérogénéité des parcelles d'étude** (vigueur, orientation des placettes) : elles permettent de mieux comprendre le fonctionnement d'ensemble du sol (profondeur totale, nombre de couche et hauteur des horizons), de son système racinaire ainsi que le fonctionnement détaillé de chacune de ses couches (texture, granulométrie, structure, porosité, couleur, présence de zones de compactage et racines). Les tarières complètent les fosses pédologiques et permettent de vérifier la continuité ou la transition des types de sols identifiés : elles donnent des informations sur la texture, la profondeur, la pierrosité et le calcaire des zones choisies.

Des **analyses de sols** sont conduites avec le laboratoire *Galys* sur des échantillons de 500 g prélevés au niveau des fosses et tarières. Ces analyses sont faites pour les horizons les plus abondants caractérisés par une forte présence de racines.

Une **cartographie** de l'ODARC fournie par le CIVC est également mise à disposition et renseigne la pédologie, la lithologie, l'hydromorphie et la pierrosité des parcelles (Annexe 2).

### Évaluation de la RU du sol

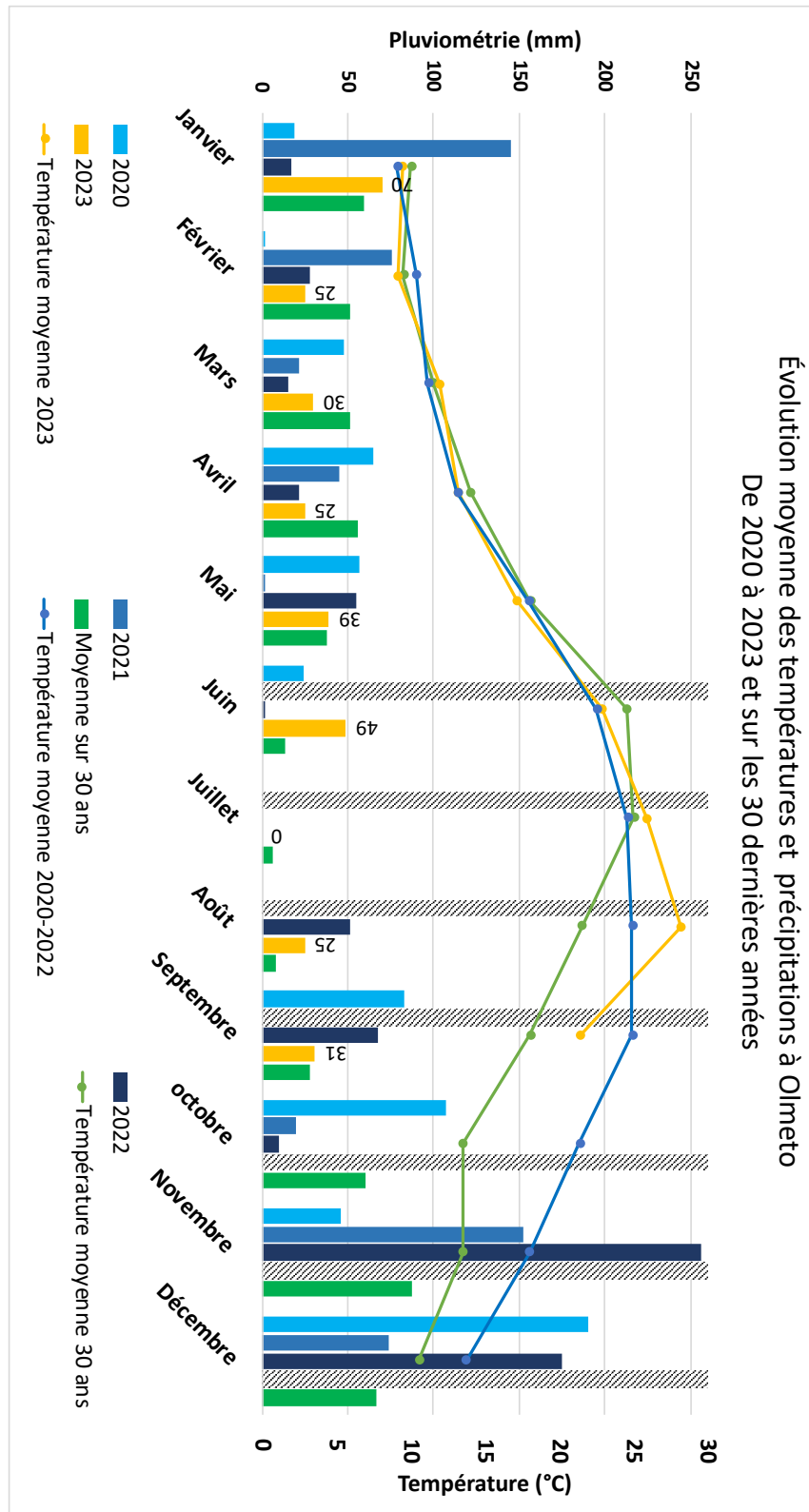
La réserve en eau du sol est estimée pour chaque horizon de sol à l'aide de l'étude des fosses pédologiques (CRVI, 2020). Elle correspond à l'eau contenue dans le sol entre deux limites, l'humidité à la capacité au champ notée **Hcc** (teneur en eau maximale dans le sol) et le point de flétrissement permanent notée **Hpf** (teneur en dessous de laquelle l'extraction de l'eau par les racines est impossible). Cependant, l'estimation du facteur humidité (Hcc et Hpf) est complexe : ainsi des références issues de mesures de caractéristiques hydriques sur différents types de sols permettent de fournir une estimation de la fraction d'eau utile selon la classe de texture. On considère alors que la texture du sol conditionne les valeurs d'humidité caractéristiques (Duchaufour, 1991). L'évaluation de la réserve utile se base donc sur la « **méthode des textures** » (Baize, 2000) :

$$RU_{horizon}(mm) = RU_m \times \frac{(100 - EG)}{100} \times E(cm)$$

*EG = teneur volumique en éléments grossiers*

*U = valeur du réservoir utilisable maximal suivant la classe texturale exprimé pour un volume ou une masse donnée*

*E = épaisseur de l'horizon*



**Figure 10** Évolution de la moyenne des températures et des précipitations des trente dernières années et de l'année 2023.

Ce calcul tient compte de la texture, de l'épaisseur de l'horizon et du % d'(EG (Baize et Jabiol 1995). Sa valeur varie suivant la granulométrie du sol, la densité apparente et la teneur en

MO du sol, elle peut varier de 0,8 mm/cm d'épaisseur dans les sols sableux à 2mm/cm dans les sols limoneux (Cornec, 2013). Nous choisissons le tableau publié par Jamagne et al. (1977) et repris par Baize (2000) et les travaux de Hall et al. (1977). Pour les valeurs de U.

## E. Caractérisation du millésime par le suivi climatique

Les stations météorologiques du réseau Sencrop sont sélectionnées pour le suivi des données météorologiques de pluviométrie journalières (données simulation bilan hydrique). Les données sont accessibles en ligne via son réseau d'observation. Pour augmenter la robustesse des résultats, les données sont croisées entre plusieurs stations à proximité. Les stations météorologiques les plus proches des parcelles d'études sont celles du domaine Fumiccicoli (V1) et du domaine Saparale (V2 et V3). Les données de températures et humidité sont obtenues à partir de **capteurs Tinytag Plus 2 TGP-4500** installés sur les parcelles V1 et V2. Ils sont placés en dehors du feuillage pour éviter l'effet ombrage au niveau des piquets de palissage au centre de la parcelle et enregistrent toutes les quinze minutes le couple température/humidité. Ces mesures permettent d'étudier l'évolution de la température/humidité à l'échelle d'une journée, de l'année et de mesurer des indices agro climatiques d'intérêt. Les données sont traitées sous le logiciel « *TinyTagExplorer* ».

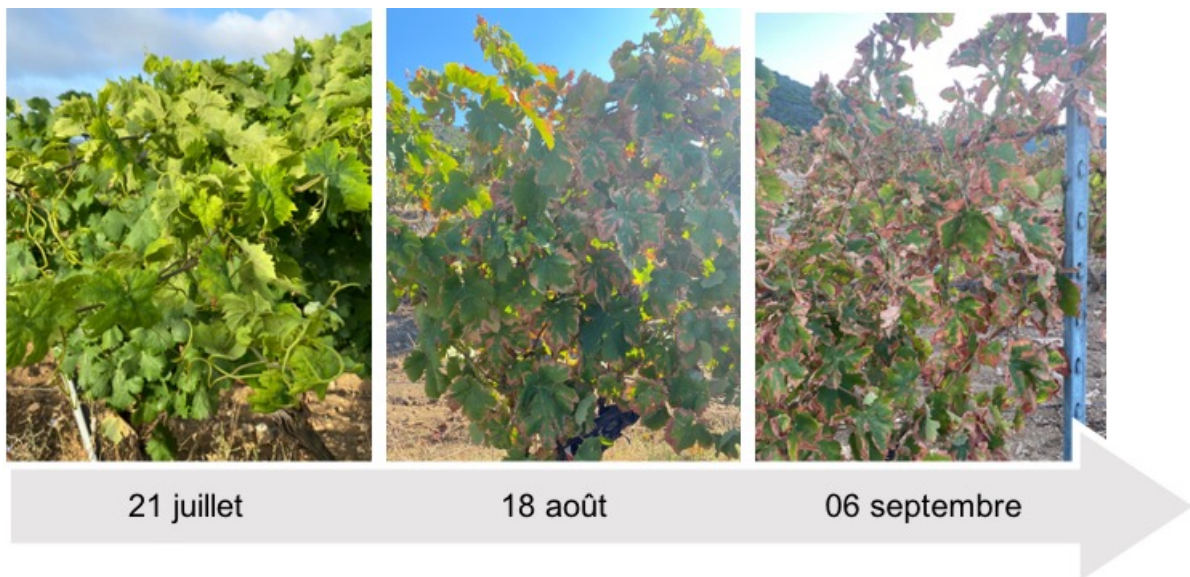
### Contexte climatique

Ce graphique résume l'évolution des températures et précipitations cumulées mensuelles des **30 dernières années** et du **millésime 2023** (figure 10). Ce millésime est tardif par rapport aux millésimes des 5 dernières années : en effet la pluviométrie cumulée est de **294 mm** à la fin du mois de Septembre (similaire au millésime 2020 également tardif). L'hiver 2022-2023 est pluvieux, entraînant un **réveil tardif de la végétation**. Les chaleurs printanières et estivales ont finalement permis de rattraper ce retard. Les intempéries du mois de juin ont retardé la phase de maturation d'environ deux semaines avec une campagne de vendanges plus tardive. Le printemps excédentaire en cumul de pluie et les températures douces ont favorisé le développement du mildiou qui a rapidement été contrôlé au domaine. Les températures estivales de Juillet et Août ont été très chaudes supérieures aux moyennes de 2020-2022, pouvant être responsable d'une situation de stress hydrique important. Les températures des 30 dernières années sont assez similaires sur les premiers mois de l'année, cependant à partir de Juin les températures des 4 dernières années sont strictement supérieures : bien que le millésime soit considéré comme tardif il ne 'est pas à l'échelle des 30 dernières années ; bien au contraire.

**Répartition des pluies entre le 17 et le 31 mai 2023 – Source IFV**  
**Incidence vis-à-vis du Mildiou**

Pluviométrie (mm) (Source IFV)	17-18 mai	19 mai	20 mai	21 mai	22-25 mai	29-31 mai	Mildiou	
							Pression	Evolution EPI
LUCCIANA	6.7	26	22.7	6.6	0.1	0	très élevée	→
SAN-GIULIANO	5.6	21.9	33.4	3.6	0	0	très élevée	→
ALERIA	1.9	6.7	33.1	2.9	0	0	élevée	→
GHISONACCIA	1.5	33.7	51.2	8.2	0	0.8	très élevée	→
PORTO-VECCHIO	0.5	11.1	23.1	19.2	0.2	0	moyenne	→
BONIFACIO	0.4	6	6.9	15.3	8.8	1.8	faible	↗
FIGARI	0.2	4.4	4.4	18	4.8	0.9	moyenne	→
SARTENE	0	4.3	6.6	8.2	13.3	51	très élevée	↑
AJACCIO	0.2	2.5	11.5	0	1.3	5.7	moyenne	↘
CALVI	1.6	3	5.4	2.1	3.7	3	moyenne	→
PATRIMONIO	6.9	8.1	18.7	9.1	0.1	21.5	très élevée	↑
CENTRE	5.7	10.8	21.3	7.6	11.8	26.8	très élevée	↑

*Figure 11 : pression sanitaire Mildiou fin mai-début juin 2023 (Source : BSV Viticulture Corse, 02 Juin 2023)*



*Figure 12 : évolution de la cicadelle sur les parcelles V2 et V3.*

## F. État sanitaire de la vigne

### Le Mildiou

---

Les fortes pluies de la fin du mois de mai et de début de Juin ont favorisé le développement du **mildiou**, principalement sur feuilles. La pression mildiou est importante, la parcelle V1 est touchée et les symptômes visibles à partir du 15 juin. Les symptômes sur les parcelles à Tizzano, sont visibles dès début juin (05/06/2023). En moyenne 5% des feuilles sont concernées : une adaptation des pratiques avec des passages préventifs a permis de lutter efficacement contre le champignon. La parcelle V1 très vigoureuse avec une surface foliaire exposée élevée a nécessité plus de temps et de traitements pour retrouver un état sanitaire correct.

### La cicadelle verte

---

Ce millésime est également marqué par des attaques de **cicadelle verte** sans précédent. La cicadelle verte est un insecte suceur-piqueur qui se développe dans des conditions humides et chaudes, non venteuses. Les adultes hivernent dans des plantes arbustives à feuillage persistant et au printemps les femelles migrent sur les parcelles de vigne où elles pondent sur les feuilles à la base des rameaux. Les attaques ont débuté sur le Vermentinu en Juin. Les premiers dégâts sont observés début août : ils se présentent sous la forme d'un jaunissement en bordure de feuille, délimité par les petites nervures. Ces décolorations atteignent progressivement le centre des feuilles (figure 12) avec un dessèchement en périphérie. La feuille a alors un aspect grillée responsable d'une baisse de son activité photosynthétique. Cette baisse de photosynthèse peut être responsable d'une diminution de la teneur en sucre disponible pour les baies en phase de maturation et un retard de maturité. Ces attaques sont probablement liées aux conditions du millésime 2023 combiné à une absence de traitement à l'argile kaolinique comme barrière physique contre les larves et adultes en sortie d'hiver.

La cicadelle verte est donc responsable de biais dans l'étude : en effet les parcelles à Tizzano (figure 12) ont été très touchées par la cicadelle alors que V1 n'a été que très peu concerné. Ainsi différentes variables peuvent être impactées : les paramètres physico-chimiques des baies, leur maturation, la date d'arrêt de chargement en sucre, le rendement, ...

## G. Étude éco-physiologique

### Suivi des stades phénologiques de la vigne

---

Les principaux stades phénologiques de la vigne (débourrement, floraison, nouaison et véraison) sont notés de façon hebdomadaire sur chaque placette d'étude suivant les échelles de Baggiolini et de BBCH (Annexe 3).

*Tableau 5 : valeurs seuils de potentiel hydrique foliaire de base et contrainte associée*

<b>Potentiel de base (Mpa)</b>	<b>Contrainte hydrique</b>
> -0,2	Absence de contrainte
-0,2 à -0,3	Contrainte faible
-0,3 à -0,5	Contrainte faible à modérée
-0,5 à -0,8	Contrainte modérée à sévère
<-0,8	Contrainte sévère



L'objectif est d'identifier les différences de maturité et de suivre la précocité de la vigne pour le millésime donné. Ces résultats seront mis en perspective avec les résultats obtenus en 2020. Le stade phénologique est également à mettre en lien avec l'apparition de potentiel contrainte hydrique, de sa durée et son intensité (Tableau n°6). Pour chacune de ces estimations, 2 passages minimums sont nécessaires pour encadrer les dates de stade : un avant et un après le 50%. Pour chaque stade, une moyenne est calculée pour chaque placette et pour chaque parcelle. Pour l'estimation d'une date, on considère que l'évolution des mesures est **linéaire** entre deux dates de relevés.

## Appréciation de l'alimentation en eau de la vigne

### *Mesure du potentiel hydrique foliaire de base*

La mesure du potentiel hydrique foliaire de base ( $\Psi_{\text{base}}$ ) est réalisée à l'aide d'une chambre à pression ou bombe de Scholander emprunté à la chambre d'agriculture régionale de Corse. Le potentiel hydrique foliaire de base est mesuré en fin de nuit (02h00-6h00) à obscurité complète. L'échantillonnage est constitué de **10 feuilles** (issus de 10 ceps différents) pour chaque placette d'étude. Les feuilles sont saines, adultes et se situent dans la partie médiane du feuillage. Le potentiel hydrique foliaire de la feuille et du sol atteint un certain équilibre au cours de la nuit : la mesure renseigne donc sur la **quantité d'eau dans le sol disponible** pour la plante (tableau 5). L'objectif est de déterminer le  $\Psi_{\text{base}}$  de la floraison (Juin) à la vendange dans les 3 zones d'études (V1, V2 et V3) tous les 30 jours environ.

Ces valeurs sont à mettre en relation avec les facteurs du sol, les facteurs physiques et climatiques des parcelles. Il peut être pertinent de mettre en lien ces données avec la date de l'arrêt de croissance des rameaux, leur vitesse de croissance, la taille des baies et la teneur en sucre des placettes.

### *Bilan hydrique potentiel : modèle WaLIS*

Une simulation de bilan hydrique à partir du **modèle WaLIS** (*Water baLance for Intercropped Systems*) va permettre de compléter l'évaluation de l'état de contrainte hydrique de la vigne. Ce modèle permet de simuler au pas de temps journalier la fraction d'eau disponible pour la plante (FTSW) et de la comparer suivant les parcelles d'étude. Il prend en compte la compétition pour l'eau induite par l'enherbement sur la parcelle. WaLIS permet également de fournir une indication sur la recharge hivernale des sols en eau (Delpuech et al., 2010). L'objectif est également de définir une date théorique de déficit hydrique pour chaque parcelle et les comparer.

**Tableau 6 : valeurs seuils du  $\Delta C13$  et contraintes associées**

$\Delta C13$	Contrainte hydrique
< - 26	Absence de contrainte
- 26 à - 24,5	Contrainte faible
- 24,5 à - 23	Contrainte faible à modérée
- 23 à - 21,5	Contrainte modérée à sévère
> - 21,5	Contrainte sévère

IAC	Floraison - fermeture	Fermeture - mi-véraison	Post-véraison
0 - 50			
50 - 70			<i>L'arrêt de croissance n'est plus lié au confort hydrique</i>
70 - 100			

	Parcelle très poussante
	Confort hydrique satisfaisant
	Début d'arrêt de croissance
	Arrêt de croissance

**Figure 18 : Interprétation de l'IAC, d'après la (Chambre d'Agriculture de l'Hérault, 2010)**

*Figure 13 : interprétation IAC (source : Chambre d'agriculture de l'Hérault, 2010)*

Cet indicateur est relié aux caractéristiques éco-physiologiques de la vigne. Les données **d'Évapotranspiration potentielle** (ETP) sont nécessaires à la simulation du bilan hydrique, elles proviennent de la station météorologique Grosseto-Prugna et sont fournies par le Centre de Recherche Viticole Insulaire.

#### *Discrimination isotopique $\Delta C13$*

La discrimination isotopique du carbone dans les sucres des raisins noté  $\Delta C13$  ( $^{13}C/^{12}C$ ) est dosé sur l'échantillon de moût obtenu à partir du prélèvement à maturité de 50 baies par placette. La vigne présente un rapport isotopique entre le  $^{12}C$  et le  $^{13}C$  qui se situe vers -26‰. Lorsque la vigne subit un stress hydrique, elle ferme progressivement ces stomates. La quantité de dioxyde de carbone disponible devient limitante et il devient plus difficile de sélectionner préférentiellement les molécules de  $CO_2$  légères ( $^{12}C$ ). Le rapport isotopique des sucres synthétisés change en fonction du stress hydrique, les contraintes associées au  $\Delta C13$  sont présentés dans le tableau n°7.

#### *La méthode des apex*

La méthode des apex a pour objectif de caractériser la croissance végétative de la vigne, son état de croissance dépend principalement de la nutrition hydrique et azotée. Cette méthode consiste, pour chaque relevé, à noter l'état de la zone de croissance terminale de 50 rameaux principaux selon trois classes (figure 18). Les dates de relevés sont déterminées de manière à encadrer la date de fin de croissance (entre mi-juillet et première dizaine d'août). A partir des résultats observés, **l'Indice d'Arrêt de Croissance** (IAC) est calculé selon la formule suivante pour chaque placette, puis l'IAC moyen est déduit pour chaque parcelle :

$$IAC = \frac{100}{3} \times (1 - \%P + \%R + 2 \times \%C)^1$$

#### *Suivi de la croissance des rameaux*

Le suivi a débuté au stade 3 feuilles jusqu'à la fin de croissance. 2 pieds de vigne adjacents et sains sont sélectionnés par placette. Pour chaque pied, 3 rameaux primaires répartis sur le cordon sont marqués et leur longueur est relevée tous les 7 jours. Le protocole fournit par Fruition Sciences est disponible en Annexe (Annexe 4).

---

<sup>1</sup> %P : % apex en croissance active • %R : % apex en croissance ralentie • %C : % apex sec ou chute

**Tableau 7** : Valeurs seuils d'évaluation de la nutrition azotée de la vigne suivant les valeurs de N-tester  
(Source : Van Leeuwen et al, 2011).

<b>Valeur N-tester (Nt)</b>	<b>État alimentation azotée</b>
$400 \geq Nt$	Très faible
$400 < Nt \leq 450$	Faible
$450 < Nt \leq 500$	Modérée
$500 < Nt \leq 550$	Forte
$550 < Nt$	Très forte

L'azote joue un rôle clé dans la vigueur de la vigne, le développement de sa canopée et le microclimat de ses baies. Pour évaluer l'alimentation azotée de la vigne et comparer les apports entre les trois parcelles plusieurs méthodes sont exploitées.

### *Dosage de l'azote assimilable*

La teneur en azote assimilable des moûts est mesurée par le laboratoire de l'IOC.

### *N-tester : l'indice chlorophyllien*

L'indice chlorophyllien est mesuré une fois par mois sur l'ensemble des parcelles d'étude à l'aide d'un compteur N-tester portable sur les feuilles des rameaux principaux de la partie médiane du feuillage de part et d'autre du plan de palissage. Le N-tester est un appareil qui mesure l'indice de teneur en chlorophylle de la feuille. Cet indice est un indicateur du statut de nutrition azotée de la vigne : une étude datant de 1999 met en évidence le lien étroit qui existe entre cet indice et le taux d'azote dans les feuilles (Spring, 1999). Les valeurs seuils sont présentées dans le tableau n°7 (Van Leeuwen et al., 2000). Il a été mesuré à véraison pour chacune des parcelles d'étude. Les mesures sont réalisées en 4 répétitions sur 30 feuilles pour chaque placette d'étude.

## Mesure de l'expression végétative

---

Il existe une concurrence entre le développement végétatif de la vigne et le développement des baies. En phase de nouaison-véraison, la relation de concurrence feuilles-fruits est importante : la maturation des baies est privilégiée au développement végétatif qui tend à s'arrêter. Si la vigueur est trop élevée, cette croissance est prolongée au risque de repousser la maturation de la baie. Il existe un lien entre l'alimentation hydrique de la vigne et son architecture qui conditionne la composition de la baie. Il faut donc optimiser la surface foliaire assimilatrice de la vigne et la charge en raisin pour obtenir des vins de qualité. Il existe une relation entre la **Surface Foliaire Totale (SFT)** et le degré de maturité du raisin, il faut donc optimiser le rapport feuilles/fruits ou l'indice **SECV/PRR**.

### *Estimation de la surface foliaire exposée*

La surface foliaire exposée (SFE) est estimée une fois le couvert végétal mis en place, généralement au stade floraison selon la méthode proposée par Carbonneau (1980, 1989) (figure 14) : Le pourcentage de discontinuité du feuillage est estimé à partir d'une photographie du cep avec à l'arrière idéalement un drap blanc pour faciliter l'identification des espaces vides.



**Figure 14** : calcul de la SECV (Surface Externe du Couvert Végétal) H: hauteur de feuillage (m) ; L: largeur du feuillage (m) ; E : écartement entre rangs (m) ; P : porosité du feuillage

$$SECV = \frac{2 \times H + L}{E} \times (1 - P)$$

#### Estimation du rapport SECV/Poids de la récolte

L'alimentation hydrique de la vigne influence le facteur **SECV/Poids de la récolte (PR)** et les indicateurs de qualité du moût. Les parcelles sous contrainte hydrique subissent un effet millésime très fort. L'objectif est de mieux comprendre la maîtrise de la charge des ceps et de voir la valeur du rapport feuille/fruit (supérieur ou non à 1m<sup>2</sup>). La « surface foliaire exposée par kg de raisin » et « surface externe de couvert végétal par kg de raisin » permettent de bien expliquer l'évolution de la richesse en sucres des raisins. La détermination du rendement, mis en rapport avec la SFE, permet d'apprécier l'équilibre entre la surface foliaire et la charge en raisins.

L'ajustement de ces paramètres permet de s'adapter à la précocité et à la vigueur de chaque parcelle, afin d'obtenir la qualité œnologique désirée. Le rendement effectif par parcelle, en kg/m<sup>2</sup>, est obtenu par estimation du poids de grappe et du nombre de grappe de chaque placette, ramenée à la surface totale de la parcelle en m<sup>2</sup>.

#### D. Détermination des composantes du rendement

À partir de la nouaison, des estimations de rendements sont établies :

- Détermination du nombre de grappes / cep ;
- Estimation du nombre moyen de baies / grappes ;
- Estimation du poids moyen d'une grappe.

Ces estimations conduisent à une estimation de rendement :

$$\text{Rendement} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = \frac{\text{Nombre de grappes moyen par cep} \times \text{poids d'une grappe} \times \text{nombre de pieds sur la parcelle}}{\text{surface (m}^2\text{)}}$$

#### Croissance et maturité des baies

À partir de **début août**, la composition des baies et la maturité est suivie hebdomadairement sur des échantillons de **100 baies par placette** pour effectuer les analyses suivantes : poids de 100 baies, acidité totale, pH, le titre alcoométrique volumique potentiel (TAVp) et le volume pour 100 baies. Le dernier contrôle maturité et la première analyse après vendanges sur moût sont complétées par les paramètres suivants : acide malique, sucres réducteurs et acidité volatile (g/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

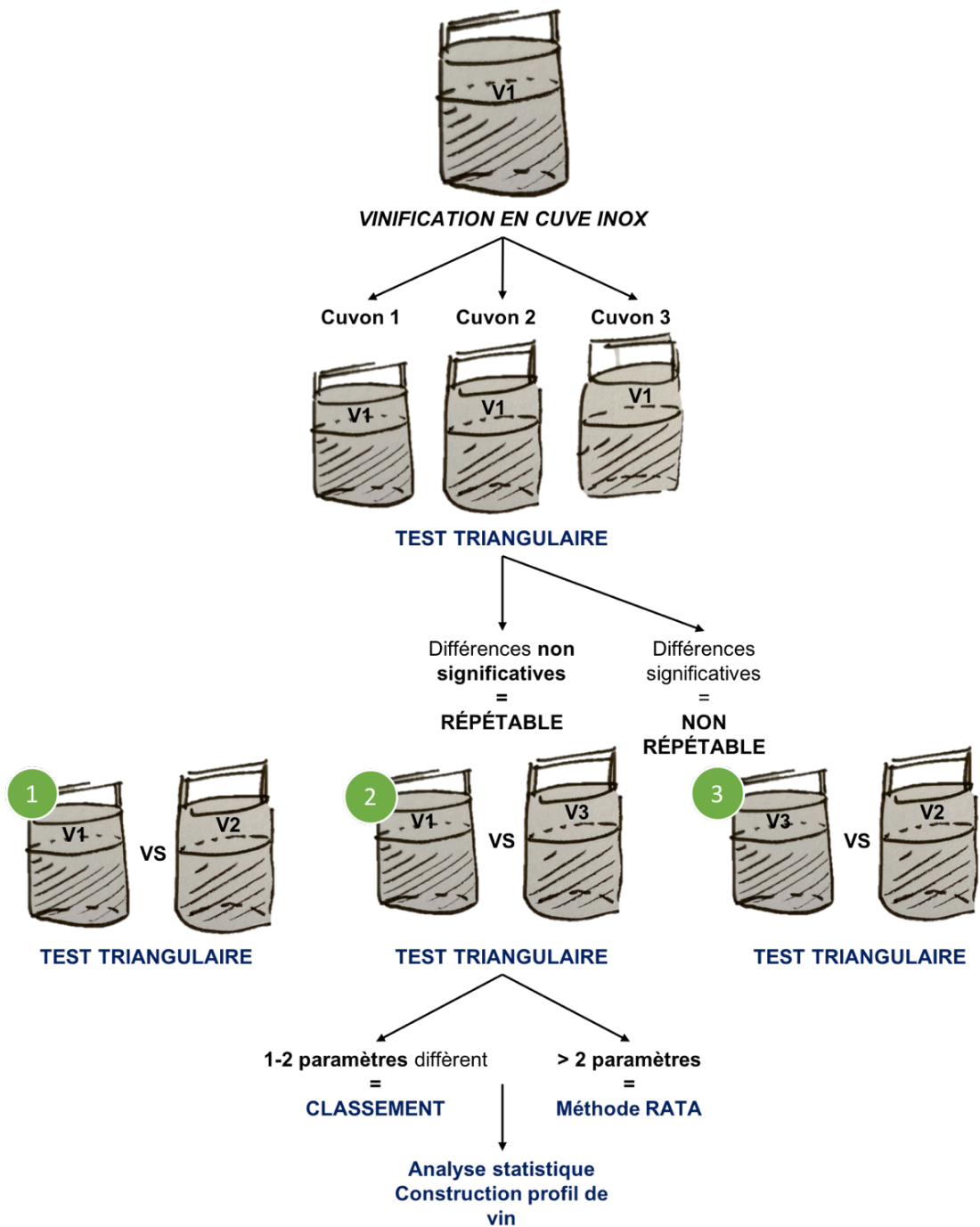


Figure 15 : vinification et analyse sensorielle (source personnelle)



## E. Opérations de vinification

Chaque parcelle est récoltée et vinifiée séparément dans une cuve inox. Les opérations sont identiques, le protocole de vinification est disponible en annexe (Annexe 5). Le suivi des cinétiques fermentaires, de la densité et température est quotidien. Il faut s'assurer de la répétabilité de la vinification : une fois pressée, les jus issus des parcelles V1/V2/V3 sont séparés en 3 lots homogènes (c'est-à-dire 3 lots de V1, 3 lots de V2 et 3 lots de V3) dans des cuvons (avec chapeaux flottants). Si les 3 cuvons sont non discernables par test triangulaire alors l'expérience est répétable. Si les lots en revanche ne sont pas homogènes, la vinification n'est pas répétable.

### *Analyses physico-chimiques*

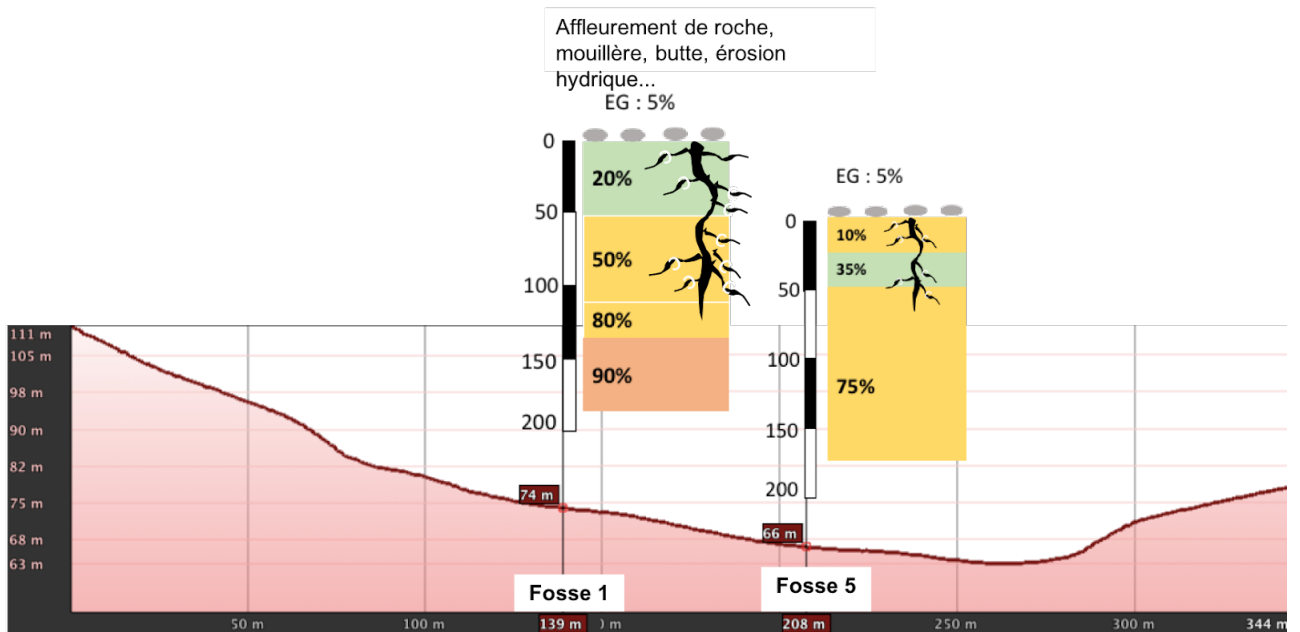
Une partie des analyses est réalisée directement dans le laboratoire du domaine. Les analyses complémentaires sont réalisées par le laboratoire de l'IOC de œnologie conseil, Emmanuel Gagnepain. Le Titre Alcoométrique Volumique, l'acidité totale, le pH, l'acidité volatile, la concentration en acide malique ainsi qu'en sucres résiduels sont évaluées de manière hebdomadaire.

### Dégustation - analyse sensorielle

Si la vinification est considérée comme répétable (absence de différences entre les cuvons d'une même parcelle : V1, V2 et V3) alors l'analyse se poursuit par **un test triangulaire** pour comparer V2 à V1, V3 à V1 et V3 à V2. Si les différences sont confirmées un test descriptif va permettre d'identifier ces différences (figure 15) :

- Si 1 ou 2 paramètres seulement diffèrent : test descriptif de type **classement** ;
- Si plus de paramètres varient : test descriptif **RATA (Rate-All-That-Apply)**.

10 sujets (Bahati, s. d.). Les sujets sont en mesure de faire une proposition de descripteurs en fin de test pour s'assurer de la qualité de la description des vins étudiés. Les sujets reçoivent une liste préétablie de descripteurs identiques pour chaque échantillon étudié. Les produits testés sont apportés l'un après l'autre en monadique séquentiel, pour chaque produit le sujet coche le ou les descripteurs les plus appropriés pour le décrire puis il évalue son intensité sur une échelle numérique. Cette échelle est en 7 points libellée de "Faible" à "Fort" (Bahati, s. d.). La description quantitative a pour objectif de quantifier les perceptions à partir d'une liste de descripteurs. **La méthode RATA** permet de savoir si un attribut est présent ou non dans le vin étudié et d'évaluer l'intensité de cette simulation, c'est une méthode efficace pour la mise en avant de différences sensorielles entre produits.



**Coupe 1.1 – 1.3 de la parcelle V1, Olmeto**

Figure 16 : profil géo-pédologique et coupe de la parcelle V1 (Olmeto)

## PARTIE 3 : RÉSULTATS

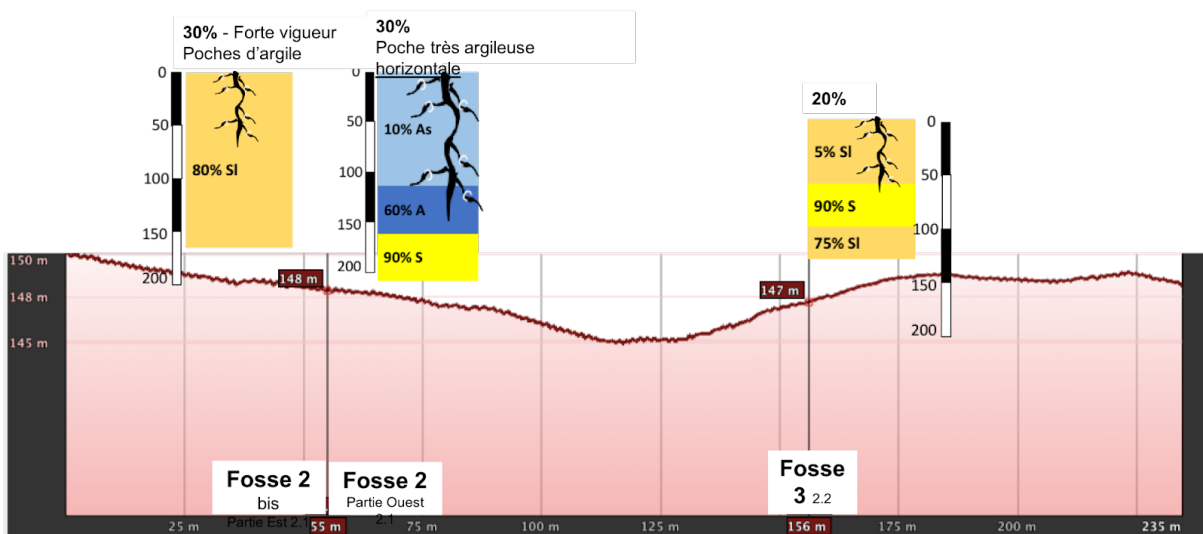
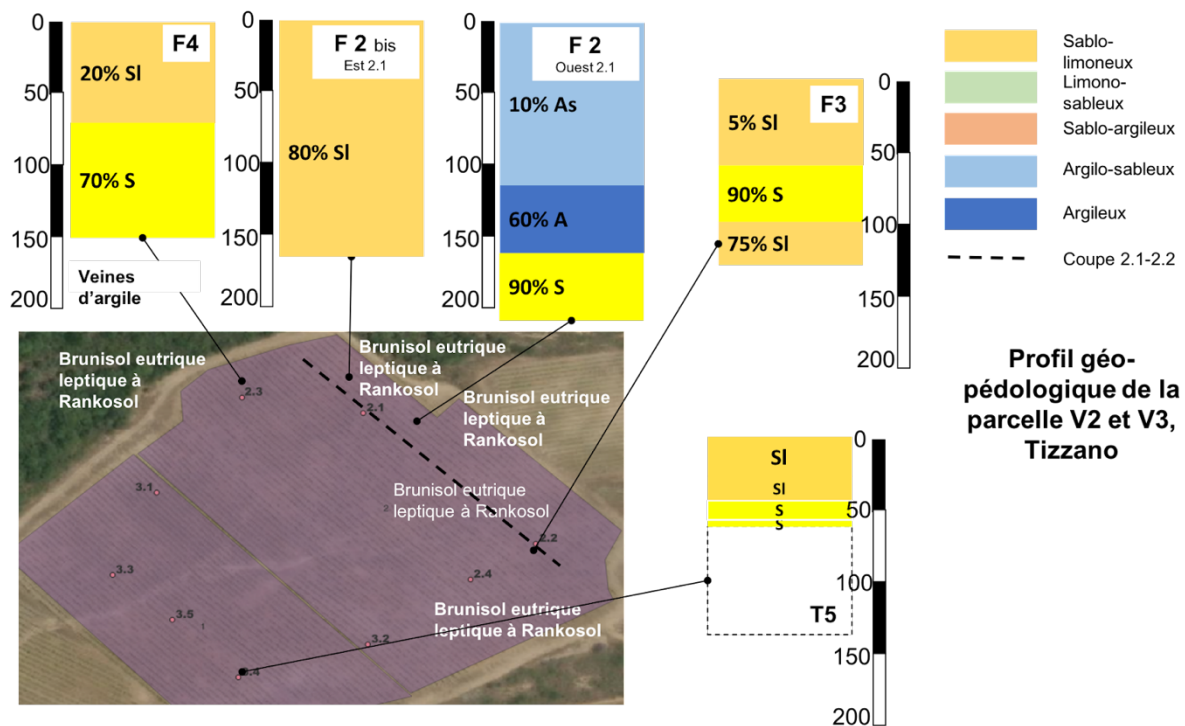
### I. Étude topographique et pédologique

#### A. Analyse pédologique

Les données géologiques obtenues et les observations réalisées sur les secteurs d'étude à Olmeto et Tizzano (éléments grossiers, profondeur du sol, texture du sol, enracinement, analyse physico-chimique) permettent d'identifier 3 types de sols différents :

- le **Colluviosol sableux** (*partie en contrebas de la parcelle V1*) : les colluviosols sont développés entièrement dans des colluvions de sable dont l'épaisseur est supérieure à 50 cm. Ce sont des formations de versant (petit lexique de pédologie, Quae 2011), localisées en bas de pente.
- le **Brunisol Eutrique leptique à Rankosol** (*parcelle V2 et les placettes 3.2 / 3.4*) : les rankosols sont des sols peu différenciés, caillouteux et peu épais. Le brunisol eutrique leptique se caractérise par un pH bas et par un taux de saturation élevé (rapport S/CEC) > 50 % dans tous ses horizons ou au moins dans certains d'entre eux. Les sols des placettes 3.2 et 3.4 et de V2 sont donc peu épais (épaisseur totale des horizons A + S inférieure à 40 cm). Ces sols, peu différenciés, caillouteux et caractérisés par un faible pH et un taux de saturation élevé.
- le **Brunisol Eutrique haplique** (*placettes 3.1 / 3.3 et 1.1/1.3*) : les placettes se caractérisent par des sols de type brunisols avec un horizon S bien développé, d'épaisseur normal, bien aéré et structuré. Le taux de saturation est élevé (> 50%).

**La parcelle d'Olmeto (V1)** : V1 présente à l'observation **une plus faible hétérogénéité** de vigueur entre ses placettes. Le sol est globalement profond (en moyenne 190 cm) avec un pourcentage d'EG en surface estimé à 5%. En profondeur (à partir de 60 cm ou 110 cm), on observe des traces d'oxydoréduction et de concrétion (bariolé) indiquant la présence d'eau temporaire ou une tendance à l'engorgement des sols. Le système racinaire est correctement déployé avec des racines nombreuses jusqu'à 110 cm en haut de pente et 60 cm en bas de pente. La partie basse de la parcelle V1 est riche en sable (T2), cette richesse peut être due à l'accumulation de sable liée au phénomène d'érosion ou aux dépôts de type colluvion en lien avec l'histoire géologique du site. En contre-bas Les horizons des fosses 1 et 5 et de T2 présentent une grande similarité : nous observons une **homogénéité des sols** de la parcelle.



Coupe 2.1 – 2.2 de la parcelle V2, Tizzano

Figure 17 : profil géo-pédologique et coupe des parcelles V2 et V3 (Tizzano)

La réserve Utile (RU) est estimée à 74 cm, il s'agit d'une réserve faible pour un sol viticole. Le **taux de matière organique** et le **CEC** sont très **faibles** (de l'ordre de 0,5% et 5,79 cmol/kg). Ce manque de matière organique peut conduire à un déficit d'azote et une baisse de vigueur. Ces sols sont riches en limons, avec une tendance au compactage et à l'engorgement.

**Les parcelles de Tizzano (V2 et V3):** la vigueur observée est différente entre les placettes et plus particulièrement entre V2 et V3. Le sol est globalement moins profond que la parcelle V1. Les horizons des fosses F2, F3 et F4 présentent des natures différentes et un pourcentage d'EG très variable : cela illustre l'hétérogénéité des parcelles.

**Parcelle V2 :** Le sol est majoritairement **sableux** avec une forte vigueur observée sur la partie haute (2.1 et 2.2). Cette vigueur peut s'expliquer par la **présence de poches d'argiles profondes horizontales** (F2 - Ouest 2.1). Ces veines d'argiles sont également présentes en contrebas de la parcelle (F4). Les taux de matières organiques sont très faibles (<0,5%), avec une **CEC faible** en surface mais qui augmente en profondeur. Les sols se caractérisent par un pourcentage élevé d'éléments grossiers favorables à la limitation du phénomène d'érosion et l'infiltration de l'eau dans les sols. Des traces d'hydromorphie sont toujours visibles, la présence d'une nappe d'eau temporaire est donc probable. En profondeur, des traces hydromorphiques sont visibles, les sols en profondeur sont frais surtout au niveau de la fosse 2 riches en argile et on observe une compacité importante dans les horizons intermédiaires. La présence de concrétion et de tâches en profondeur peut s'expliquer par la présence d'eau dû à un tassement des sols par augmentation de la teneur en limon en profondeur.

**Parcelle V3 :** Les sols de V3 présentent également un pourcentage élevé d'éléments grossiers. Un seul forage a été réalisé sur V3 : les pentes sont atténuées et la composition est majoritairement sableuse, avec une absence marquée d'humidité dans le sol. Il ne présente que deux horizons composant un sol d'1.5 mètres. On observe une vigueur moins prononcée que pour V2.

Les parcelles V2 et V3 se caractérisent donc par des sols avec des horizons supérieurs d'épaisseurs variables, pauvres en argiles (<10%) (excepté à l'Ouest de la fosse 2.1) pauvres en matières organiques et avec un faible capacité d'échange cationique en surface. La réserve en eau est **faible**, ces horizons superficiels reposent sur des horizons plus profonds sableux avec des poches argileuses (ou veines argileuses) qui tendent à capter l'eau. Cette eau est facilement extractible grâce à un système racinaire développé ramifié et plongeant favorisé par des sols avec un taux d'éléments grossiers élevés.

*Tableau 8 : présentation caractéristiques géo-topographique et pédologiques des parcelles d'étude*

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>
<b>Pierrosité</b>	Caillouteux en profondeur	Caillouteux dès ou près de la surface + en profondeur	Caillouteux dès ou près de la surface
<b>Type sol</b>	Brunisol eutrique haplique + colluviosol	Brunisol eutrique leptique	Brunisol eutrique leptique
<b>Lithologie</b>	Leucogranite	Monzogranites	Monzogranite
<b>Prof.sol</b>	140-190 cm	150-160 cm	150 cm
<b>RU</b>	74	60	56
<b>Pente</b>	1.1 : 7% // 1.2 : 3,4% 1.3 : 5% // 1.4 : 2,5%	2.1 : 5 % // 2.2 : 3,8% 2.3 : 8% // 2.4 : 6%	3.1 : 7,7% // 3.2 : 8,7% 3.3 : 2,2 % // 3.4 : 7,7%
<b>Exposition</b>	Sud-Est (figure 18)	Sud-Ouest (60%) et Ouest (40%)(figure 18)	Sud Ouest (60%) et Ouest/Nord-Ouest (15% / 25%) (figure 18)
<b>Altitude</b>	1.1 : 73,5 m 1.2 : 74,7 m 1.3 : 66,3 m 1.4 : 69,1 m <b>moy : 70,9 m</b>	2.1 : 153 m 2.2 : 153 m 2.3 : 145 m 2.4 : 145,7 m <b>moy : 149,2 m</b>	3.1 : 130 m 3.2 : 139 m 3.3 : 120,5 m 3.4 : 129,4 m <b>moy : 129,7 m</b>

Les argiles en profondeur sont accessibles par prospection, favorable au développement d'une vigne vigoureuse et plus tardive. V2 présente donc une structure légèrement plus argileuse, une RU de 60 mm et une CEC plus grande. Pour l'ensemble des parcelles, malgré la compacité importante dès les premiers horizons, la vigne présente une bonne prospection racinaire. La combinaison des sondages à la tarière et des fosses montre une différence de texture (plus argileuse pour le versant Est) entre les deux versants, avec une zone de transition des profils se trouvant au niveau du point bas.

## B. Topographie du vignoble

### Pente

Il est possible de classer les pentes suivant des catégories distinguées en fonction de l'influence sur l'écoulement de l'eau et l'érosion : ainsi, on estime que la pente de la parcelle V1 est **faible** (comprise entre 0 et 5%). V2 et V3 présentent des pentes moyennes (entre 5% et 10%) causées par une dépression géographique au centre de V2 qui se prolonge en contre-bas avec deux versants (tableau 9).

### Altitude

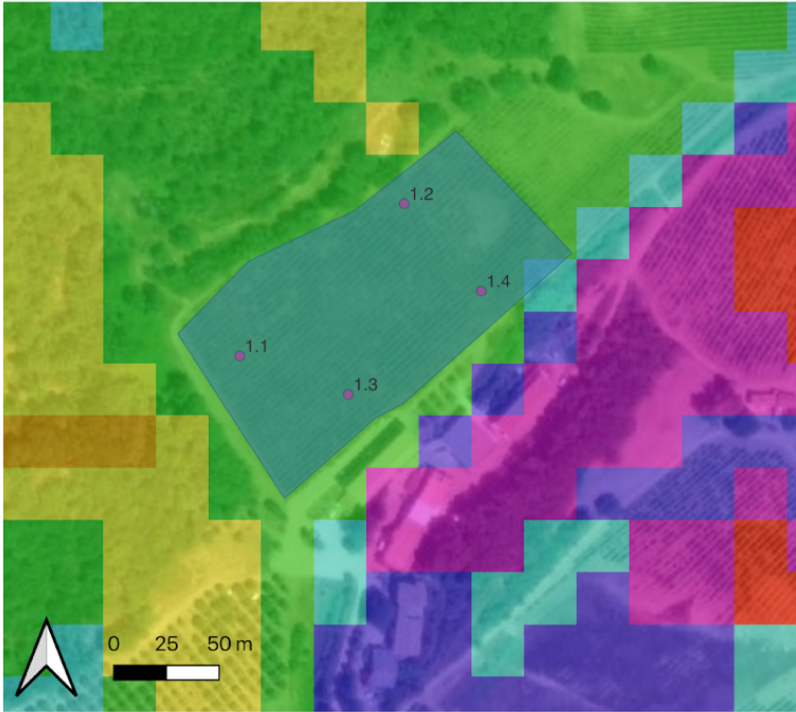
Les altitudes varient fortement entre V1, V2 et V3. Un dénivelé de **79 mètres** est observé entre V1 et V2. En revanche, cette variation est moins importante entre V2 et V3 avec un dénivelé estimé à **19 mètres (tableau 9)**.

### Exposition

**L'exposition** du vignoble joue sur l'incidence des rayons solaires sur les ceps donc sur le mûrissement et la richesse en sucres des grappes. Ces variations d'exposition peuvent être associées à des variations de températures locales des grappes et d'humidité ((Salomon, 1998). Ce facteur est corrélé à la **pente** et l'**orientation** de la parcelle. L'exposition Nord reçoit les rayons solaires une faible partie de la journée, la photosynthèse nette est donc plus faible. Cette exposition peut permettre de limiter la quantité de sucre dans les baies et la dégradation de l'acide malique. D'après Pierre Galet (2000) l'exposition **sud-est** et **sud** sont les meilleures pour la qualité du raisin, elles permettent d'augmenter le rayonnement incident et favoriser la photosynthèse. L'exposition **sud-ouest** reste bonne et préférable à une exposition nord. Les terrains exposés à l'est sont réchauffés le matin éliminant rapidement la rosée, ils ne sont plus exposés en début d'après-midi.

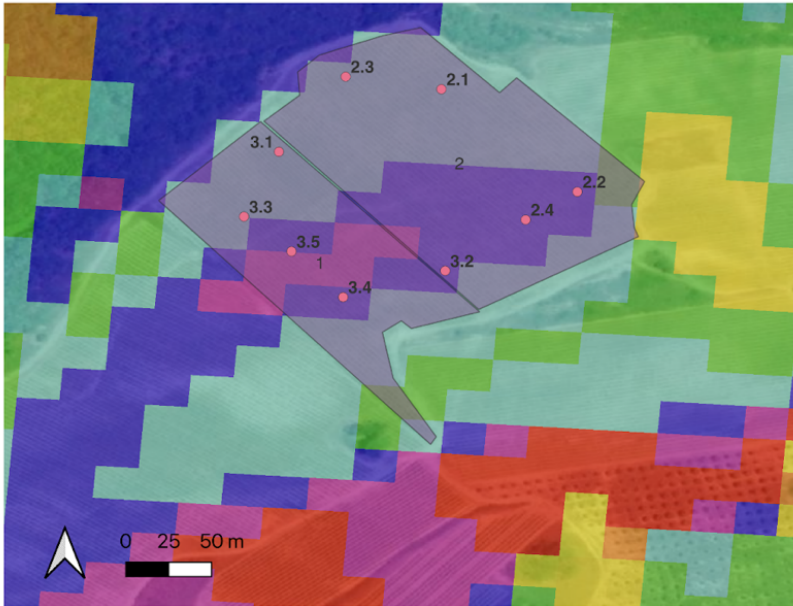
Les parcelles V1, V2 et V3 présentent des différences d'exposition. V1 est exposé au **Sud-Est**. V2 et V3 sont principalement exposées au **Sud-Ouest**.

Orientation des placettes de la parcelle V1  
Olmeto, Golf de Propriano



- Légende**
- Point\_gps\_localisation
  - Parcelle\_Olmeto
  - Exposition\_Olmeto
  - Bande 1 (Gray)
  - Nord
  - Est
  - Nord-Est
  - Est
  - Sud-Est
  - Sud-Ouest
  - Ouest
  - Nord-Ouest
  - Nord

Exposition des placettes de la parcelle V2 et V3  
Tizzano



- Point\_gps\_localisation
- Parcelle\_Tizzano\_V2
- Exposition\_Tizzano
- Bande 1 (Gray)
- Nord
- Est
- Nord-Est
- Est
- Sud-Est
- Sud-Ouest
- Ouest
- Nord-Ouest
- Nord

Figure 18 : exposition des placettes des parcelles de Olmeto et Tizzano



Cependant d'après le MNT à 25 mètres, V2 et V3 présentent des différences d'exposition intra-parcellaire. En effet, V2 et V3 se caractérisent par une dépression géographique au centre de la parcelle débutant à mi-hauteur de V2 et se prolongeant en contrebas de V3. Une partie de V2 et V3 est ainsi exposée Ouest et Nord-Ouest. Cela peut être responsable de différences de maturité.

## II. Caractérisation du climat en lien avec le cycle de la vigne

### A. Millésime 2023

*Les cumuls de précipitations mensuelles, les températures minimales/maximales/moyennes mensuelles sont comparés aux moyennes sur 4 ans pour les parcelles situées à Tizzano et Olmeto (2019-2022).*

Le millésime 2023 est précédé d'un millésime très sec et précoce. Il est marqué par un **hiver pluvieux** (plus de 250 mm en novembre et plus de 100 mm en décembre) à Tizzano et Olmeto. Ces précipitations au-dessus des normales de saison, ont permis de correctement recharger le sol au début du cycle végétatif.

Le **printemps** débute par de faibles précipitations par rapport à la moyenne pluriannuelle avec un cumul sur mars-avril compris entre 65 et 70 mm. À partir de mars, les températures maximales et moyennes deviennent significativement supérieures aux moyennes de saison. Le printemps sec et chaud favorise ainsi l'accélération des stades phénologiques de la vigne et permet de rattraper le retard acquis du fait de la forte pluviométrie hivernale et des températures douces.

Les précipitations des mois de mai et début juin précèdent un mois de juillet très sec avec une pluviométrie cumulée de 0 mm soit un déficit par rapport à la moyenne de 97%. Des épisodes orageux en août sont responsables d'un retard de maturation sur l'ensemble des parcelles V1, V2 et V3.

*Il s'agit d'un millésime atypique marqué par une richesse hydrique (principalement en hiver et fin mai-début juin). La pluviométrie hivernale élevée et les températures douces sont favorables au rechargement du sol et au débourrement. Un ralentissement de la pluviométrie en automne accompagné de températures élevées a profité au développement végétatif de la vigne et au développement de Mildiou rapidement contrôlé. La période qui s'étend de mi-juin à fin juillet se caractérise par une absence de pluie, les températures étant plus élevées que la moyenne pluriannuelle pendant la période de maturation.*

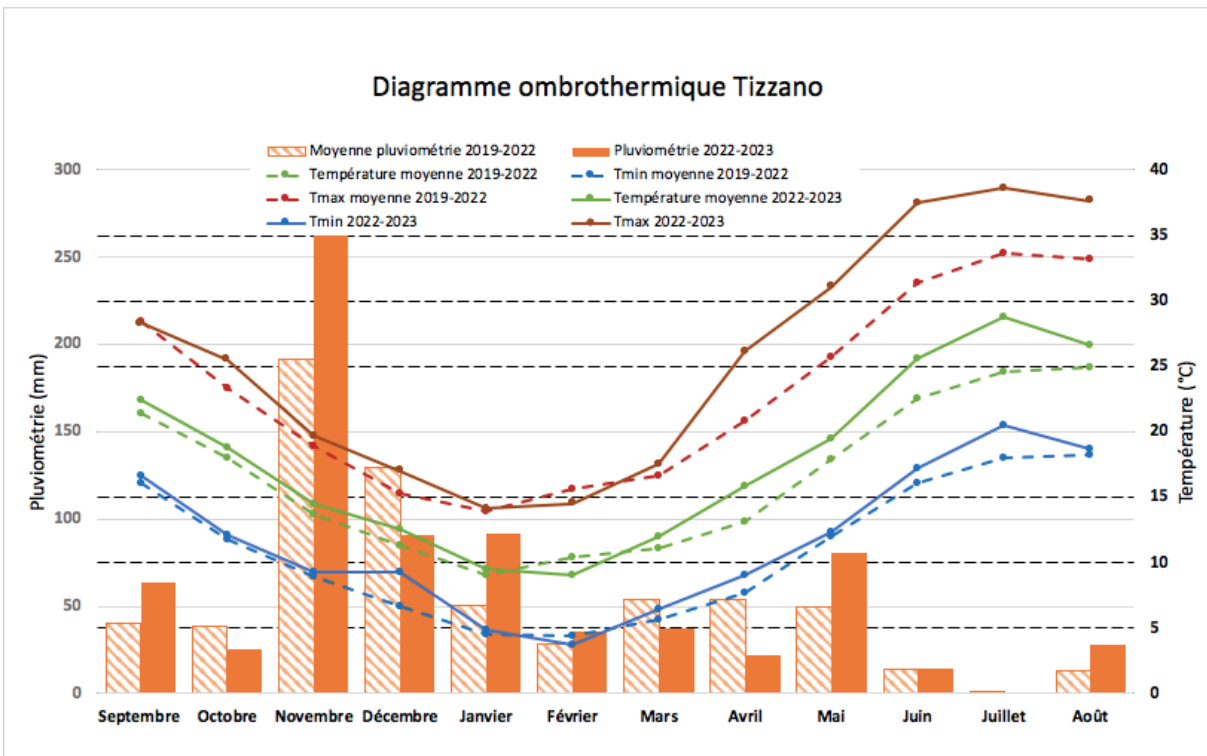
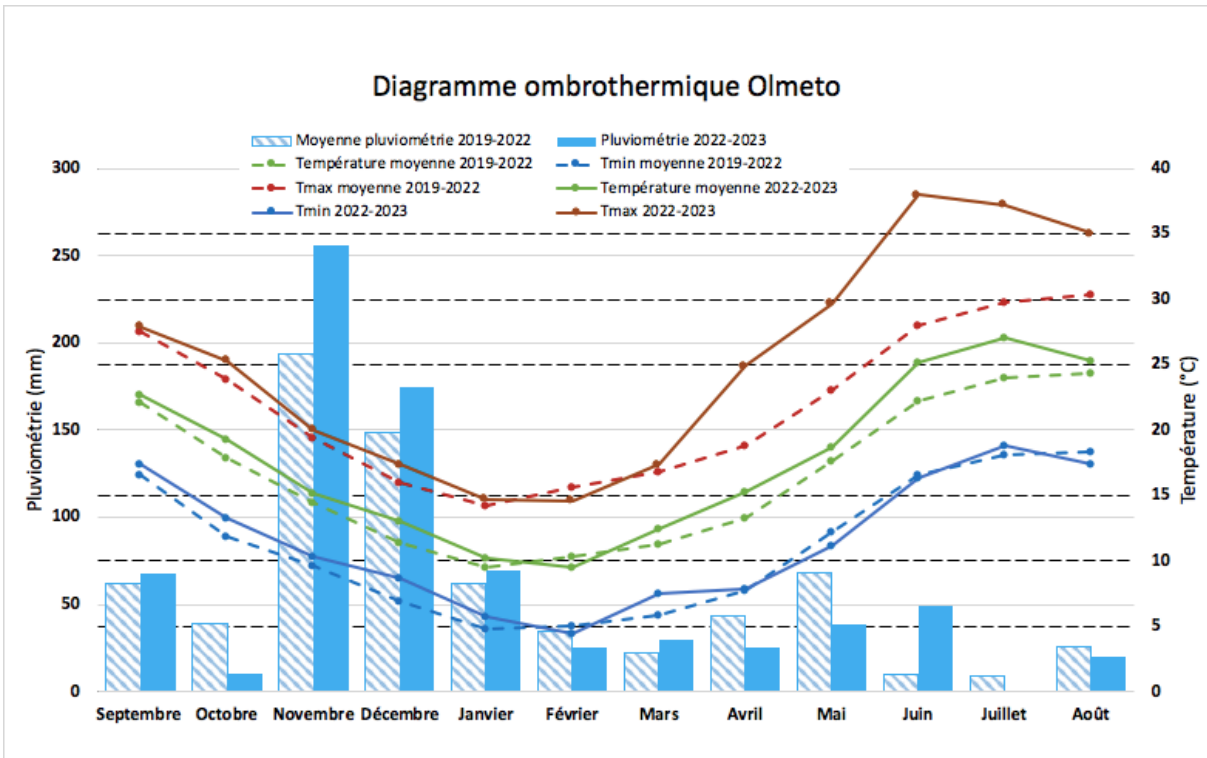


Figure 19 : Diagramme ombrothermique de la saison 2022-2023 établi grâce aux données climatiques relevées sur place et aux données de stations météo à proximité des parcelles

*Les précipitations et orages se sont ensuite concentrés sur le mois d'août au cours de la phase de maturation des baies conduisant à un retard des mécanismes de la maturation estimé à 1 à 2 semaines. Ainsi cette période riche en pluviométrie s'est poursuivie par un ralentissement/arrêt brutal avec un échauffement des températures.*

## **B. Apport des indices bioclimatiques et comparaison des températures extrêmes**

Il est pertinent d'étudier les indices bioclimatiques et de comparer les résultats entre Olmeto et Tizzano et par rapport à ceux obtenus en 2020. D'après le tableau 10, V1 se classe dans les **climats très chaud** alors que V2 et V3 se classent dans un **climat chaud**. Les résultats obtenus pour l'IF classe Olmeto en **nuit tempérée** et Tizzano en **nuit chaude**.

Sur la période qui s'étend d'Avril à Septembre (période de phénologie de la vigne), les températures maximales à Tizzano et Olmeto ne sont **pas significativement différentes** (environ 33-34°C). En revanche, les températures minimales sont **significativement plus faibles** à Olmeto ( $pvalue=0,007$ ) (-1,36°C), en accord avec l'IF (tableau 10). Ces nuits fraîches sont favorable au potentiel aromatique du raisin.

Les principales différences observées entre Olmeto et Tizzano concernent la pluviométrie cumulée : en effet sur la période de **Septembre 2022 à Août 2023**, la parcelle située à Olmeto a reçu **767 mm** contre **791 mm** à Tizzano. Il faut également souligner le fait que Olmeto observe ses températures maximales moyennes plus tôt dans l'année (dès le mois de Juin).

La moyenne des amplitudes journalières moyenne entre le 1er avril et le 23 septembre n'est pas significativement différente suivant la localisation géographique : elle est estimée à **18,5°C (figure 20)**.

L'altitude mais aussi l'exposition des parcelles contribuent généralement à cette variabilité de température mesurée entre les sites. Les facteurs micro- et méso-climatiques jouent un rôle important dans le comportement de la vigne et le potentiel de maturation du raisin.

## **III. Le comportement de la vigne : étude des réponses éco-physiologiques de la vigne**

### **A. Stade phénologique en lien avec le millésime**

En 2022, d'après le bulletin de santé du végétal, le débourrement a débuté le **20-30 mars** et s'est poursuivi jusqu'à **mi-fin avril**. Ces données sont très similaires sur les **4 dernières années** pour le Vermentinu en Corse (2019-2022). Le retard a été rattrapé, la floraison a eu lieu début Juin (contre mi-juin en 2021). La véraison a débuté le 10 juillet, voire plus tardivement.

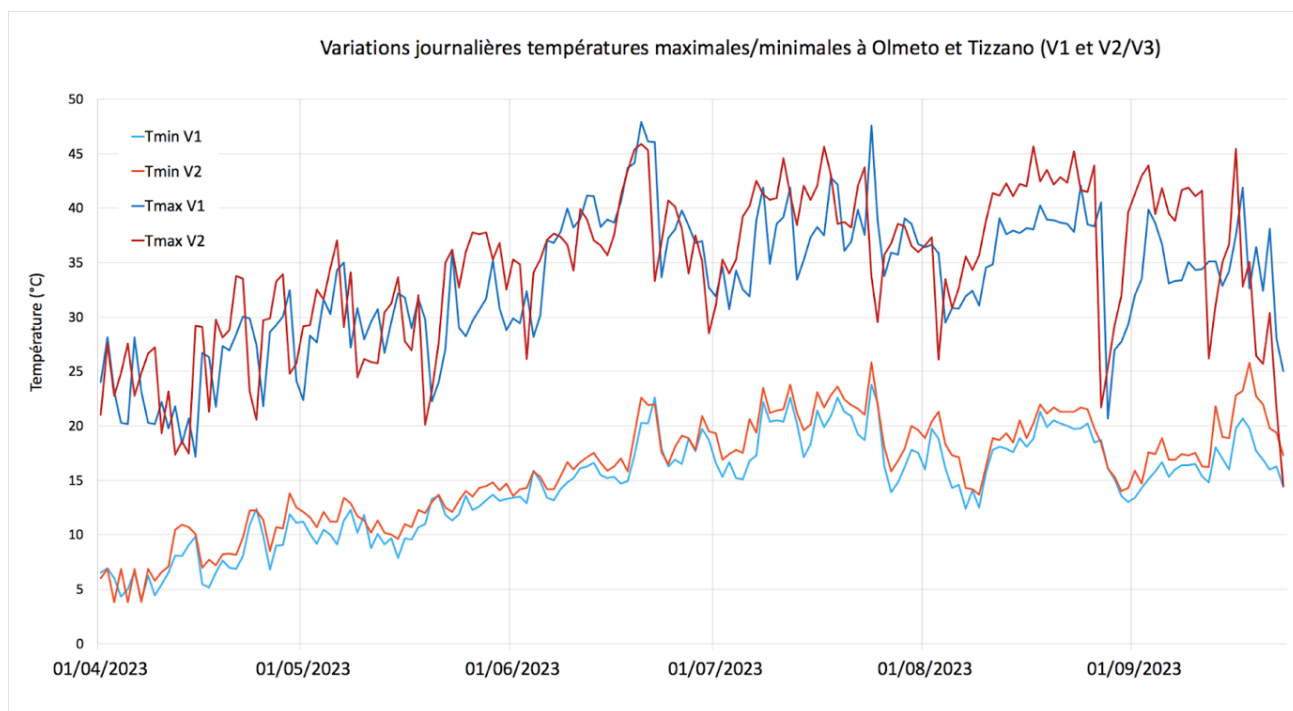


Figure 20 : Variations journalières des températures à Olmeto et Tizzano (Source : données issues du Tiny Tag)

Tableau 9 : résultats pour les indices agroclimatiques étudiés

Parcelle	IH	Classe associée	Indice de fraîcheur des nuits	Classe associée
V1	3197,7	> 3000	17,35°C	Nuit tempérée (16°C<IF<18°C)
		<b>Très chaud</b>		
V2/V3	2721,7	2400<IH<3000	18,2°C	Nuit chaude (>18°C)
		<b>Chaud</b>		

Tableau 10 : Résultats stades phénologiques des parcelles d'étude

Parcelle	Date Débourrement	Date mi nouaison	Date mi floraison	Date mi véraison	Date arrêt de croissance
V1	30/4-31/4	27/5-28/5	11/6-12/6	30/7-31/7	26/07
V2	03/5-04/5	27/5-28/5	10/6-11/6	30/7-31/7	22/07-23/07
V3	30/4-31/4	28/5-29/5	13/6-14/6	27/7-28/7	22/07-23/07

Les récoltes se sont ensuite concentrées la 2<sup>e</sup>-3<sup>e</sup> semaine d'août (fin août-début septembre en 2021).

Pour le millésime **2023**, le stade débourrement débute fin avril pour les parcelles V1 et V3 et début mai pour la parcelle V2. Le retard est estimé à 1-2 semaines : ce retard peut s'expliquer par un hiver pluvieux et doux. Il n'y a pas de différences significatives entre les dates de débourrement des parcelles. Le retard est rapidement rattrapé, la floraison s'est enchaînée grâce à des **températures élevées** et une **forte pluviométrie printanière** (fin mai-début juin) (figure 19): la date de mi-floraison est fin mai (le vermentinu étant un cépage tardif) pour les trois parcelles (V1 et V2 le 27-28 mai et V3 le 28-29 mai). La floraison est plus précoce pour les 3 parcelles en comparaison aux millésimes précédents. Les dates sont quasi-identiques à ½ jours près. La mi-véraison des parcelles a eu lieu le **30-31 juillet (V1 et V2)** et le **27-28 juillet (V3)**.

La variabilité spatiale de la phénologie est très faible en **2023**, la floraison est homogène avec des différences très réduites. Ce millésime est également marqué par un faible taux de coulure et une belle qualité de floraison.

## **B. Statut hydrique de la vigne**

### Potentiel hydrique de base

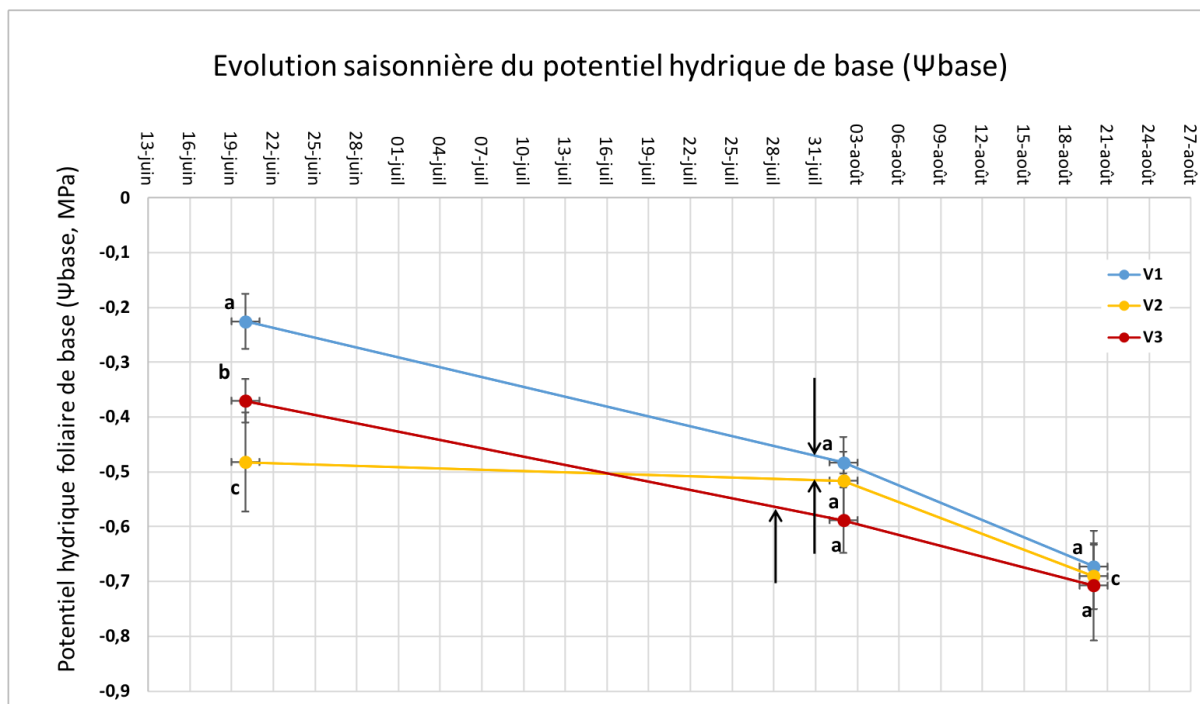
*Les potentiels de bases sont mesurés entre la phase de véraison et de maturation des baies.*

Du début de la nouaison à la fermeture de la grappe, la vigne n'a subi aucune contrainte hydrique pour les parcelles V1, V2 et V3. Durant la phase de croissance herbacée, période marquée par la division et l'expansion cellulaire, l'alimentation en eau non limitante est favorable au développement de baies de taille conséquente et à de forts rendements. Les précipitations localement abondantes empêchent l'installation de la contrainte hydrique à la nouaison.

A partir de la mi-juin, le temps change radicalement et une période sèche s'installe avec des températures plus extrêmes.

De la fermeture de la grappe à la mi-véraison, une **faible contrainte hydrique** s'installe sur V1.

Les parcelles V2 et V3 sont soumises à une contrainte **faible à modérée**. La photosynthèse et la croissance végétative sont donc ralenties. Cette contrainte hydrique sur les parcelles V2 et V3 peut expliquer des différences de vigueur observées avec V1.



**Figure 21** : Évolution saisonnière du potentiel hydrique de base ( $\Psi_{base}$ ). Les flèches noires indiquent la date estimée du stade 50% de véraison.. Les lettres différentes signalent une différence statistique à 5 % de probabilité. Chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions

**Tableau 11** : valeurs seuils de potentiels hydriques foliaires de base et contrainte associée

Potentiel de base (Mpa)	Contrainte hydrique
> -0,2	Absence de contrainte
-0,2 à -0,3	Contrainte faible
-0,3 à -0,5	Contrainte faible à modérée
-0,5 à -0,8	Contrainte modérée à sévère
<-0,8	Contrainte sévère

**Tableau 12** : résultats potentiels foliaires de base des parcelles d'étude

Parcelle	$\Psi_{base}$ (Mpa)	écart-type	$\Psi_{base}$ (Mpa)	écart-type	$\Psi_{base}$ (Mpa)	écart-type
	20 Juin		02 Août		20 Août	
V1	-0.225 a	0.05	-0.483 a	0,04	-0.67 a	0,09
V2	-0.370 b	0.02	-0.519 a	0,06	-0.690 a	0,08
V3	-0.482 c	0.04	-0.588 a	0,1	-0.707 a	0,06
Pr>F (Modèle)	1.39e-05		0.186		0.813	
Significatif	Oui		Non		Non	

Au cours de la phase de maturation, une **contrainte hydrique modérée à sévère** s'installe sur l'ensemble des parcelles d'étude. Des précipitations fin août début septembre nivèlent les potentiels et réduisent les contraintes appliquées à V1, V2 et V3.

La vigueur de la vigne est liée à son alimentation hydrique, il est pertinent de vérifier s'il existe une corrélation entre ces variables. En effet une faible disponibilité en eau des sols entraîne une diminution de la croissance végétative. Ce phénomène peut provoquer un arrêt de croissance précoce. La contrainte hydrique est également responsable d'une diminution de la taille des baies et du rendement. Cela s'observe principalement si le déficit s'installe avant véraison.

V1, V2 et V3 présentent des valeurs de potentiels de base **significativement différentes** avant véraison. Cependant ces différences se nivèlent ( $pvalue > 0,5$ ) principalement au cours de la phase de maturation (tableau 12). Contrairement à 2020, la contrainte hydrique ne semble pas être une variable discriminante pour les parcelles d'étude.

#### Simulation de bilan hydrique

---

**En 2022 (figure 22)** • De Janvier à mi-juin les parcelles de Tizzano et Olmeto ne semblent pas souffrir de déficit hydrique. C'est à partir de mi-mai que la valeur de leur FTSW chute drastiquement pour passer de 0,8 (Olmeto) et de 0,9 (Tizzano) à moins de 0,1. Cette chute est plus rapide et intense à Tizzano (0,1 début juin contre 0,1 début Juillet à Olmeto).

Du mois de **Juin à début août**, la contrainte est **forte à très forte** pour l'ensemble des parcelles d'étude.

À partir de **début Août**, la FTSW augmente fortement à Olmeto (intempéries) avec une disparition du déficit hydrique pendant la phase de maturation. En revanche à Tizzano, la phase de maturation des raisins s'accompagne d'une contrainte forte à modérée. Les pluies de fin septembre et début octobre ainsi que les pratiques d'enherbement des parcelles permettent de retrouver une situation favorable de la FTSW des sols ( $>0,4$ ) dès la fin septembre à Tizzano et Olmeto. À la sortie de l'hiver, les sols se sont correctement chargés avec une FTSW de 0,9 pour l'ensemble des parcelles. Les fortes pluviométries en fin d'année 2022 et en début d'année 2023 participent ainsi à une diminution de la sensibilité au déficit hydrique du millésime 2023.

**En 2023 (figure 22)** • La FTSW entre Tizzano et Olmeto est très similaire de Janvier à Avril. Cependant sur la période d'avril à Juin, la FTSW à Tizzano est **significativement inférieure** à celle de Olmeto. Cette période correspond au post-débourrement et pré-véraison. Ces résultats sont en accord avec les estimations de potentiel hydrique foliaire de base ;

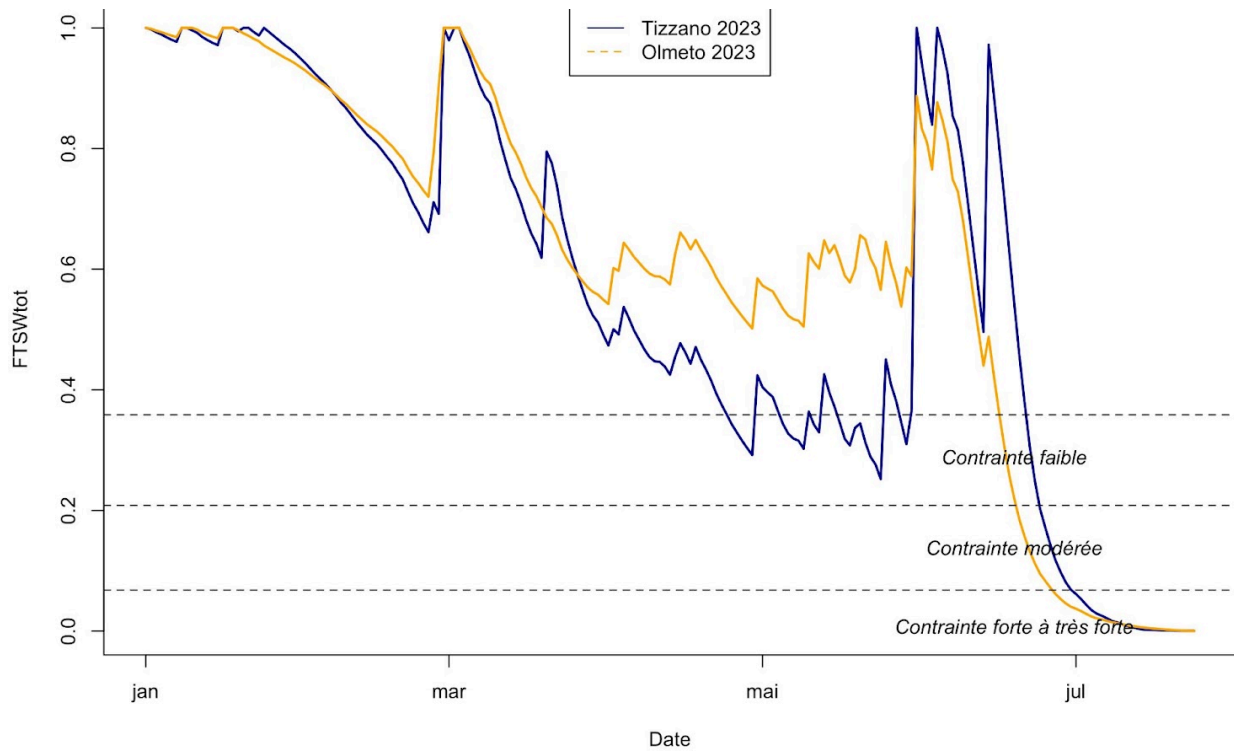
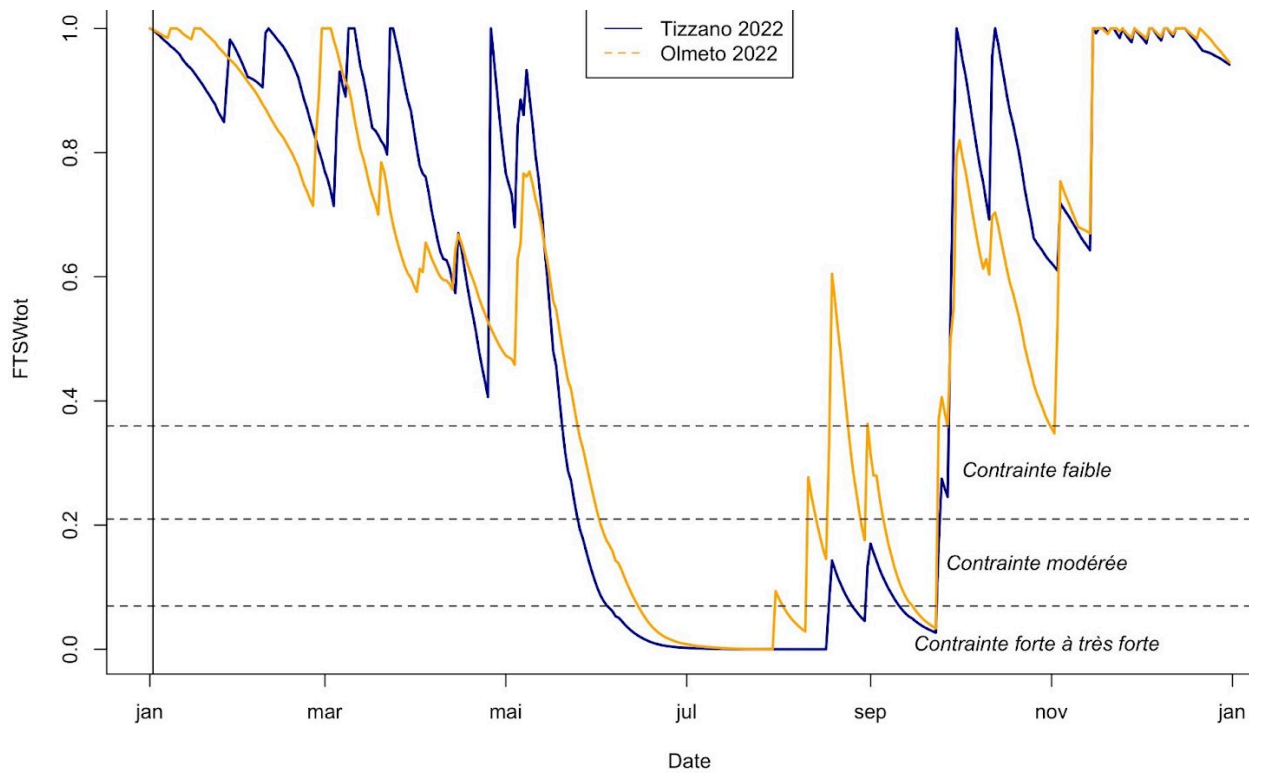


Figure 22 : Résultats simulation bilan hydrique 2022 et 2023



les parcelles V2 et V3 souffrent d'une contrainte faible à modérée. En revanche la parcelle V1 ne souffre pas de contrainte hydrique.

En revanche à partir de **mi-juin** à Olmeto et **début juillet** à Tizzano, la FTSW chute pour atteindre une contrainte **forte à très forte**. Les potentiels hydriques foliaires de base le 20 août s'accordent sur une contrainte modérée à sévère.

Le bilan hydrique s'accorde donc avec les informations obtenues par analyse du potentiel hydrique de base et les données climatiques : des différences semblent se confirmer entre les parcelles V1, V2 et V3. Elles concernent principalement la pluviométrie observée et sa répartition. Les contraintes hydriques pré-véraison semblent **significativement plus importantes** à Tizzano. Cependant les différences s'estompent à partir du mois de Juin. Malgré des sols bien rechargés et une forte pluviométrie sur les parcelles, la FTSW chute rapidement à Tizzano et Olmeto pour atteindre une contrainte forte à très forte. Cette contrainte semble surévaluée par rapport aux mesures de potentiel hydrique de base. Cependant ce modèle présente des limites : il doit venir en complément des résultats de potentiel hydrique ou de delta C13 car il ne prend pas en compte la **profondeur des sols, les paramètres physiques** tels que la **pente, l'orientation** des parcelles, **l'altitude, les amplitudes thermiques...**

Il est nécessaire de mettre en lien les résultats de simulations avec les faits observés : ce n'est pas parce qu'il y a une contrainte hydrique forte que la vigne souffre.

### Indice d'Arrêt de Croissance

La phase de développement végétatif de la vigne se poursuit par une phase de ralentissement qui se termine par l'arrêt de croissance. Ce dernier se manifeste par le dessèchement et la chute du bourgeonnement apical. Il intervient généralement entre 90-120 jours après le débourrement. Par la suite, les sucres des feuilles adultes migrent vers les organes de stockages, c'est-à-dire les baies.

Pour chaque mesure réalisée, une analyse statistique par **ANOVA** met en évidence une différence significative entre les IAC de **V1** et **V2** et de **V1** et **V3** : la parcelle V1 présente un IAC **significativement inférieur** à V2 et V3. Les trois parcelles subissent un arrêt de croissance pré-véraison, plus précoce que en 2020 (figure 24).

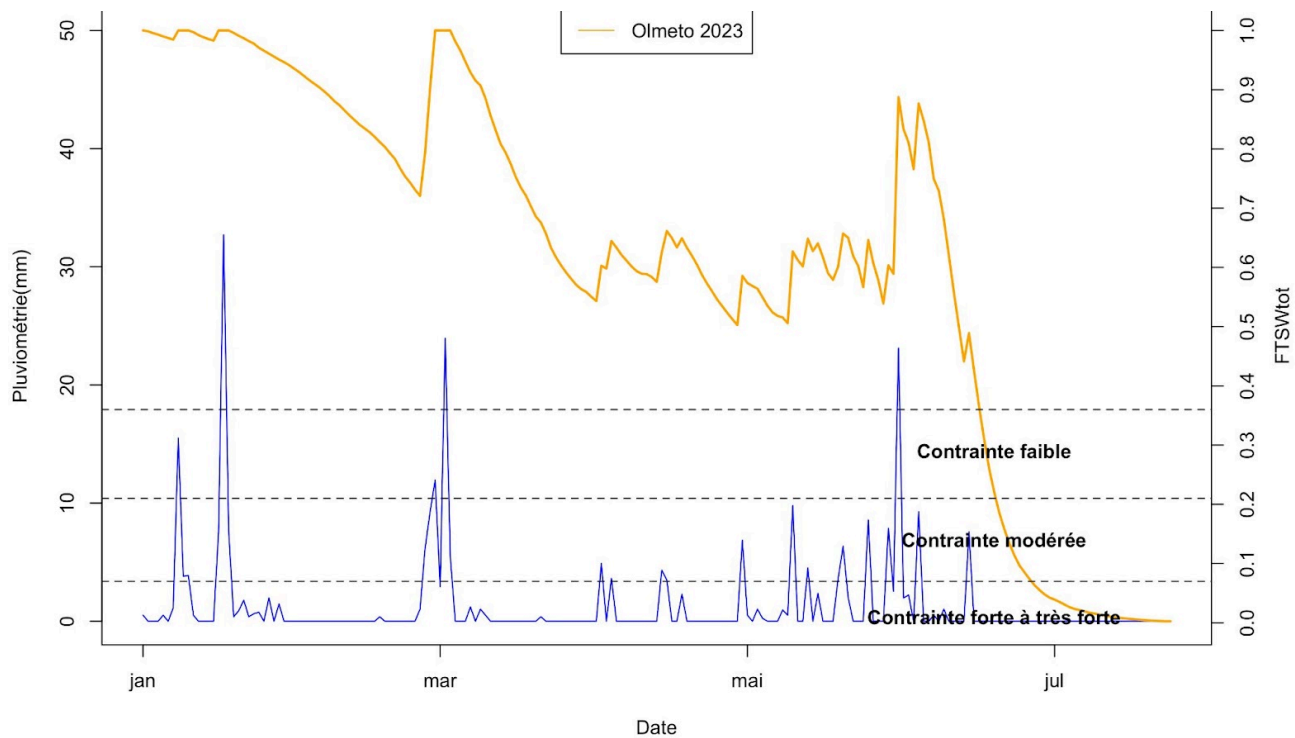
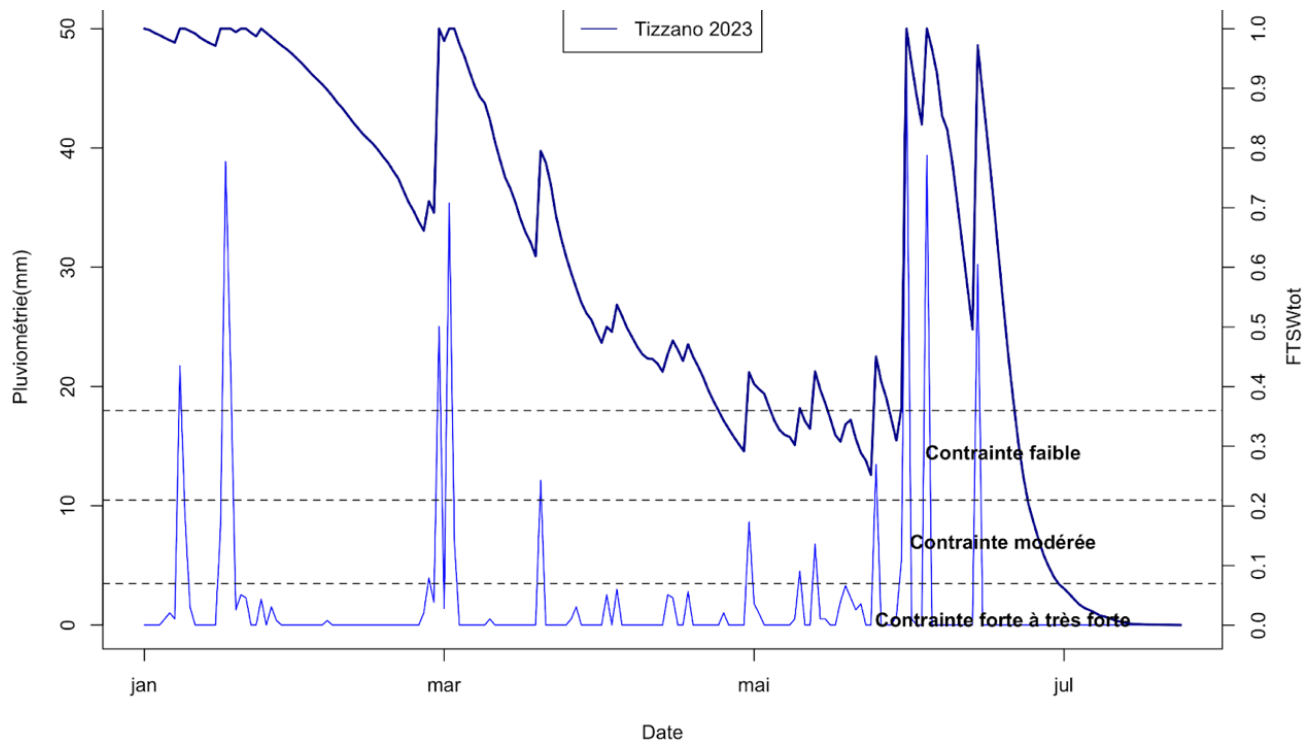


Figure 23 : Statut hydrique de la vigne pour le millésime 2023 à partir de la simulation de bilan hydrique

Les parcelles V2 et V3 se sont arrêtées de croître **mi-juillet** et V1 un peu plus tardivement. Cette précocité peut dépendre du régime hydrique de la vigne. Un régime hydrique limitant peut provoquer un arrêt de croissance, ainsi son développement végétatif est stoppé pendant la maturation, limitant le développement de la surface foliaire du cep. Cela est favorable à une alimentation carbonée de la baie (Tregoat et al., 2002). **Un déficit hydrique pré-véraison** participe également à la limitation de la taille des baies favorisant la concentration en sucres des baies et une diminution de leur teneur en acide malique.

L'arrêt de croissance s'est manifesté tôt dans la saison, les conditions d'alimentation hydriques contraignantes en Juillet peuvent expliquer l'arrêt de croissance végétatif en lien avec un ralentissement de la vitesse de croissance des rameaux.

**Hypothèse** : La réserve utile est probablement liée à la date d'arrêt de croissance : le sol de V1 présente une réserve utile (RU) plus importante, l'arrêt de croissance a été constaté plus tardivement (**26 juillet**) soit 3 jours après V2 et V3 dont la RU est inférieure à 60mm.

### C. Nutrition azotée de la vigne

#### Analyse de sol

---

Nous nous intéressons aux analyses de sol des premiers horizons concernés par l'absorption racinaire afin d'identifier la disponibilité en azote des sols des parcelles. Les résultats sont disponibles dans le tableau 13. **Le pourcentage de matière organique** dans les sols de V1, V2 et V3 est **très faible** (<1%). En revanche le rapport C/N est **correct**, il permet une forte minéralisation et une bonne évolution de la matière organique. Les teneurs en azote total, en matière organique et en carbone sont considérées comme **faibles** sur l'ensemble des analyses. Ce déficit est compensé par un apport en azote foliaire, la corrélation entre la teneur en azote des sols et celle de la vigne n'est donc pas pertinente.

**Limites** : seul l'azote total est dosé car sa teneur varie peu au cours de la saison cependant les valeurs peuvent être très variables suivant le prélèvement (van Leeuwen & Friant, 2011)). Il est nécessaire de compléter les analyses obtenues par des analyses microbiologiques afin de comprendre la dynamique de l'alimentation en azote de la vigne.

#### N-tester

---

L'indice chlorophyllien est mesuré à véraison sur chaque placette le **01 août 2023**. À ce stade (post mi-véraison), l'azote est redistribué vers les "*organes puits*" (les baies) pour la synthèse d'acides aminés. Les valeurs de N-tester semblent être en relation avec la fertilité azotée des sols (Tregoat et al., 2002).

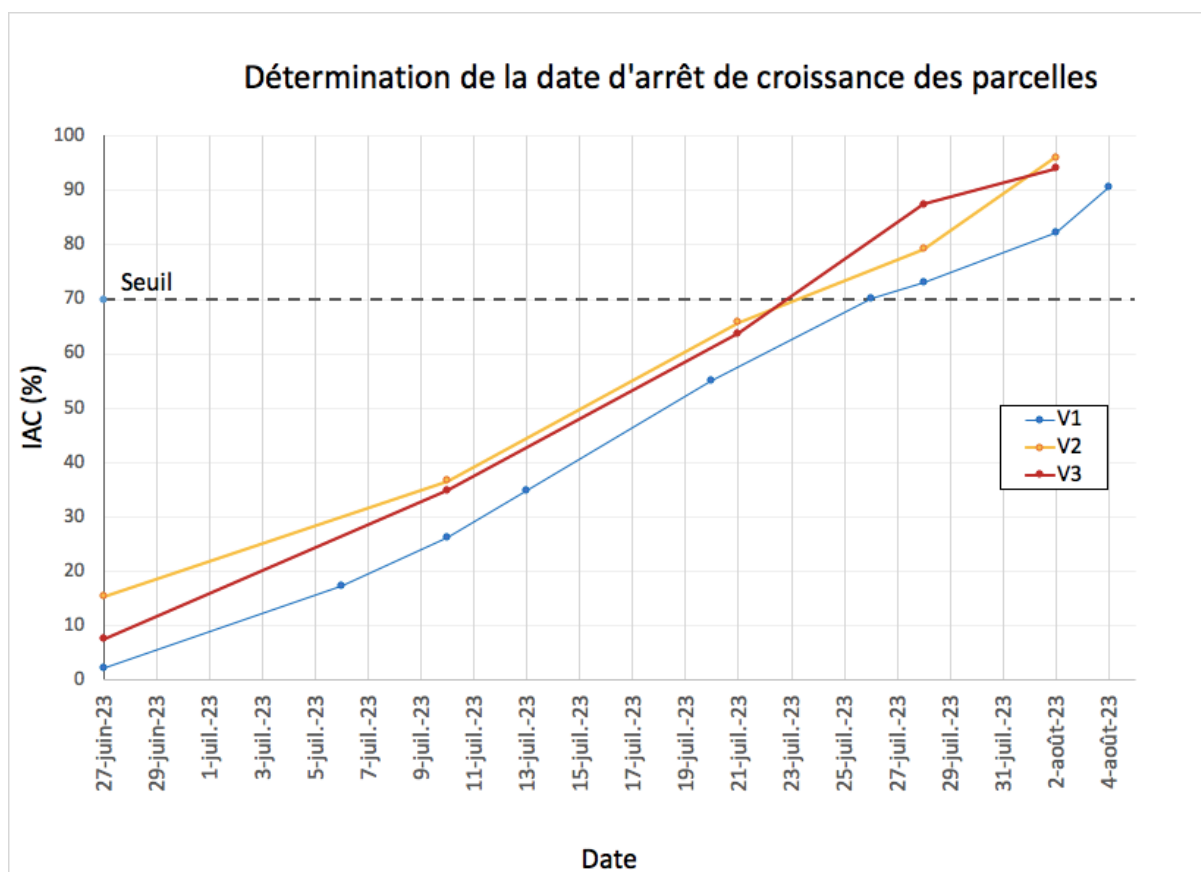


Figure 24 : détermination de la date d'arrêt de croissance des parcelles d'étude

Tableau 13 : évaluation paramètres du sol des parcelles d'étude

Parcelle	Matière organique (%)	Azote totale (%)	C/N
V1	0,4	0,03	7,75
V2	0,349	0,024	8,25
V3	0,348	0,021	9,5

Tableau 14 : valeurs pour l'indice chlorophyllien (N-tester)

Parcelle	Indice chlorophylle	écart-type
V1	533,35 a	9.81
V2	481,50 b	13,82
V3	487 b	24,4
Pr>F (Modèle)	0.00385	
Significatif	Oui	

Cependant le N-tester, dans notre cas d'étude est surtout employé pour différencier le statut azoté entre les parcelles V1, V2 et V3. Il est difficile d'établir des normes d'interprétations précises puisque les valeurs du N-tester varient au cours de la saison et en fonction du cépage (van Leeuwen & Friant, 2011).

La valeur moyenne de l'indice chlorophyllien pour la parcelle V1 est **significativement supérieure** à V2 et V3 (tableau 14). Les résultats de l'ANOVA décrivent deux groupes distincts suivant la localisation géographique ( $pvalue=0,00385$ ).

L'alimentation en azote est donc **significativement différente** entre Tizzano et Olmeto d'après l'interprétation de l'ANOVA : ces résultats et distingue deux groupes suivant les zones géographiques ( $p(F)>0.009$ ).

#### Dosage de l'azote assimilable dans les moûts

Au cours du dernier contrôle maturité datant du **06 septembre 2023**. (tableau 15), un dosage de l'azote assimilable sur moût est conduit pour l'ensemble des parcelles d'études. D'après les résultats de l'ANOVA, **aucune différence significative** n'est observée entre les parcelles pour ces mesures. Les valeurs élevées d'azote assimilable dans le moût peuvent s'expliquer par une complémentation en azote foliaire.

La teneur en azote assimilable du moût varie principalement suivant l'alimentation en azote de la vigne, le rendement et le régime hydrique (van Leeuwen & Friant, 2011).

Les mesures effectuées par le N-tester et les résultats des analyses d'azote assimilable sur baies et moûts semblent indiquer un niveau de nutrition azotée suffisant des vignes des parcelles. Le N-tester permet de mettre en évidence des différences significatives entre V1 et V2/V3. Cependant, les résultats d'analyse de sols attestent d'une faible quantité d'azote dans les sols. Nous pouvons donc nous interroger sur le facteur responsable de l'écart sol-plante.

Tableau 15 : valeurs en azote assimilable du moût le 06 septembre

Parcelle	Nass	écart-type
V1	263,75 a	28,3
V2	238,5 a	49
V3	197,5 a	44,2
Pr>F (Modèle)	0,129	
Significatif	<b>Non</b>	

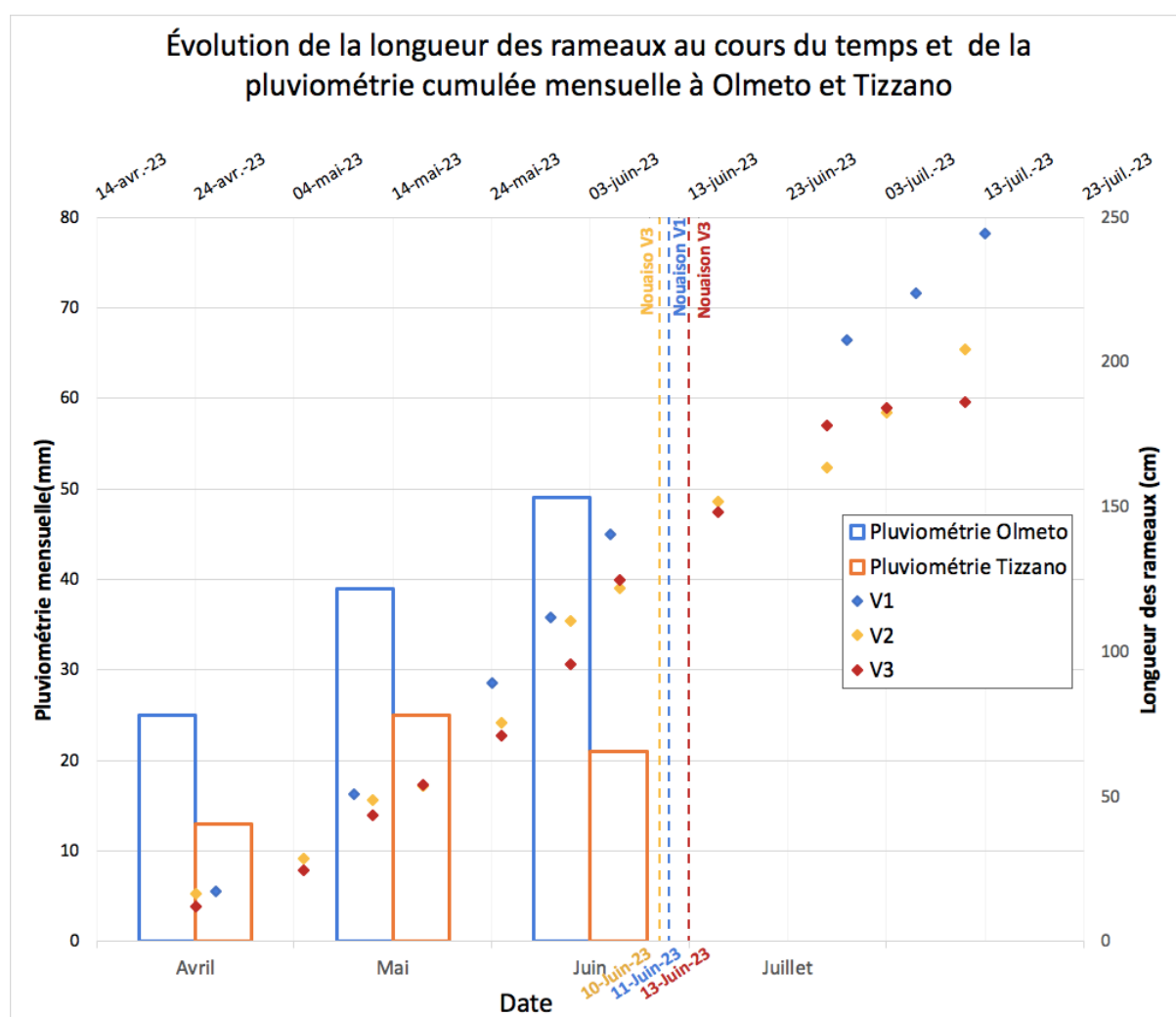


Figure 25 : évaluation longueur des rameaux primaires des parcelles d'étude

## D. Développement végétatif et productivité

### Croissance des rameaux primaires

---

Dès la nouaison (respectivement le 10 juin et le 13 juin), la vitesse de croissance des rameaux primaires des parcelles V2 et V3 diminue. Ce ralentissement se produit peu de temps avant la chute de leur apex estimée au **22-23 juillet 2023**.

La parcelle V1 est encore en phase de croissance active jusqu'au **13 juillet**, la date estimée de chute des apex est le **26-27 juillet** soit environ 1 semaine après V2 et V3. Les températures strictement supérieures aux normales de saison (figure 19) des mois d'Avril, mai et juin principalement sur la parcelle V1 et une pluviométrie cumulée importante a pu participé à une croissance rapide et intense des rameaux.

La vitesse d'allongement des rameaux fluctue entre **0,5** et **5,8 cm/jour** suivant les parcelles et les périodes d'observation. La vitesse de croissance des rameaux est légèrement plus faible pour V2 et V3. Ces parcelles présentent notamment des réservoirs en eau plus faibles (estimation de la RU).

Ces données sont probablement corrélées à la surface foliaire exposée des ceps donc à l'expression végétative des parcelles. Elles dépendent fortement des conditions d'alimentation hydrique et azotée : les analyses en composantes principales vont permettre de vérifier l'existence ou non de ces corrélations.

### Développement de la SFE

---

En 2020, la surface foliaire exposée (SFE) était de l'ordre de **0,931 m<sup>2</sup>** pour V1, de **1,017** pour V2 et **0,962** pour V3. En 2023, elle est de **1,160 m<sup>2</sup>** pour V1, **0,840** pour V2 et **0,942** pour V3 (tableau 17). L'analyse par ANOVA permet de différencier significativement les parcelles, l'épaisseur du feuillage est le **premier paramètre** de variabilité de la SFE. La parcelle V1 se caractérise donc par une **SFE plus importante**.

*Une hypothèse : La réserve utile estimée de V1 est supérieure à V2 et V3, il ressort donc que le site à plus forte RU présente une SFE significativement supérieure aux sites à plus faibles RU.*

### Estimation du rendement

---

Le rendement de V1 est estimé à **46,2 hL/ha** soit **1,08 kg/m<sup>2</sup>**. Son rendement est légèrement supérieur à **2020** (1,04 kg/m<sup>2</sup>). Cependant, la cicadelle a fortement impacté le développement des baies en phase de maturation : il est difficile de déterminer avec précision les variables concernées par l'action des cicadelles et dans la mesure des dégâts.

**Tableau 16 :** évaluation de la surface foliaire exposée des parcelles d'étude

Parcelle	Hauteur (cm)	Épaisseur (cm)	SFE(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
<b>V1</b>	128,4 a	122.70833 a	1.160 a
<b>V2</b>	102,71 a	95.31250 b	0,840 b
<b>V3</b>	99,7 a	82.83333 b	0.942 b
Pr>F (Modèle)	0.0657	0.00042	0.00324
Significatif	<b>Non</b>	<b>Oui</b>	<b>Oui</b>

*Test Newman-Keuls de groupes homogènes au seuil de 5p. cent.*

**Tableau 17 :** les composantes du rendement : nombre de grappes par souche, poids des baies et des grappes à la vendange et rendement par mètre carré. Les lettres présentent une différence significative à 5% de probabilité.

Parcelle	Grappes /souche	écart-type	Poids baies (g) (100 baies)	écart-type	Poids/grappe (g)	Rendement (kg/m <sup>2</sup> )	Rendement estimé (hl/ha)
<b>V1</b>	9,03 a	3,37	252,75 a	7,13	214,8 a	1,08 a	46,2
<b>V2</b>	13,27 b	3,25	215,50 b	13,5	183,17 b	2,1 b	57,8
<b>V3</b>	11,36 c	3,17	191 c	19,8	162,35 c	1,29 c	43,87
Pr>F (Modèle)	8.65e-10		0.00067		0,00032	3,01e-07	
Significatif	<b>Oui</b>		<b>Oui</b>		<b>Oui</b>	<b>Oui</b>	



D'autre part, il s'agit d'une estimation localisée sur les blocs (placettes), il peut donc y avoir un écart si l'on se ramène à l'échelle de la parcelle entière. V2 présente un rendement significativement différent de V1 et V3 et strictement supérieur (2,1 kg/m<sup>2</sup>). V2 possède également le nombre de grappes par souche le plus élevé avec en moyenne 13 grappes/pied. Le faible rendement de V1 peut s'expliquer par la faible charge des pieds. Les poids de grappes sont également significativement différents : le nombre de grappes/pied de V1 est le plus faible cependant les grappes sont plus lourdes avec en moyenne un poids estimé à 215 grammes. Le poids des grappes de V2 et V3 est plutôt moyen.

Le rendement observé s'avère être supérieur aux moyennes estimées. Ces estimations sont peu satisfaisantes car elles ne rendent pas compte du rendement réel de la récolte par la non prise en compte de l'hétérogénéité des parcelles, des pieds et du nombre de grappes par pied. On observe des différences significatives principalement pour le rendement et le poids des baies. En effet V1 présente un nombre de grappes par cep plus faible que les autres parcelles cependant il s'agit des grappes les plus lourdes avec un rendement estimé à 1,08 kg/m<sup>2</sup>. V2 présente le nombre de grappes le plus élevé avec un poids de grappe moyen (183 g/grappe) et le rendement le plus haut (2,1 kg/m<sup>2</sup>). En 2020, V3 était la parcelle la plus productive (1,16 kg/m<sup>2</sup>) suivie par V2 (1,11 kg/m<sup>2</sup>) puis par V1 (1,04 kg/m<sup>2</sup>). En 2023, la parcelle la plus productive semble être V2 suivie par V1 et V3.

---

#### Rapport SFE/fruit

La surface foliaire assimilatrice de la vigne et la charge en raisin sont des paramètres permettant de moduler la qualité des vins : en effet un excès de vigueur peut entraîner un ralentissement de la maturité des grappes par prolongation du développement végétatif (Dufourcq, 2018).

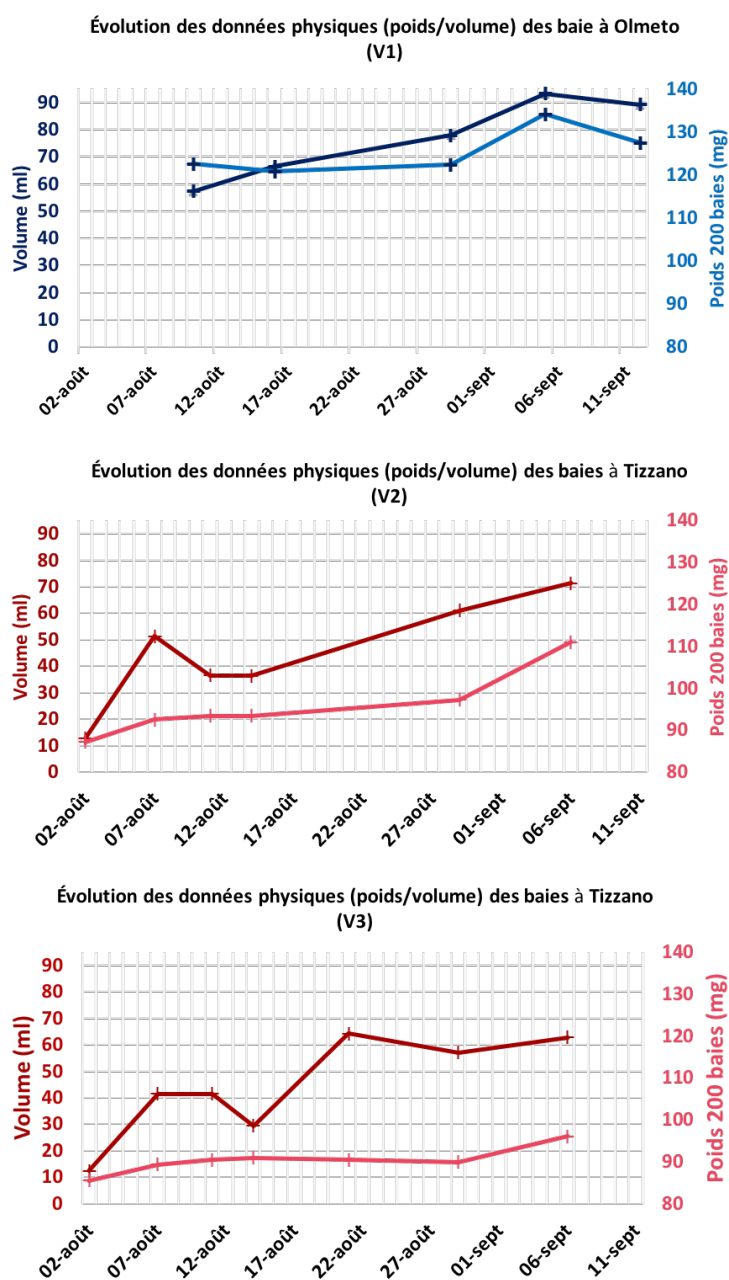
Un rapport feuille/fruit qui augmente est associé à une diminution du taux de croissance de la quantité de sucre dans les baies. Un rapport feuille-fruit optimal est estimé à 1-1,2 m<sup>2</sup> de feuillage exposé/kg de raisin pour assurer un approvisionnement suffisant en glucides dans les raisins et dans les parties pérennes et ainsi garantir une maturation correcte des raisins (Murisier, 1996).

Le rapport SECV/rendement est **maximale** pour V1, il avoisine le minimum requis pour une production de raisin de qualité estimée à 1.2 à 1,5 m<sup>2</sup>/kg selon les recherches bibliographiques. En effet, si la valeur est proche de ce minimum, les valeurs de richesses en sucre correspondent aux attentes. Un rapport trop élevé peut être associé à un entassement du feuillage.

**Tableau 18 : évaluation du rapport feuille/fruit des parcelles d'étude**

Parcelle	SFE(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Rendement (kg/m <sup>2</sup> )	SFE/PR
V1	1.160 a	1,08 a	1,07 a
V2	0,875 b	2,1 b	0,42 b
V3	0.972 b	1,29 c	0,7 c
Pr>F (Modèle)	0.00324	3,01e-07	0,0078
Significatif	Oui	Oui	Oui

*Test Newman-Keuls de groupes homogènes au seuil de 5p. cent.*



**Figure 26 : évolution des données physiques des baies des parcelles d'étude**

Le rapport SECV/rendement est estimé à **0,42 m<sup>2</sup>/kg** pour V3 et **0,7 m<sup>2</sup>/kg** pour V2 (tableau 19) ; si le rapport feuille-fruit est insuffisant, cela peut réduire le niveau de maturité des raisins à la vendange et limite le renouvellement des réserves en azote dans le tronc et les racines.

#### IV. Analyse des composantes de la baie

##### Suivi du poids de baie

---

La figure 26 présente l'évolution des données physiques de **100 baies** (poids et volume) à partir de la fin-véraison jusqu'à la date de récolte.

À Tizzano, le poids de baie varie très peu sur la période qui s'étend du **07 août** au **01 septembre**. 2 hypothèses sont envisageables : les baies ont probablement atteint le plateau de chargement en sucre ou/et les cicadelles sont responsables d'un ralentissement du chargement en sucre des baies.

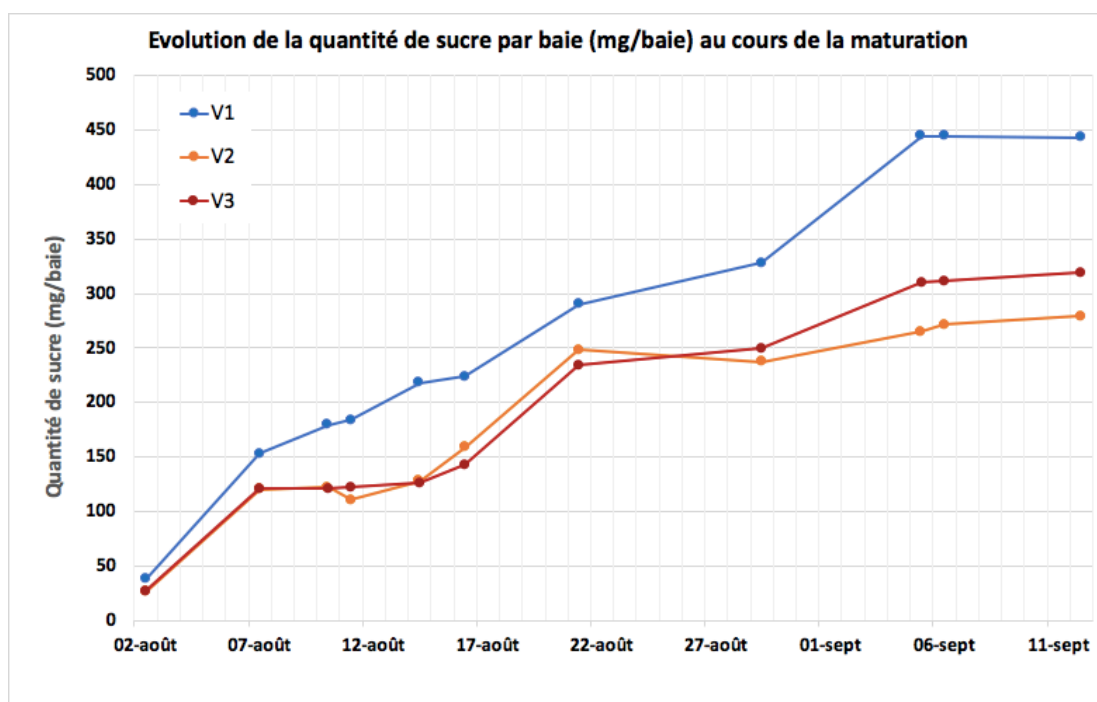
À partir du **01 septembre**, on observe de nouveau une augmentation du poids de baie jusqu'à récolte, cette augmentation s'accorde avec une absence de stress hydrique prononcé. Le volume des baies sur la parcelle V2 et V3 continuent d'augmenter.

À Olmeto, le poids des baies est significativement supérieur à celui des baies de **V2 et V3**. Le poids des baies augmente très doucement au cours de la phase de maturation. La courbe semble atteindre une phase stationnaire. Des variations sont observées après le **27 août** : les intempéries du 27 août (+18 mm) ont pu entraîner une dilution des sucres dans la baie et une augmentation du volume au cours de la phase de maturation des baies. Le volume des baies semble ensuite diminuer pour se stabiliser.

Les baies des parcelles V2 et V3 sont plus légères en fin de contrôle maturité que V1 : si les baies ont correctement accumulé les sucres alors ce phénomène favorise la concentration des sucres dans la baie. Il est donc intéressant de voir si les baies de V2 et V3 sont plus petites car plus chargées en sucres que V1 (partie ci-dessous : *suivi plateau de chargement en sucres*).

**Tableau 19** : Résultats analyses du dernier contrôle maturité datant du 06/09 - les lettres indiquent les groupes formés par les test Newman-Keuls au seuil  $\alpha = 0,05$ .

Parcelle	TAVp %vol	Acidité totale (gH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L)	pH	Poids 100 baies (mg)	Volume 200 baies (ml)	Azote Ass (mg/l)	Acide malique (g/l)
V1	12,425 a	3,8 a	3,6 a	134,13 a	93,25 a	263,75 a	2,2 a
V2	11,675 b	3,78 a	3,46 b	111 b	89,25 a	238,5 a	1,93 b
V3	11,575 b	3,75 a	3,4475 b	96,12 c	71,37 b	197,50 a	1,68 c
Pr>F (Modèle)	0,0005	0.943	1.41e-05	0.000617	0.00196	0,074	0.000326
Significatif	<b>Oui</b>	<b>Non</b>	<b>Oui</b>	<b>Oui</b>	<b>Oui</b>	<b>Non</b>	<b>Oui</b>



**Figure 27** : suivi de la quantité de sucre par baie (mg/baie) au cours de la maturation

Le contrôle maturité du **06 septembre** met en évidence des différences significatives de titre alcoométrique volumique potentiel (TAVp) entre V1 et V2 et entre V1 et V3.

En effet V1 présente un **TAV et un pH significativement plus élevé** que V2 et V3. Cela confirme bien les éléments présentés dans la figure 24 : la quantité de sucre par baie est supérieure dans les baies de V1. L'azote est accumulé en quantité suffisante pour assurer une fermentation sans ralentissement ou arrêt pour l'ensemble des parcelles (absence de différences significatives). Les valeurs *concentration en acide malique* sont différentes entre les trois parcelles : elle est estimée à 2,2 g/L pour V1, à 1,93 g/L pour V2 et 1,68 g/l pour V3. Un des paramètres d'intérêt est l'acide malique : en effet cet indicateur est pertinent pour caractériser la maturation du raisin. C'est sa dégradation qui fournit l'énergie nécessaire à l'accumulation des sucres. Cependant l'acide malique est dégradé par des températures élevées généralement avant la véraison (pendant la phase d'accumulation). En cours de maturation, les épisodes caniculaires peuvent également entraîner des chutes d'acide malique. Si la concentration en malique est trop faible, le raisin rencontre des difficultés pour murir. Cela peut nous laisser penser que V1 est plus tardif et a moins souffert de contrainte hydrique que V2 et V3.

Cette analyse confirme l'existence de différence principalement de TAV, pH, poids de baies et acide malique entre les parcelles V1, V2 et V3. Cependant il n'y a pas de différences significatives d'acidité et d'azote assimilable. Cette différence de malique peut s'expliquer par l'absence de contrainte pré-véraison sur la parcelle V1, des températures moins extrêmes et des nuits plus fraîches. V1 se caractérise également par une forte teneur en sucre et une acidité similaire aux autres parcelles (malgré un pH significativement supérieur de 3,6).

### Suivi du plateau de chargement en sucre

---

Le suivi du chargement en sucre permet de définir la date d'arrêt de chargement (vitesse de chargement en sucre inférieure à 3 mg/baie/jour). Il est illustré figure 27.

Le plateau de chargement en sucre semble être atteint plus rapidement pour V2 et V3, entre le **01** et le **06 septembre**. Une légère baisse de charge en sucre est observée pour V2 entre le 22 août et le 01 septembre. Une hypothèse possible est un blocage de maturité avec arrêt de transport des fructoses vers la baie accompagnée d'une forte dégradation des sucres. V2 et V3 ont été fortement touché par la cicadelle. Le plateau de chargement de V1 est atteint à partir du **06 septembre** environ avec un phénomène de concentration des sucres et une légère diminution de la quantité de sucre dans les baies.

*Tableau 20 : analyse à réception des vendanges*

<b>Parcelle</b>	<b>Date de vendange</b>	<b>Acidité totale (gH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/L)</b>	<b>pH</b>	<b>TAVp</b>	<b>Rendement (hl)</b>
<b>V1-B13</b>	17/09	3,38	3,7	13,6	170
<b>V2-B11 (coeur de presse)</b>	12/09	3,22	3,61	12	20
<b>V2 - B10 (jdb+jdg+fdp)</b>	12/09	3,4	3,66	12,8	80
<b>V3-B9 (coeur de presse)</b>	11/09	2,7	3,9	12,3	23
<b>V3-B8 (jdb+jdg+fdp)</b>	11/09	3	3,72	13	150

## V. Vinification et caractérisation des vins

### A. Réception et vinifications

Les dates de vendanges sont choisies à la suite des derniers contrôles maturité. Le suivi de paramètres analytiques appropriés tels que le poids des baies, le chargement en sucres, les teneurs en acide malique permet d'estimer une date de vendange optimale pour chaque parcelle, en lien avec la qualité du raisin.

Cette information est complétée par la dégustation sur baies et le contrôle de la pression sanitaire (cicadelle verte principalement). Ce type de suivi permet de mieux comprendre le comportement de la vigne durant la maturation et d'adapter les pratiques culturales aux objectifs de production (selon le style de vin voulu, il existe plusieurs dates optimales de vendange pour une même parcelle).

Le tableau 20 présentent les données à réception de la vendange, l'objectif visé étant un TAV compris entre 12,5 et 13%.

Les cœurs de presse sont séparés des jus de benne/jus d'égouttage/jus de fin de presse à réception : en effet les jus de fin de presse présentent généralement un pH plus élevé suite à la libération de potassium présent dans les pellicules. Les derniers jus sont plus chargés en potassium qui favorise la précipitation de l'acide tartrique.

*Pendant différents problèmes n'ont pas permis d'appliquer le protocole établi en annexe et d'assurer le bon déroulement des processus souhaités :*

- Des problèmes de débourage ont compliqué la suite des études menées. Les cœurs de presse se sont difficilement débourbés malgré un enzymage à 3g/hl, leur période à froid a duré plus longtemps que prévu sans résultat concluant.
- Ainsi la non disponibilité de la cuve de débourage n'a pas permis un refroidissement à température souhaitée (inférieur à 4°C) de B10.
- Pour la parcelle V1, un problème de logistique a conduit à une non séparation des jus de presse et des cœurs de presse (B13).

Les faibles TAV observés pour V2 et V3 peuvent s'expliquer par le **facteur cicadelle verte**. En effet elles peuvent être responsable d'un retard de maturation empêchant l'augmentation du taux de sucre dans les baies et donc du TAV potentiel. D'après la figure 28 on constate bien une évolution similaire des 3 parcelles du 02 août au 17 août, et à partir de la période d'intensification des dégâts des cicadelles, l'augmentation du TAV potentiel des parcelles V2 et V3 ralenti jusqu'à stagner à partir du **25-26 septembre**.

Tableau 21 : analyse du 06 octobre (laboratoire Excel)

Parcelle	TAVp (%vol)	Acidité totale (gH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L)	pH	Acide malique	Sucres réducteurs (g/L)
V1-B13	13,9	3,38	3,43	2,19	176,2
V2-B11 (coeur de presse)	11,58	3,22	3,42	2,49	168
V2 - B10 (jdb+jdg+fdp)	12,51	3,03	3,41	1,8	191,1
V3 - B9 (coeur de presse)	12,14	2,64	3,64	1,36	177,3
V3 - B8 (jdb+jdg+fdp)	13,26	2,92	3,47	1,59	87,3

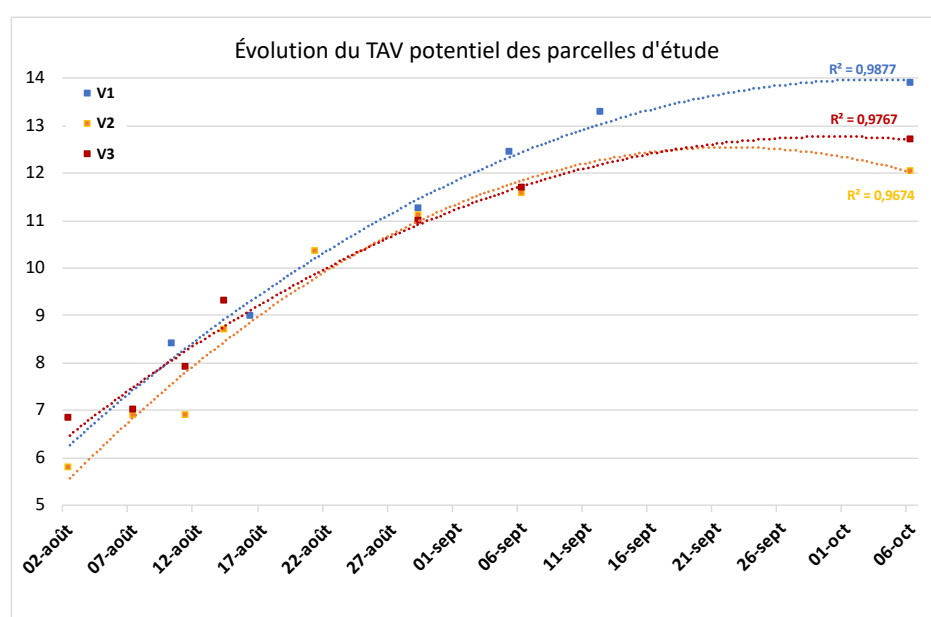


Figure 28 : évolution du TAV potentiel pour les parcelles d'étude (source : contrôles maturité et données laboratoire Excel)



## B. Analyses physico-chimiques des vins

Des analyses sont réalisées le **06 octobre (tableau n°21)**. Pour répondre aux objectifs qualitatifs du vigneron, le vin doit présenter une acidité totale correcte (idéalement supérieure à 4 g/L d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), un pH bas pour contribuer à la stabilité du vin. Il doit être en mesure de supporter un élevage et présenter un potentiel de garde suffisant (au minimum 18 mois d'élevage en barrique et cuve inox). Le taux des sucres réducteurs doit être suffisant pour contribuer à la structure du vin. L'acide malique est strictement supérieur pour B13 et B11 (V1 et V2 coeur de presse).

**Le vin B13 semble se distinguer et correspondre à l'ensemble de ces critères.**

En 2020, les vins issus de V3 et de V1 présentaient les critères analytiques les plus intéressants. En 2023, c'est V1 qui est mis en lumière.

## C. Analyse sensorielle

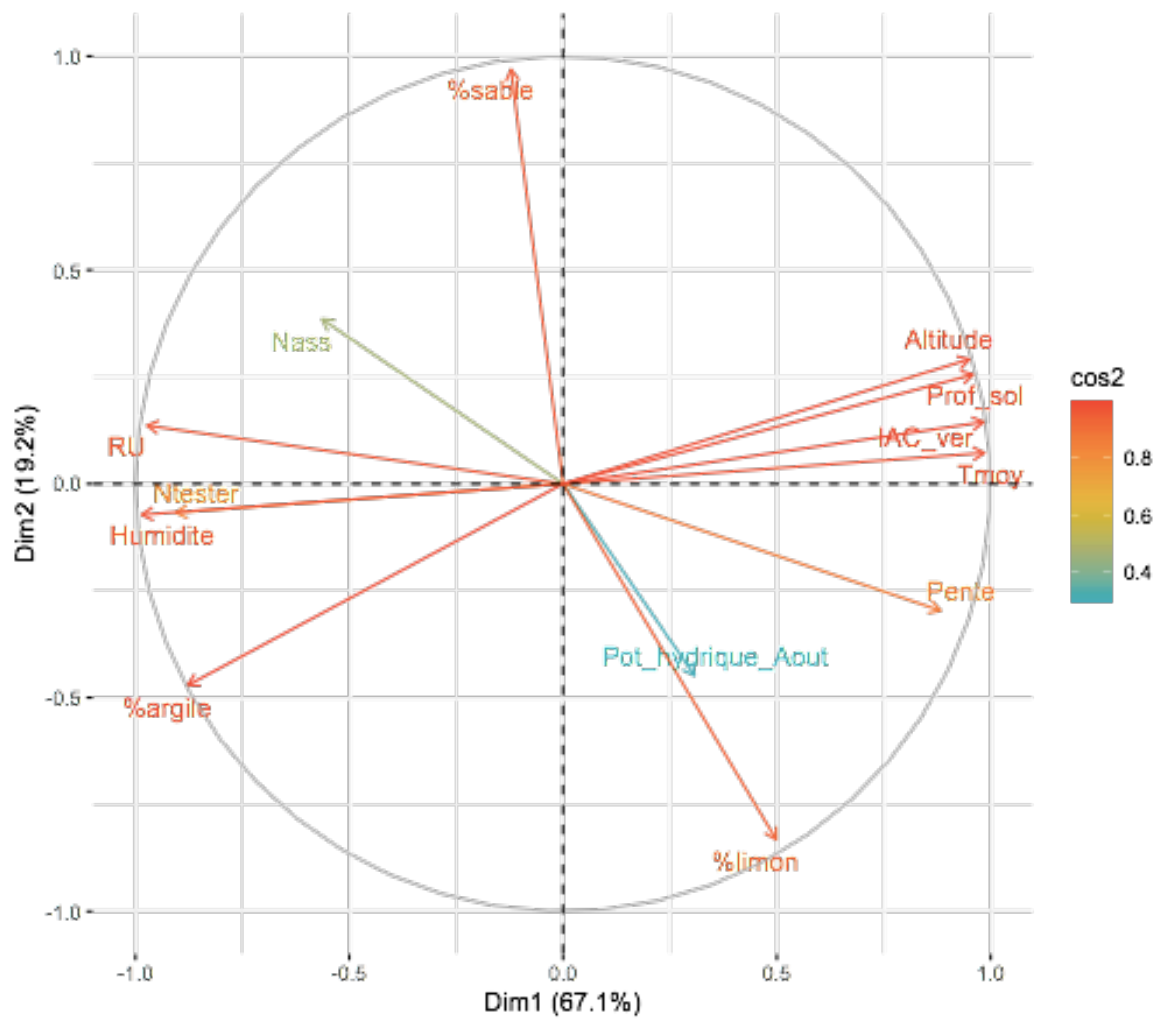
Malheureusement, les vins ne sont toujours pas secs : cette année le millésime est tardif il n'est donc pas possible d'organiser une dégustation sur vin fini. Cependant des dégustations régulières sur moût sont conduites avec l'œnologue conseil du domaine, Emmanuel Gagnepain, une étudiante œnologue (DNO Reims), le maître de chai et les deux vignerons du domaine.

## VI. Traitement statistique des données : représentation des parcelles suivant les composantes du terroir

### A. Étude de l'influence des variables climatiques, géopédologiques sur l'écophysologie de la vigne

Une première Analyse en Composantes Principales (ACP) (figure 29) vise à étudier l'influence des facteurs climatiques et physiques du sol sur les paramètres éco-physiologiques de la vigne et ainsi discriminer les parcelles suivant ces paramètres. *Les deux dimensions représentent 88% de l'information.*

La première dimension est la mieux représentée par la variable température et l'IAC véraison. La seconde dimension est la mieux représentée par la variable pourcentage de sable (texture du sol). Si l'on étudie les corrélations entre variables : la variable humidité est anti-corrélé avec l'IAC, la date de véraison, la température, la profondeur du sol et l'altitude. En effet, l'humidité dans les vignes est favorable au développement de la végétation : ainsi plus l'humidité est élevée plus l'IAC est faible et la date d'arrêt repoussée.



*Figure 29 : ACP des paramètres climatiques, sol et éco physiologique de la vigne – les 2 dimensions représentent 88% de l'information.*

L'humidité est plus faible sur les parcelles en altitude (les parcelles V2 et V3 moins humide que V1), mieux exposée et généralement plus soumise à ensoleillement. Elle est corrélée à l'azote (N-tester), en effet l'humidité est favorable à un sol riche en microorganisme favorable à une bonne minéralisation de la matière organique.

L'altitude et la profondeur des sols sont anti-corrélées avec le % d'argile : en effet sur les parcelles d'étude, le % d'argile est élevé sur la parcelle V1 qui présente les sols avec la plus faible profondeur et la plus faible altitude.

Le facteur pente est anti-corrélé avec la réserve utile des sols. Une pente prononcée est synonyme d'une faible réserve utile des sols liée probablement aux phénomènes de ruissellement et aux caractéristiques des sols (majoritairement sableux et drainant).

La réserve utile des sols est anti-corrélé avec l'altitude et l'indice d'arrêt de croissance. En effet, plus l'alimentation des parcelles est favorable en eau (absence de stress hydrique), plus la réserve en eau des sols est importante ce qui favorise le développement végétatif de la vigne. Ainsi la date de véraison est repoussée et son indice d'arrêt de croissance est faible.

L'IAC est donc corrélé et anti-corrélé à de nombreuses variables : il s'agit d'un paramètre central. Une faible valeur d'IAC est synonyme d'une valeur élevée en azote assimilable. Ce paramètre est anti-corrélé à la RU : en effet V1 dont la RU est plus importante présente une IAC plus faible.

Contrairement à l'étude conduite en 2020, la dimension 1 est principalement représentée par les paramètres physiques et les caractéristiques du millésime (IAC à la véraison, température, profondeur de sol,...). Nous obtenons peu d'information sur le potentiel hydrique foliaire de base et l'influence des facteurs décrits (excepté sur la réserve utile des sols et l'humidité). Les variables azote assimilable (Nass) et potentiel hydrique de base (Août) sont mal représentés dans le cercle de corrélation, malheureusement nous ne commenterons pas ces variables.

**Analyse figure 30 :** 2020, les placettes étaient très proches les unes des autres. En 2023, les placettes sont regroupées par parcelle, on distingue également des différences au sein des groupes de parcelles (variations intra-parcellaires). En effet la parcelle V3 semble plus hétérogène : les placettes présentent des distances plus importantes entre elles (figure 27). Il est donc pertinent d'étudier la variabilité au sein de la parcelle V3.

L'axe 1 sépare les individus de la parcelle V1 et les individus des parcelles V2 et V3. La parcelle V1 présente un fort taux d'humidité, essentiellement en début de matinée. Une exposition à l'Ouest favorise l'assèchement matinal si la parcelle est sujette à la rosée, avec une baisse d'exposition en début d'après-midi où la température est maximale (Tmax moins élevées sur V1).

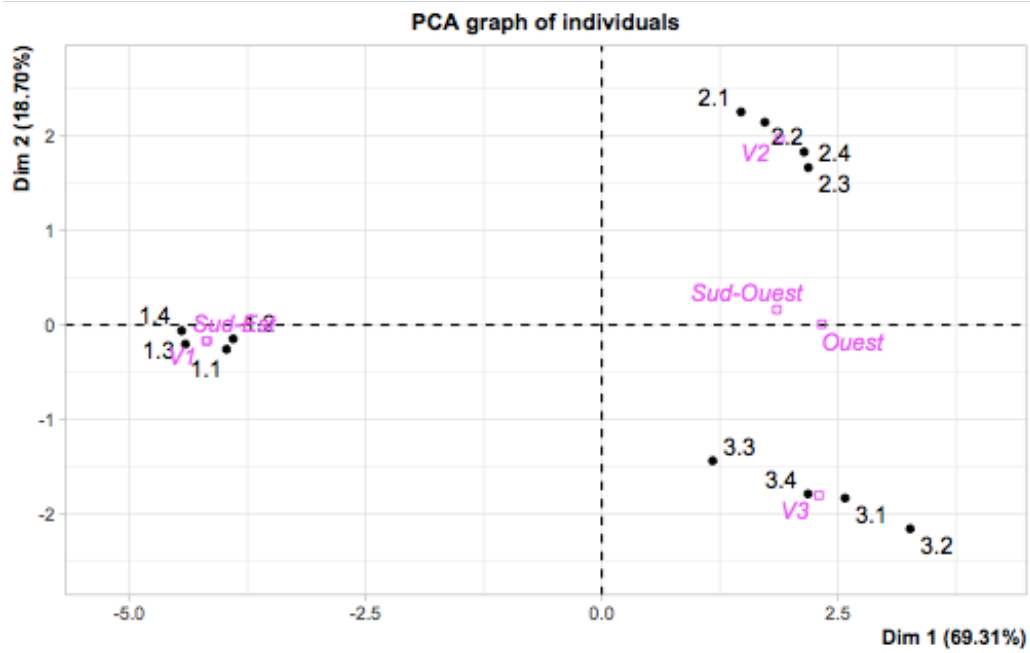


Figure 30 : ACP graphique des individus.

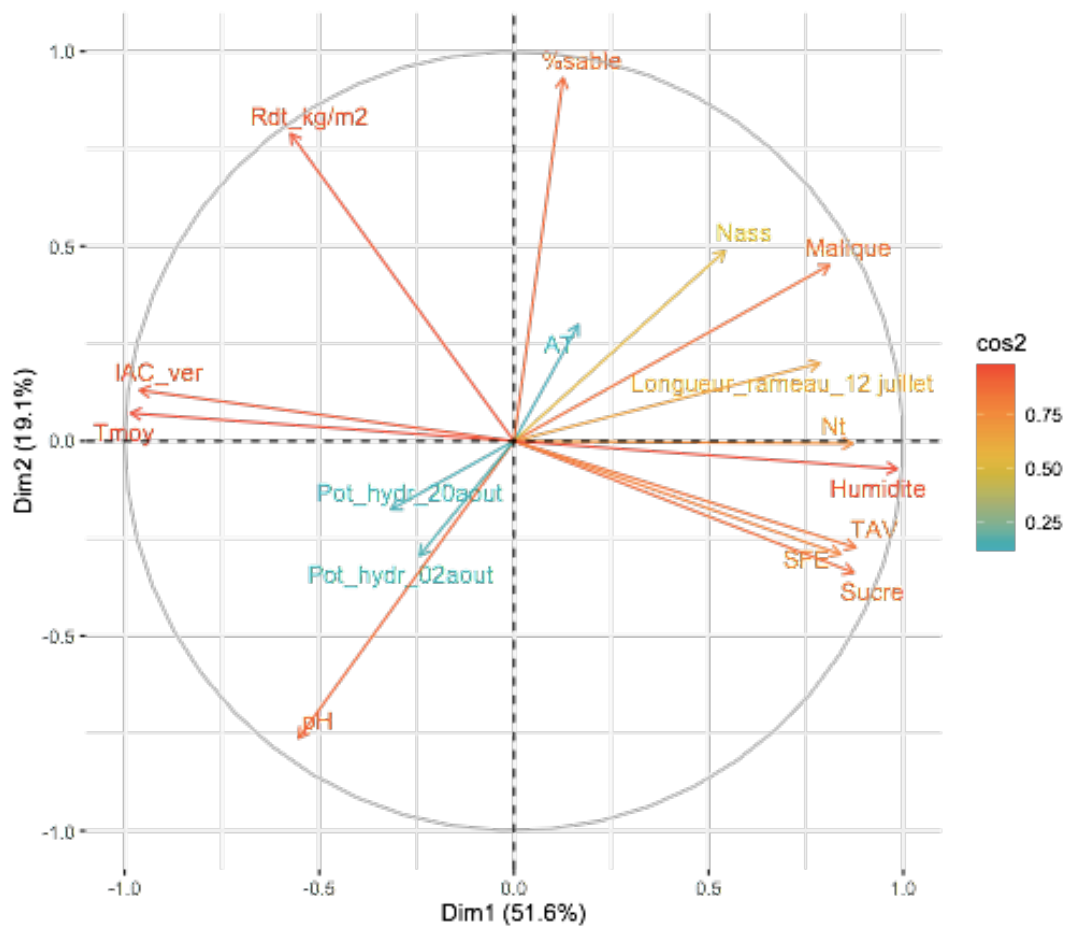


Figure 31 : ACP variables écophysiological, climatique et les variables en lien avec la qualité et le rendement de la vigne– les 2 dimensions représentent 69,9% de l'information.

Sa faible altitude et profondeur de sol la distingue des parcelles V2 et V3 alors caractérisées par des températures moyennes plus élevées et une date de véraison plus précoce (IAC plus élevées). Elles sont probablement plus sensibles au phénomène de stress hydrique.

Les parcelles V2 et V3 sont séparées par l'axe 2 (% sable). Elles semblent donc présenter beaucoup de similarités pour les variables en lien avec les conditions climatiques, les paramètres du sol et la nutrition azotée et hydrique de la plante. La texture du sol être l'un des principaux paramètres de variabilité entre les parcelles V2 et V3. La parcelle V2 présente un % en sable plus élevé, V3 étant plus riche en limons.

Les parcelles se regroupent donc suivant leur localisation géographique. La variable qualitative supplémentaire Orientation représentée dans la figure 30 semblent également participer aux différences observées entre les parcelles, principalement entre le Sud-Est et Sud-Ouest. La parcelle V1 est homogène pour les variables étudiées, ce qui n'est pas le cas pour V3. Les placettes 2.2, 2.4 et 2.3 semblent homogènes tandis que 2.1 semble se détacher. **Il peut donc être pertinent d'étudier la variabilité intra-parcellaire de V2 et V3 en multipliant le nombre de répétitions et de données.**

## **B. Étude de l'influence de l'écophysiologie de la vigne et de paramètres climatiques sur les composantes de qualité et du rendement de la vigne**

La seconde ACP (figure 31) vise à faire le lien entre les variables écophysiologiques, le comportement de la vigne et la qualité du raisin et ses composantes. Nous avons choisi de conserver les variables pour leur influence sur la qualité du raisin et leur caractère discriminant. Les deux dimensions principales représentent 69,9% de l'information.

La dimension 1 est représentée principalement par **l'humidité** (données climatiques). La dimension 2 est représentée par la facteur sol (%sable) et le rendement. La SFE et la température moyenne sont très corrélées à la concentration en sucres et au TAV. En effet, une température moyenne élevée est favorable en condition hydrique non limitante au développement de la surface foliaire exposée. Cela va permettre de maximiser la photosynthèse donc l'accumulation de sucres dans les baies et un TAV potentiel élevé.

La nutrition azotée (azote assimilable) est corrélée à la longueur des rameaux qui traduit la vigueur du cep et sa croissance végétative.

L'acidité des moûts : une forte concentration en malique et souvent associé à un faible pH. En cas de carence azoté, l'activité photosynthétique est ralentie et les moûts présentent une concentration plus faible de malique et un pH plus élevé ((Spring et al., s. d.).

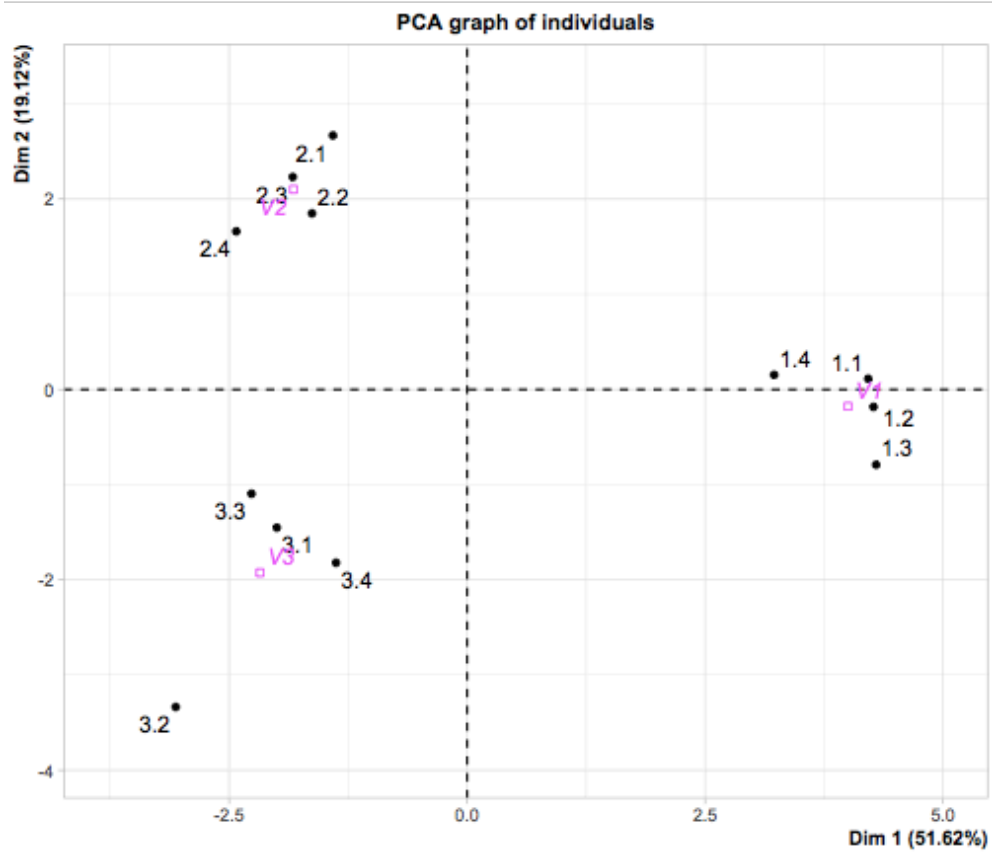


Figure 32 : ACP2 graphique des individus.

La concentration en malique semble corrélée à la teneur en azote assimilable et à la vigueur de la vigne, elle est en revanche anti-corrélée au pH. En effet le malique participe à

Les variables qui composent l'expression végétative (surface foliaire, longueur des rameaux) sont principalement corrélées à la nutrition azotée (exprimé par l'azote assimilable Nass et les valeurs du Ntester). Malheureusement il n'y a pas de mise en évidence de corrélation entre le stress hydrique et la diminution de l'expression végétative (SFE).

*Les variables de la nutrition hydrique (Potentiel hydrique du 02 août et du 20 août) et l'acidité totale sont mal représentées dans le cercle de corrélation, malheureusement nous ne commenterons pas ces variables.*

**Analyse figure 32 :** Les placettes sont regroupées par parcelle. En 2020, les placettes étaient très proches les unes des autres et les parcelles regroupées au centre. Ici les parcelles sont bien distinctes cependant des tendances sont visibles au sein des groupes de parcelles. La placette 1.4 et 3.2 se distinguent des parcelles d'étude : 1.4 suivant l'axe 1 et 3.2 suivant l'axe 2.

L'axe 1 sépare les individus de la parcelle V1 et les individus des parcelles V2 et V3. La parcelle V1 se caractérise par une expression végétative plus élevée avec des rameaux primaires dont la longueur et la vitesse de croissance sont supérieures. La surface foliaire exposée associée est élevée donc propice à des taux d'humidité importants (installation d'un microclimat). La quantité de sucre dans les baies est très élevée cependant le rendement est moindre du fait d'une charge moyenne par pied limitée (estimée à 9) par rapport aux autres parcelles.

L'axe 2 sépare les parcelles V2 et V3 : elles se différencient donc principalement par la valeur du rendement et la texture des sols. Le pH est également un paramètre qui fluctue entre V2 et V3 : V3 présente des moûts avec un pH plus élevé. Les parcelles V2 et V3 ont une SFE beaucoup moins élevée, leurs paramètres sont proches malgré des distinctions au sein de la parcelle

V3.

ACP 1 et ACP2 permettent de regrouper les placettes par parcelle et de séparer les parcelles suivant leur localisation géographique. Cependant au sein de la parcelle V3 pour chaque ACP il peut être pertinent d'étudier les différences intra-parcellaires pour les paramètres sélectionnés. Les facteurs physiques tels que l'orientation et l'altitude semblent être fortement corrélés aux paramètres climatiques et à la nutrition azotée de la vigne. La structure du sol constitue également un paramètre de différenciation entre les parcelles d'étude. Cependant la nutrition hydrique de la vigne n'est pas un paramètre pertinent dans la différenciation des parcelles sur ce millésime. En 2020, il était mieux représenté sur les ACP.





Les données sur l'expression végétative sont fortement corrélés aux données climatiques et aux données qualitatives des vins produits, principalement les sucres et le TAV.

Le dendogramme présenté figure 22 confirme la différenciation principalement géographique des parcelles d'étude : les individus ont tendance à être rassemblés par parcelle. Une proximité apparente entre V2 et V3 est illustré sur la figure 34 obtenu à l'aide de l'interface Factoshiny. Les parcelles sont rassemblées dès la première dimension. Les groupes ainsi formés sont représentatifs de la situation géographique des parcelles avec V2 et V3 implantées sur Tizzano et V1 sur Olmeto. La Classification Hiérarchique sur Composantes Principales (CHCP) permet de classer les placettes suivant leurs similarités et confirme la pertinence des groupes énoncés en hypothèse du mémoire.

## PARTIE IV : CONCLUSION ET DISCUSSIONS

Le tableau 22 est un résumé des conclusions de l'étude. Cette dernière a permis de mettre en évidence l'existence de différences significatives des parcelles de **localisation géographique** différente quel que soit le millésime.

En revanche, l'effet millésime est bien constaté pour les différences entre parcelles (V1, V2 et V3). Le millésime 2023 est très différent du millésime 2020. En effet, en 2020, la parcelle V3 présentait toutes les qualités nécessaires à l'élaboration d'un vin de qualité.

Cette année, c'est la parcelle V1 qui présente le potentiel agronomique et œnologique le plus fort soit le vin B13 (jus de presse et jus de benne/égouttage/fin de presse non séparés).

La nutrition hydrique n'est pas un paramètre de différenciation significatif. C'est principalement les données climatiques et géo-pédologique et leur influence sur la nutrition azotée, les composantes de l'expression végétative et du rendement qui différencient les parcelles. V2 et V3 se nuancent principalement par les facteurs physiques (altitude, orientation), les composantes du rendement et les données géo-pédologiques.

Initialement, V1 est identifié comme la parcelle la moins qualitative avec une SFE supérieure, peu de contraintes hydriques non favorable à la concentration des sucres, un IAC tardif et un développement végétatif plus poussé. Cependant cette parcelle n'a pas été touché par la cicadelle, et grâce à sa faible charge en raisins, sa maturation s'est correctement déroulée. Les raisins ont ainsi pu atteindre son plateau de chargement en sucre avec une phase stationnaire potentiel de concentration des raisins.

Les parcelles V2 et V3 ont subi une contrainte hydrique modéré en pré-véraison favorable à une limitation de la taille des baies (poids de baie significativement inférieur à V1).

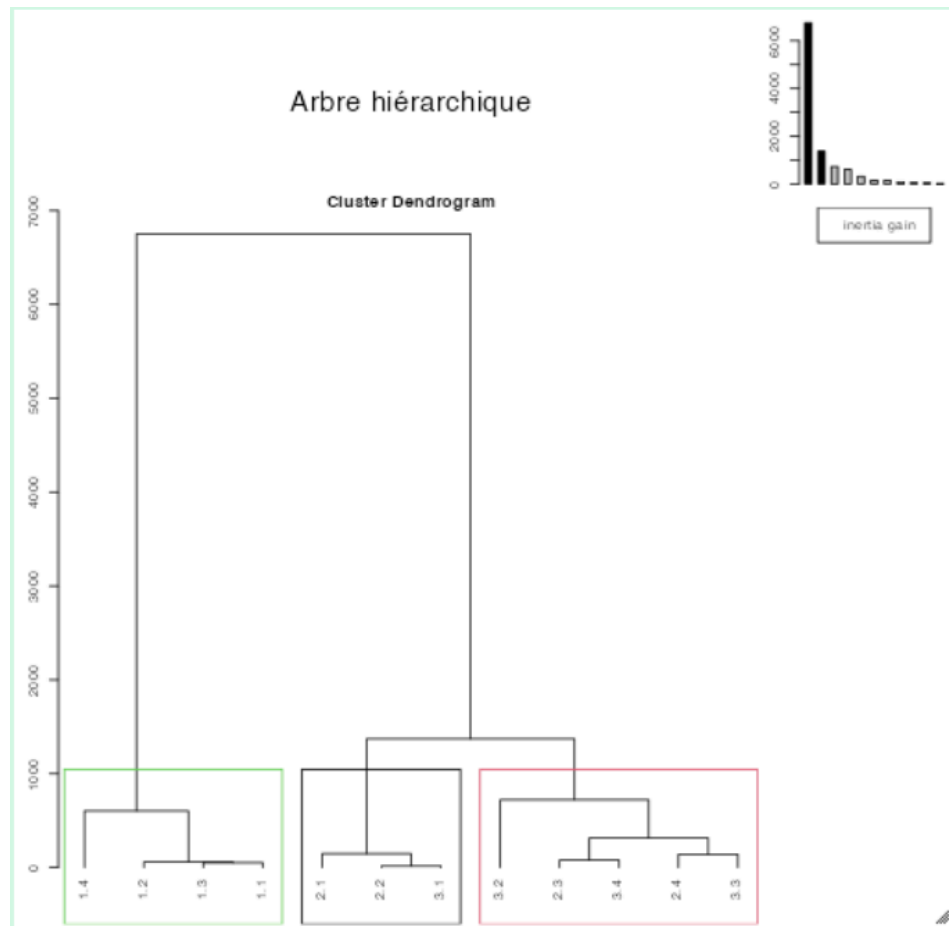


Figure 33 : Représentation graphique de la classification hiérarchique ascendante des placettes en 3 classes différentes suivant un code couleur.

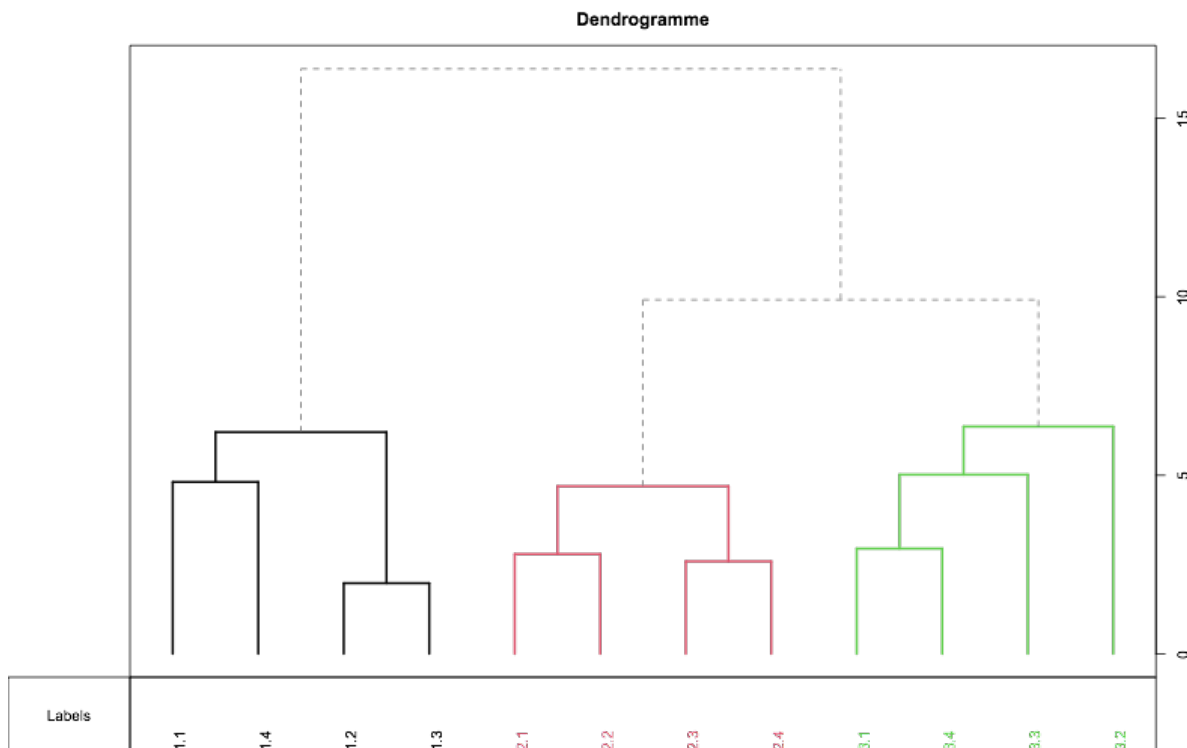


Figure 34 : dendrogramme avec l'interface Factoshiny

Ils ont ralenti leur croissance végétative (vitesse de croissance des rameaux et SFE) favorable à l'alimentation des baies. Ceci permet une concentration en sucres des baies et une diminution de leur teneur en acide malique. Ils présentent une estimation de rendement plus faible avec des baies de plus petite taille. Cependant les parcelles sont rapidement touchées par la cicadelle : le rapport feuilles/fruit est alors insuffisant et la charge en raisin trop forte pour leur permettre d'atteindre la maturité : les cicadelles sont probablement responsables d'un ralentissement du chargement en sucre des baies. Ainsi ils présentent une faible concentration en sucre probablement lié à un retard de maturité. V1 est donc riche en sucre avec une analyse physico-chimique satisfaisante et des rendements qui restent corrects/ les raisins sont sucrés avec un potentiel œnologique intéressant. V1 présente cependant une quantité en azote assimilable élevée, un excès d'azote minéral peut inhiber les systèmes de transport des précurseurs de thiols et ainsi limiter leur concentration et le potentiel aromatique des vins. Les vins issus des parcelles présentent également des acidités faibles, pour un équilibre acide et alcool correcte une acidification est envisagée.

Afin d'exploiter au maximum le potentiel agronomique de V1, quelques adaptations sont nécessaires : la récolte doit intervenir avant l'accumulation maximale des sucres pour préserver le potentiel en terpènes (aromatique floral), on privilégie la vendange manuelle avec l'utilisation de cagettes pour éviter la trituration des baies, une macération pré-fermentaire (ou pré-cooling) permet une extraction d'un plus grand nombre de terpènes et de thiols, les vins sont élevés 9 mois en demi-muid sur lies fines pour apporter de la structure puis ils peuvent repasser en cuve inox pour « retendre les vins » et apporter cette « minéralité » évoquée par le vigneron. Idéalement il peut être intéressant de suivre le rapport thiols/terpènes pour comprendre l'équilibre souhaitée pour la production de ce vin blanc de qualité supérieure.

## **VII. Perspectives et limites de l'étude**

Cette étude présente des limites interne et externe à l'entreprise qu'il est essentiel de souligner pour améliorer les prochaines études terroirs du domaine ou prendre du recul sur les éléments présentés :

- Étant donné la taille du parcellaire (45 ha) et la diversité des sols qui le compose, il serait intéressant d'ouvrir d'autres fosses pédologiques pour aller encore plus loin dans l'analyse et suivre avec précision les discontinuités de sol ;
- Les études des facteurs physiques sont traitées avec un MNT peu précis au 25m : il peut être beaucoup plus pertinent de travailler avec un MNT à 5 m ;

- Le domaine dispose de très peu de données en interne (dates de stades phénologiques, données sur les composantes du rendement, de qualité) ce qui complique la comparaison inter-millésimes ;
- La sélection des placettes est empirique : combiner les données de nouvelles fosses pédologiques et d'une carte NDVI permettrait une meilleure sélection parcellaire des placettes d'étude ;
- Des facteurs externes principalement le mildiou et la cicadelle verte sont des biais importants pour l'étude, difficile à quantifier ;
- Le domaine doit s'équiper pour simplifier l'acquisition de données : station météo sur site par exemple, suivi de la pression sanitaire, ...
- Les difficultés de logistique n'ont pas permis une bonne gestion à réception des vins et leurs subdivisions en cuvons pour l'étude ;
- Pour étudier l'effet millésime avec précision il est intéressant de travailler sur le prochaine millésime (3 années de comparaison) ;
- Pour les processus de vinification, il est pertinent d'utiliser une crème de levure produite à partir du Vermentinu du millésime passé.

*Tableau 22 : résumé par paramètre des conclusions tirées au cours de l'étude*

Paramètres	Analyse
<p><b>Paramètres climatiques</b></p>	<p>V1 se classe dans les <b>climats très chaud</b> alors que V2 et V3 se classent dans un <b>climat chaud</b>. Les résultats obtenus pour l'IF classe Olmeto en <b>nuit tempérée</b> et Tizzano en <b>nuit chaude</b>.</p> <p>Les températures plus chaudes à partir de mai jusque août favorisent l'accumulation des sucres et leur concentration sur l'ensemble des parcelles d'étude. L'orientation des parcelles participe à cette variabilité de température mesurée. L'altitude des parcelles est corrélée positivement aux températures moyennes.</p>
<p><b>Paramètres géo-pédologiques</b></p>	<p><b>La texture du sol</b> (proportion de sable) est une composante qui différencie V2 et V3. Elle interagit avec la réserve utile des sols plus favorable pour V1.</p> <p>La profondeur du sol est inférieure sur V1</p> <p>La réserve utile de V1 est supérieure à V2 et V3. V2 et V3 ne présentent pas de différence significative pour la réserve utile estimée.</p>

	<p><b>Le pourcentage de matière organique</b> dans les sols de V1, V2 et V3 est <b>très faible</b> (&lt;1%). En revanche le rapport C/N est <b>correct</b>, il permet une forte minéralisation et une bonne évolution de la matière organique.</p>
<p><b>Facteurs physiques</b></p>	<p><b>L'orientation</b> des parcelles s'accorde avec les différences observées suivant la localisation géographique (sud-Est et Sud-Ouest). Les parcelles V2 et V3 présentent également des différences d'expositions intra-parcellaires. Les parcelles V2 et V3 sont orientées majoritairement Sud-Ouest, l'orientation la plus favorable avec un assèchement rapide en matinée de la rosée et une limitation de l'exposition en début d'après-midi (heures les plus chaudes). Ainsi, le facteur physique orientation interagit avec les températures moyennes et l'humidité des parcelles.</p> <p>L'altitude semble être corrélée à la profondeur de sol et à la réserve utile du sol.</p>
<p><b>Nutrition Azotée</b></p>	<p>Les valeurs en azote assimilable ne sont pas significativement différentes en revanche les valeurs du N-tester sont significativement différentes suivant la localisation géographique. L'indice est plus élevé pour V1 en accord avec la vigueur observée et les données de SFE.</p>
<p><b>Nutrition hydrique</b></p>	<p>La nutrition hydrique n'est pas un paramètre pertinent pour le millésime 2023. Pas de différences significatives entre les parcelles. Avec une diminution précoce en Juin puis des valeurs de stress hydrique modérée à sévère. Le bilan hydrique est beaucoup plus extrême dans son interprétation cependant il ne prend pas en compte de nombreuses variables pourtant essentiel à la compréhension :</p> <p>V2 et V3 présentent un IAC plus élevé (mi-juillet).</p>
<p><b>Expression végétative</b></p>	<p>La SFE est significativement plus élevée à Olmeto (V1). Le rapport feuille/fruit est favorable pour le millésime 2023 pour V1. Les rapports estimés pour V2 et V3 sont jugés insuffisants (&lt;1). En 2023, elle est de <b>1,160</b> m<sup>2</sup> pour V1, <b>0,840</b> pour V2 et <b>0,942</b> pour V3</p>
<p><b>Précocité</b></p>	<p>Le millésime est tardif : les dates de débourrement et de récolte ont du retard sur le millésime 2022 et 2020 (étude vigneron). Cependant, les dates de nouaison et floraison sont similaires aux années passées : les fortes températures ont permis de rattraper le retard.</p>

	<p>Les parcelles ne présentent pas de différences significatives pour les dates des stades phénologiques. Nous n'avons pas observé de variations intra-parcellaires.</p>
<p><b>Composantes du rendement</b></p>	<p>V1, V2 et V3 présentent des rendements significativement différents : le rendement de V3 est strictement supérieur à V1 et V2 (2,1 kg/m<sup>2</sup>). V1 présente le rendement le plus faible.</p> <p>Les rendements de V2, peuvent s'expliquer par une forte charge (13 grappes) par cep et inversement pour V1. Ceci peut également expliquer la faible valeur de TAV pour V2 et participer à la difficile maturation de ses baies (faible concentration en sucre).</p> <p>Le poids des baies de V1 est significativement supérieur à V2 et V3.</p>
<p><b>Maturité</b></p>	<p>D'après les courbes poids/volume et de chargement en sucre, V1 semble avoir atteint sa maturité technologique avec une phase de stagnation et de concentration des baies. En revanche V2 et V3, probablement du fait de l'action de la cicadelle, semblent ne pas avoir atteint cette phase de stagnation. Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'elles subissent un retard de maturité.</p> <p>À Olmeto, le poids des baies est significativement supérieur à celui des baies de <b>V2 et V3</b>. Le poids des baies augmente très doucement au cours de la phase de maturation. La courbe semble atteindre une phase stationnaire. Des variations sont observées après le <b>27 août</b> : les intempéries du 27 août (+18 mm) ont pu entraîner une dilution des sucres dans la baie et une augmentation du volume au cours de la phase de maturation des baies. Le volume des baies semble ensuite diminuer pour se stabiliser.</p>

## BIBLIOGRAPHIE

Barbeau, G. (2003a). *INFLUENCE DES FACTEURS NATURELS DES TERROIRS SUR LA VENDANGE*

- ET LE VIN : EXEMPLES DU CABERNET FRANC ET DU CHENIN EN VAL DE LOIRE. 18.*
- Barbeau, G. (2003b). *INFLUENCE DES FACTEURS NATURELS DES TERROIRS SUR LA VENDANGE ET LE VIN : EXEMPLES DU CABERNET FRANC ET DU CHENIN EN VAL DE LOIRE. 18.*
- Barbeau, G. (2008). *Influence du fonctionnement de la vigne sur la qualité du vin.*
- Barbeau, G. (2022). *Contribution à l'étude des relations entre des variables de fonctionnement des terroirs du Val de Loire et l'évolution des acides organiques des baies durant la maturation du raisin | IVES.* <https://ives-openscience.eu/11216/>
- Bilici, C., Stratan, S., & Ciuvaga, A. (2017). *L'INTERDEPENDANCE ENTRE LE CEPAGE-TERROIR-QUALITE DU VIN.*
- Blackford, M., fuchs, julie, Rienth, M., Dienes-Nagy, A., Cléroux, M., spring, jean-laurent, Bourdin, G., & Lorenzini, F. (2019). *Evolution des acides dans les baies et dans les moûts au cours des derniers millésimes. 51, 290-299.*
- Bonnefoy, C., Quenol, H., Planchon, O., & Barbeau, G. (2010). Températures et indices bioclimatiques dans le vignoble du Val de Loire dans un contexte de changement climatique. *EchoGéo, 14*, Article 14. <https://doi.org/10.4000/echogeo.12146>
- Cadet, A. (2005). *Le cépage VITIS VINIFERA L. CV. FER SERVADOU : Étude de la nutrition minérale et des relations cepage, terroir, qualité du vin.*
- Carey, V. A. (2011). *Spatial characterisation of natural terroir units for viticulture in the Bottelaryberg-Simonsberg-Helderberg winegrowing area.*
- Celette, F. (2007). *Dynamique des fonctionnements hydrique et azoté dans une vigne enherbée sous le climat méditerranéen.* 200 p.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A., Tavares, R., Sousa, M., Agasse, A., Delrot, S., & Gerós, H. (2006). Biochemical changes throughout Grape Berry development and fruit and wine quality. *Food, 1.*
- Couderc, A. (2015, novembre 5). *Impacts de différentes modalités d'enherbement sur la vigueur et le fonctionnement de la vigne en Champagne.*  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Impacts-de-diff%C3%A9rentes-modalit%C3%A9s-d'enherbement-sur-Couderc/1bd77f77852d578feecbeac5a774dcac0c38ee97>
- Coulon, C. (2012). *Méthode de caractérisation systémique du fonctionnement de la vigne à partir de l'évaluation des effets combinés du milieu et des pratiques culturales pour prévoir les types de vins.*
- de Liedekerke, G. (2016). *Etude du terroir et de la relation sol-plante sur la nutrition de la vigne et son impact sur la qualité potentielle des vins de la Région wallonne.*
- Deloire, A., Lopez, F., & Carbonneau, A. (2004). *REPONSES DE LA VIGNE ET TERROIR : ELEMENTS POUR UNE METHODE D'ETUDE.*

- Deloire, A., Vaudour, E., Carey, V. A., Bonnardot, V., & van Leeuwen, C. (2005). Grapevine responses to terroir : A global approach. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 39, 149-162. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2005.39.4.888>
- Dufourcq, T. (2018). *Adaptation de la conduite du vignoble : La gestion du rapport feuilles/fruits*.
- Dufourcq, T., Gontier, L., Serrano, E., & Ollat, N. (2005). *RAPPORT SURFACE FOLIAIRE ET POIDS DE RECOLTE : INCIDENCES SUR L'ALIMENTATION HYDRIQUE DE LA VIGNE, LA QUALITE DU MOUT, LA QUALITE DU VIN DE QUATRE CEPAGES DE MIDI-PYRENEES*.
- Ferretti, C. (2021). Topoclimate and wine quality : Results of research on the Gewürztraminer grape variety in South Tyrol, northern Italy. *OENO One*, 55, 313-335. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.1.4531>
- Gambetta, J. M., Bastian, S. E. P., Cozzolino, D., & Jeffery, D. W. (2014). Factors influencing the aroma composition of Chardonnay wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(28), 6512-6534. <https://doi.org/10.1021/jf501945s>
- Gatti, M., & ELOTHMANI, D. (2012). *Evaluation de l'effet du terroir sur la teneur en stilbènes du vin*.
- Huché-Thélier, L., & Morlat, R. (2000). Anjou wine growers perception and valorization of the terroir. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 34, 1-13. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2000.34.1.1016>
- Jacquet, A., & Morlat, R. (1997). Caractérisation de la variabilité climatique des terroirs viticoles en val de Loire. Influence du paysage et des facteurs physiques du milieu. *Agronomie*, 17(9-10), 465-480. <https://doi.org/10.1051/agro:19970904>
- Laboyrie, J. (2020). *Composition et origine du bouquet de vieillissement des vins rouges de Bordeaux. Influences du terroir dans l'expression aromatique des vins vieux*. [These de doctorat, Bordeaux]. <https://www.theses.fr/2020BORD0228>
- Le Vermentino présentation, aptitude et sélection clonale by CRVI - Issuu*. (2016, mai 4). [https://issuu.com/crvi/docs/263\\_uscidda\\_vermentinu](https://issuu.com/crvi/docs/263_uscidda_vermentinu)
- Lebrun, R. (2016). *Typicité du vin et réponses de la vigne aux contraintes du terroir*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2488.0401>
- Madelin, M., Bois, B., & Chabin, J.-P. (2010). Modification des conditions de maturation du raisin en Bourgogne viticole liée au réchauffement climatique. *EchoGéo*, 14, Article 14. <https://doi.org/10.4000/echogeo.12176>
- Modesti, M., Shmuleviz, R., Macaluso, M., Bianchi, A., Venturi, F., Brizzolara, S., Zinnai, A., & Tonutti, P. (2021). Pre-processing Cooling of Harvested Grapes Induces Changes in Berry Composition and Metabolism, and Affects Quality and Aroma Traits of the Resulting Wine. *Frontiers in Nutrition*, 8, 728510. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.728510>



- Mulas, G., Galaffu, M. G., Pretti, L., Nieddu, G., Mercenaro, L., Tonelli, R., & Anedda, R. (2011). NMR Analysis of Seven Selections of Vermentino Grape Berry : Metabolites Composition and Development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(3), 793-802.  
<https://doi.org/10.1021/jf103285f>
- Neethling, E., Barbeau, G., Quenol, H., & Bonnefoy, C. (2011). Évolution du climat et de la composition des raisins des principaux cépages cultivés dans le Val de Loire. *Climatologie*, 8, 79-92. <https://doi.org/10.4267/climatologie.323>
- Peyrot des Gachons, C., van Leeuwen, C., Tominaga, T., Soyer, J.-P., Gaudillère, J.-P., & Dubourdieu, D. (2005). Influence of water & nitrogen deficit on fruit ripening & aroma potential of *Vitis vinifera* L cv Sauvignon Blanc in field conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 73-85. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1919>
- Reynard, J.-S., Zufferey, V., Nicol, G.-C., & Murisier, F. (2011). Soil parameters impact the vine-fruit-wine continuum by altering vine nitrogen status. *OENO One*, 45(4), Article 4.  
<https://doi.org/10.20870/oeno-one.2011.45.4.1502>
- Reynolds, A. G. (2010). *Managing Wine Quality : Viticulture and Wine Quality*. Elsevier.
- Rouvellac, É. (2005). *Les terroirs du vin de Cahors*. Presses Univ. Limoges.
- Saurin, N., Tisseyre, B., & Lebon, E. (2014). Comment mesurer la contrainte hydrique de la vigne, de la plante au vignoble. *Innovations Agronomiques*, 38, 143.
- Terroirs de Balagne : Focus sur le Vermentinu • IVES*. (2021, décembre 3). <https://ives-openscience.eu/8993/>
- Tonietto, J. (1999). *Les Macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France : Méthodologie de caractérisation* [These de doctorat, École nationale supérieure agronomique (Montpellier ; 1960-2006)]. <https://www.theses.fr/1999ENSA0004>
- Traité de la vigne*. (2023). <https://www.dunod.com/sciences-techniques/traite-vigne-physiologie-terroir-culture-0>
- Trégoat, O., Ollat, N., Grenier, G., & van Leeuwen, C. (2001). *Étude comparative de la précision et de la rapidité de mise en œuvre de différentes méthodes d'estimation de la surface foliaire de la vigne*.
- van Leeuwen, C. (2010). Terroir : The effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. *Managing Wine Quality: Viticulture and Wine Quality*, 273-315. <https://doi.org/10.1533/9781845699284.3.273>
- van Leeuwen, C., & Chéry, P. (2001). Quelle méthodes pour caractériser et étudier le terroir viticole : Analyses de sols, cartographie pédologique, ou étude écophysiological ? *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, hors série*.
- van Leeuwen, C., & Friant, P. (2011). *Les méthodes d'estimation de l'alimentation azotée de la*

*vigne et des raisins au vignoble : État de l'art.*

van Leeuwen, C., Friant, P., Choné, X., Tregoat, O., Koundouras, S., & Dubourdiou, D. (2004).

Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55, 207-217. <https://doi.org/10.5344/ajev.2004.55.3.207>

van Leeuwen, C., Roby, J. P., & Pernet, D. (2008). *Méthodologie de zonage du terroir viticole au niveau du sol.*

Vaudour, E. (2003). *Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation, protection.*

## **ANNEXES**

### **ANNEXE 1 : résultats des analyses pédologiques 2020**

N° fosse : F5

Date : 09/07/2020

Conditions météorologiques :  
Description environnement :Observations de surface (H0) : (affleurement de roche, mouillere, butte, érosion hydrique...)  
% de pierrosité en surface : 5 %

	Prof	Compacité	Structure	Texture	% EG	Racines	Couleur	Humidité	Eff	O/R	Concrétions	
	0	Meuble Peu compact	Lamellaire En colonne	Subanguleuse Cubique	SL	Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension	Très nomb Vivantes Toutes	7.5YR 3/3	Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé
H1	30 cm	Compact Très compact	Prismatique Anguleuse	Grenue Gruneluse								
Limite	30	Meuble Peu compact	Lamellaire En colonne	Subanguleuse Cubique	LS	Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation	Nombreuses Vivantes Horizontales Toutes dim	7.5YR 4/6	Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé
H2	60 cm	Compact Très compact	Prismatique Anguleuse	Grenue Gruneluse								
Limite	80	Meuble Peu compact	Lamellaire En colonne	Subanguleuse Cubique	SL	Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation	Peu nb Vivantes Horizontales Toutes dim	5YR 5/8	Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé
H3	140 cm	Compact Très compact	Prismatique Anguleuse	Grenue Gruneluse								
Limite												
Nette - Progressive												
H4	- cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Gruneluse		Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation		Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé	
Limite												
Nette - Progressive												
H5	- cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Gruneluse		Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation		Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Bariolé	
Limite												

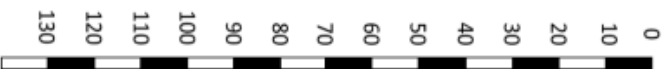
Remarques :

N° fosse : F4

Date : 09/07/2020

Conditions météorologiques :  
Description environnement :

Observations de surface (H0) : (affleurement de roche, mouillère, butte, érosion hydrique...)  
% de pierrosité en surface : 30 %



	Prof	Compacité	Structure	Texture	% EG	Racines	Couleur	Humidité	Eff	O/R	Concrétions		
H1	0 - 70 cm	Meuble Peu compact Compact Très compact Moyennement cpt	Lamelinaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunieleuse	SL-	20	Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation	Nombres Vivantes Orientation horiz & plong moyennes à grosses	10YR 5/2	Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barolé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barolé
Limite	70	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamelinaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunieleuse	S	70	Nette - Progressive						
H2	150 cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamelinaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunieleuse	S	70	Nette - Progressive						
Limite							Nette - Progressive						
H3	- cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamelinaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunieleuse			Nette - Progressive						
Limite							Nette - Progressive						
H4	- cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamelinaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunieleuse			Nette - Progressive						
Limite							Nette - Progressive						
H5	- cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamelinaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunieleuse			Nette - Progressive						

Remarques : Veines d'argile

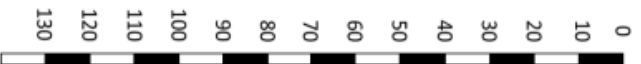


N° fosse : F2 - 2

Date : 09/07/2020

Conditions météorologiques :  
Description environnement :

Observations de surface (H0) : (affleurement de roche, moulrière, butte, érosion hydrique...)  
% de pierrosité en surface : 30 %



	Prof	Compacité	Structure	Structure	Texture	% EG	Racines	Couleur	Humidité	Eff	O/R	Concrétions	
<b>H1</b>	0 113 cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grumelleuse	AS	10	Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation	Abondant Vivantes Pionnières Grosses à moyennes	2.5YR 5/3	Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé
<b>Limite</b>													
<b>H2</b>	113 160 cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grumelleuse	A	60	Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation	Moyennit abondantes vivantes horizontales moyennes à petites	10YR 5/6	Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé
<b>Limite</b>													
<b>H3</b>	160 cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grumelleuse	S	90 (tuff)	Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation	Peu rousse Deséchées Horizontales Petites	10YR 7/4	Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé
<b>Limite</b>													
<b>H4</b>	- cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grumelleuse			Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation			Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé
<b>Limite</b>													
<b>H5</b>	- cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grumelleuse			Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation			Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé

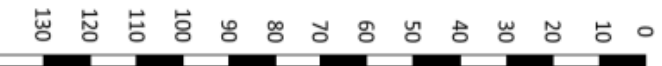
Remarques : Poche très argileuse horizontale


N° fosse : F2 - 1

Date : 09/07/2020

Conditions météorologiques :  
Description environnement : Zone de forte vigueur

Observations de surface (H0) : (affleurement de roche, moulure, butte, érosion hydrique...)  
% de pierrosité en surface : 30 %



	Prof	Compacité	Structure	Texture	% EG	Rachnes	Couleur	Humidité	Eff	O/R	Concrétions
	0	Mauv Peu compact Compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Gruneluse	SL	Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation	7.5YR 5/8	Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté
H1	162 cm	Tres compact	Anguleuse	Gruneluse	80					Barroilé	Barroilé
Nette - Progressive											
Limite											
H2	- cm	Mauv Peu compact Compact Tres compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Gruneluse		Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation		Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté
Nette - Progressive											
Limite											
H3	- cm	Mauv Peu compact Compact Tres compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Gruneluse		Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation		Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté
Nette - Progressive											
Limite											
H4	- cm	Mauv Peu compact Compact Tres compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Gruneluse		Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation		Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté
Nette - Progressive											
Limite											
H5	- cm	Mauv Peu compact Compact Tres compact	Lamellaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Gruneluse		Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation		Sec Frais Humide Noyé	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté

Remarques :

N° fosse : F-1

Date : 09/07/2020

Conditions météorologiques :  
Description environnement : **Flétrissement de la vigne à véraison**

Observations de surface (H0) : (affleurement de roche, mouillère, butte, érosion hydrique...) Faible effervescence en surface, mais pas sur H1 (chaulage)  
% de pierrosité en surface : 5 %

	Prof	Compacité	Structure	Texture	% EG	Racines	Couleur	Humidité	Eff	O/R	Concrétions
H1	0	Meuble Peu compact	Lameliaire En colonne	Subanguleuse Cubique	LS	Abondance Très abond Etat sanitaire Vivantes Orientation hortic & piong Dimension Toutes dim Localisation	10YR 5/3	Sec Frais Humide Moje	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé
	50	Compact Très compact	Prismatique Anguleuse	Grenue Grunneuse							
Limite											
Nette - Progressive											
H2	50 110 cm	Meuble Peu compact Très compact Moyennement compact	Lameliaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunneuse	SL	Abondance Nombreuse Etat sanitaire Vivantes Orientation hortic & piong Dimension toutes dim Localisation	7.5YR 4/6	Sec Frais Humide Moje	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé
Limite											
Nette - Progressive											
H3	110 140 cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lameliaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunneuse	SL	Abondance Peu rboustes Etat sanitaire Vivantes Orientation Horizontales Dimension Moyennes Localisation à petites	7.5YR 4/6	Sec Frais Humide Moje	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé
Limite											
Nette - Progressive											
H4	140 190 cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lameliaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunneuse	SA-	Abondance Peu rboustes Etat sanitaire Vivantes Orientation Horizontales Dimension Moyennes Localisation	7.5YR 5/8	Sec Frais Humide Moje	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé
Limite											
Nette - Progressive											
H5	- cm	Meuble Peu compact Compact Très compact	Lameliaire En colonne Prismatique Anguleuse	Subanguleuse Cubique Grenue Grunneuse		Abondance Etat sanitaire Orientation Dimension Localisation		Sec Frais Humide Moje	Absence Faible Moyenne Forte	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé	Aucune Présence Peu tacheté Tacheté Barroilé

Remarques : H3 plus compact



## ANNEXE 2 : hydromorphie, pierrosité, lithologie, pédologie des parcelles (carte CRVI)

SANT ARMETTU

### DOMAINE SANT'ARMETTU

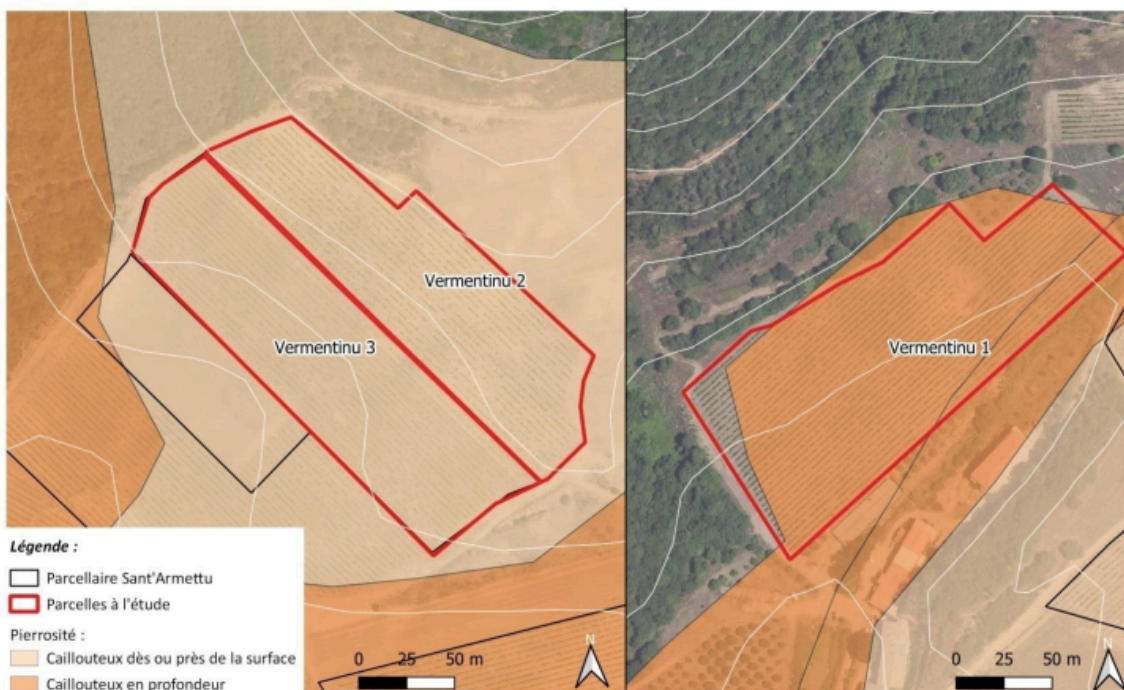


#### Hydromorphie



# DOMAINE SANT'ARMETTU

## Pierrosité



# DOMAINE SANT'ARMETTU

## Pédologie



## Lithologie



## ANNEXE 3 : Protocole d'élongation des rameaux

### (FR) Protocole de mesure d'élongation des rameaux

#### INFORMATION

La vitesse d'allongement des rameaux est une évaluation précise de l'état de stress hydrique de la plante. Nous vous conseillons de suivre l'élongation des rameaux du débourrement jusqu'à la fin de la croissance.

Il faut réaliser 2 mesures sur chaque smart point : la longueur moyenne des rameaux et le nombre moyen de rameaux par vigne.

[Vous pouvez commencer la prise de mesure à 3 feuilles étalées. Cela devrait correspondre à 3-9 cm environ.](#)

#### OUTILS

Rubalise, mètre couturier, carnet de note

#### METHODE

1. Positionnez les smart points aux endroits clés de votre vignoble. Assurez-vous de placer au moins un smart point dans une zone où l'eau n'est pas limitée en période de croissance des vignes (sur la base de votre expérience antérieure).
  2. Sélectionnez 4 vignes saines adjacentes (en rang) au niveau du smart point.
  3. Sur chaque pied, marquez 4 rameaux primaires répartis entre le tronc et l'extrémité du cordon. Les 4 rameaux doivent être situés à différents endroits le long du cordon pour tenir compte de la croissance différentielle entre les rameaux (sélectionnez un rameau proche du tronc (en première ou deuxième position), puis un des 2 derniers rameaux du cordon et 2 autres rameaux entre les deux). Ne sélectionnez que les rameaux primaires, pas les secondaires. Dans le cas spécifique où un rameau montre un ralentissement significatif par rapport aux autres, il doit être écarté. Si cela arrivait, sélectionnez un nouveau rameau dont la dynamique de croissance est relativement similaire à la moyenne des autres. Le cas échéant, commencez à surveiller ces rameaux de préférence après le drageonnage afin d'éviter de surveiller des rameaux qui pourraient être retirés prématurément ou qui ne se développeraient pas complètement.
  4. **Mesurez** la longueur des rameaux avec un mètre de couturier tous les 3 à 7 jours sur les mêmes 16 rameaux de chaque smart point.
  5. A chaque visite, **comptez** le nombre de rameaux primaires sur chacun des 4 pieds sélectionnés. C'est essentiel pour mieux comprendre la densité des points de croissance au niveau du smart point. Entrez les données dans 360viti.
  6. Sur 360viti ([lien](#)) : dans le menu de gauche (barre verte), sélectionnez l'application "Enterdata" afin d'intégrer les données d'échantillonnage > menu déroulement "type" > Longueur des rameaux.
- Date: date à laquelle la mesure a été faite
  - Longueur de rameau (cm): la longueur moyenne des 16 pousses du smart point.
  - Nombre de rameaux par pied: le nombre moyen de rameaux par vigne sur les 4 vignes mesurées.

**i** La vitesse d'allongement des rameaux en fonction du temps thermique sera calculée automatiquement et affichée dans l'application Graphique comme **Taux de croissance (growth rate)**.

Si un rameau cesse de croître après plusieurs mesures, passez à un autre rameau. Exemple : un rameau s'arrête à 7 cm et tous les autres mesurent 60 cm.

Voici quelques exemples de positions de rameaux à sélectionner :

## ANNEXE 4 : protocole de vinification des placettes d'étude

### PROTOCOLE :

1. **Vendanges** : récolte vendange mécanique (par parcelle) à un niveau de maturité correspondant à une fourchette comprise entre 12 et 13° de TAVp.
2. Absence de sulfitage
3. **Pressurage** : Programme du pressoir d'1h30 avec séparation des jus de bennes/jus d'égouttage/jus de fin de presse et les cœurs de presse par suivi du pH (pic de pH = séparation des jus) ;
4. **Ajout de gaz carbonique** dans la maie pour inertage et dans la cuve de réception (SH thermorégulé avec des pales pour agitation)
5. **Enzymage** à 3g/hl au fur et à mesure du remplissage de la SH pour faciliter le débouillage : agitation à température ambiante pendant 5h
6. **Débouillage à froid** : 24h à 48h à moins de 5°C
7. **Contrôle NTU** avec le turbidimètre : à 150 NTU = débouillage
- Ajout de bourbes fines en cas de jus trop clair*
8. Mesure quotidienne de la densité avec mustimètre
9. **Levurage** à 20 g/hL - VL2
10. **Ajout de Nutristart** après levurage (la quantité dépend du niveau de carence)
11. **Suivi quotidien de la densité et de la température** (idéale 18°C – 20°C)  
*A densité initiale – 30 points :*
12. Ajout de Nutristart et DAP, en fonction du niveau de carence
13. **Cliquage** pour homogénéiser et apporter 6 mg/hL d'O<sub>2</sub>
14. Quand D<995, doser les sucres par suivi Glucose/Fructose au laboratoire
15. Quand G/F<0.3 g/L, prélèvement labo (tube de 10 mL) pour ANALYSE FIN FA
16. **Soutirage et sulfitage** selon l'OAD.  
**Objectif : atteindre 30 mg/L de SO<sub>2</sub> libre**
17. J+2 après soutirage : contrôle AV + SO<sub>2</sub> libre et SO<sub>2</sub> total
18. **Élevage et contrôle SO<sub>2</sub>** et AV 2 fois par mois
19. **Précipitation tartrique**
20. **Mise en bouteille** entre 3 à 6 mois après la fin de la FA – Analyse MISE