

# Exploration de la diversité variétale en production viticole à fin d'adaptation au changement climatique à travers des approches écophysiological, chimiques et sensorielles. Application aux vignobles Bordelais.

Exploring varietal diversity as a tool for adapting wine production to climate change, using an ecophysiological, chemical and sensorial approach. Application to the Bordeaux area.

L'objectif de ce doctorat est d'étudier le comportement physiologique d'une large gamme de variétés de *Vitis vinifera* (cépages) ainsi que la typicité de leurs vins produits afin de s'adapter au changement climatique dans le vignoble Bordelais. Les données ont été principalement collectées dans un vignoble expérimental situé au château La Tour Carnet et planté au cœur des vignobles de Bordeaux. Certaines données proviennent également de la parcelle expérimentale VitAdapt, située à proximité du centre de recherche « Institut des Sciences de la Vigne et du Vin ».

La première partie du doctorat est consacrée à l'évaluation physiologique du potentiel d'adaptation des cépages étudiés. La phénologie de 69 cépages issus de la parcelle de La Tour Carnet a été relevée sur deux millésimes afin de caractériser leurs précocités.

Les réponses aux déficits hydriques de 48 cépages (venant de VitAdapt) ont été étudiées à l'aide de mesures de  $\delta^{13}\text{C}$  et de potentiels hydriques sur plusieurs millésimes. Cela a permis de caractériser l'effet variétal sur l'efficacité hydrique (WUE). La WUE en conditions non limitantes (lorsqu'elle est corrélée à la phénologie) a été identifiée comme un outil potentiel pour évaluer la résilience au déficit hydrique de ces cépages. Des hydroscaopes (qui étaient corrélées avec certaines des métriques de  $\delta^{13}\text{C}$ ) ont également été construites à l'aide de mesures du potentiel hydrique sur un sous-ensemble de 6 cépages, afin de définir leurs stratégies en matière de comportement iso/anisohydrique.

Enfin, une dernière étude couvrant 51 cépages sur plusieurs millésimes a permis d'analyser l'effet variétal sur les composantes acides du raisin, de la véraison à la vendange. Premièrement, une caractérisation des différences variétales dans la dégradation de l'acide malique et la modulation de l'acide tartrique a été effectuée. Il a aussi été mis en avant que le pH est affecté différemment par l'acide tartrique, l'acide malique et les cations inorganiques au cours de la période de maturation, avec un fort effet variétal. Cela a permis d'identifier des cépages qui tendent à conserver un pH bas malgré un taux plus élevé de dégradation de l'acide malique ou malgré une absorption accrue de  $\text{K}^+$ .

La deuxième partie du doctorat concerne la composition volatile et les profils sensoriels des vins produits à partir d'un sous-ensemble de 25 cépages rouges. Les vins ont été produits sur les millésimes 2018 à 2022, dans le chai expérimental de La Tour Carnet avec des conditions de vinification similaires.

En quantifiant 52 composés volatils connus dans tous les vins, une évaluation précise de l'effet variétal sur ces composés a été réalisée. Les similarités entre cépages ont été montrées par une analyse de regroupement hiérarchique (HCA). Cette HCA a également révélé que les variétés classiques de Bordeaux tendent à produire des vins avec des compositions volatiles similaires. Tous les vins ont été soumis à des analyses sensorielles avec un large panel de professionnels du vin. Une classification des cépages en fonction de la typicité des vins qu'ils produisent a été réalisée. Les variétés classiques bordelaises produisent des vins hautement typiques, mais d'autres variétés non bordelaises produisent également des vins très typiques. Ensuite, un test

Check-All-That-Apply (CATA) a été réalisé par les juges pour caractériser les profils sensoriels des vins. Grâce aux traitements statistiques, les frontières de l'espace sensoriel de la typicité bordelaise ont été définies. Enfin, une HCA a été réalisée pour évaluer les similarités des profils sensoriels des 25 variétés, permettant ainsi d'identifier 5 variétés non bordelaises d'intérêt pour une éventuelle introduction dans les vignobles bordelais.

Deux dernières analyses sensorielles ont été effectuées pour évaluer l'impact de ces 5 cépages lorsque incorporés jusqu'à 30% dans un assemblage classique. Elles ont montré que la typicité de l'assemblage était à peine impactée.

### **Summary of the PhD - English**

The aim of the PhD is to study the physiological behaviour of a wide range of *Vitis vinifera* grapevines varieties as well as the typicity of their wines produced in the context of a changing climate in the Bordeaux vineyards. To study those questions, data were mostly collected in an experimental common garden in château La Tour Carnet, belonging to the "Vignobles Bernard Magrez" and planted in the heart of the Bordeaux vineyards. Some data were also sourced from the VitAdapt experiment plot, planted next to the research center "Institut des Sciences de la Vigne et du Vin".

This PhD includes two main parts. The first part is related to physiological assessment of the adaptation potential of the varieties. Phenology dates of 69 varieties from the La Tour Carnet plot were collected over two vintages to classify the varieties on a range from earlier phenology to later phenology. Among those 69 varieties, 25 were selected to study their yield components over one to two vintages.

Responses to water deficits were studied for 48 different varieties with  $\delta^{13}\text{C}$  and water potential measurements over multiple vintages taken from the VitAdapt plot. This allowed characterizing the varietal effect on the water use efficiency (WUE). WUE in non-limiting conditions (when considered with phenology) was found to be a potential tool to assess resilience to water deficit for these varieties. Hydroscares (which were correlated with some of the  $\delta^{13}\text{C}$  metrics) were also drawn using water potential measurements on a subset of 6 varieties for defining the strategies of those varieties in their iso/anisohydricity behavior.

Finally, a large study covering 51 varieties over multiple vintages aimed to analyse the varietal effect on the acidic components from veraison to harvest. Varietal differences in malic acid degradation and tartaric acid modulation were characterized. pH was found to be differently impacted by tartaric acid, malic acid and inorganic cations over the course of the ripening period with a strong varietal effect. It helped in identifying varieties that tend to keep a low pH despite a higher malic acid degradation rate or despite increased uptake of  $\text{K}^+$ .

The second part of the PhD studied the volatile composition and the sensory profiles of the wines produced from a subset of 25 red varieties. The wines were made in vintages 2018 to 2022, from the experimental vineyard of La Tour Carnet, in similar winemaking conditions. A first analyses questioned the varietal effect on the volatile composition of the wines. By quantifying 52 known volatile compounds on all the wines, a precise assessment of the varietal effect on those compounds was performed, excluding potential vintage/evolution biases. Similarities among varieties were shown by means of a hierarchical clustering analyses (HCA). This HCA also revealed that classical Bordeaux varieties tend to produce wines with some similarities in their volatile composition.

All the wines went through sensory analyses with a large panel of wine professionals. By rating their typicity, a classification of the varieties based on the typicity of the wines they produce was made. Classical Bordeaux varieties were found to produce highly typical wines but other

varieties not from Bordeaux were also producing very typical wines. Then a Check-All-That-Apply (CATA) was made by the judges to characterize the sensory profiles of the wines. Through statistical treatments, the boundaries of the sensorial space of the Bordeaux typicity were established. Finally, an HCA was made to assess similarities in sensory profiles from the 25 varieties that allowed to identify 5 non-Bordeaux varieties of interest for their potential introduction in the Bordeaux vineyards.

Two last sensory analyses were made to assess the impact of those 5 non-Bordeaux varieties in a classical blend that showed that the typicity of the blend was barely impacted, even when new varieties account for 30% in the final blend of the wine.