

RESUME

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence des différentes composantes du terroir viticole sur la variabilité des potentialités œnologiques à la récolte du cépage Merlot Noir en Gironde.

13 parcelles de Merlot Noir, représentatives de la variabilité des terroirs viticoles en Gironde, ont été suivies de 2005 à 2011, en période végétative et jusqu'à la récolte. Les résultats obtenus confirment les corrélations entre la composition des baies à la récolte et les indices climatiques, les mesures liées à l'alimentation hydrique de la vigne et les paramètres liés aux systèmes de conduite et pratiques viticoles.

L'utilisation d'outils statistiques d'analyse multifactorielle (ACP et CAH) ont permis dans un premier temps de mettre en évidence l'influence respective des composantes climat, sol et mode de production (système de conduite et pratiques viticoles). Dans un second temps, une méthodologie a été élaborée pour caractériser la variabilité des potentialités œnologiques des parcelles d'un réseau et mettre en évidence leur sensibilité à l'effet millésime.

La trajectoire climatique du millésime oriente fortement les potentialités œnologiques de la récolte. Le mode de production (conduite x pratiques) semble jouer un rôle améliorateur. Pour autant, les potentialités œnologiques de la récolte restent très liées au type de sol, qui contribue fortement à l'effet "parcelle" et induit une sensibilité à l'effet "millésime" plus ou moins marquée.

La méthodologie élaborée pour évaluer la variabilité des potentialités œnologiques des parcelles d'un réseau constitue un outil original de caractérisation des terroirs viticoles.

En outre, elle offre la possibilité de valoriser des données issues de réseaux de suivi de la maturité, en mettant en évidence les parcelles à comportement et potentialités similaires.

Mots clefs : composantes du terroir viticole, potentialités œnologiques de la récolte, effets millésime et parcelle, trajectoire climatique, filtre agronomique.

SOMMAIRE

1. Introduction.....	3
2. Matériels et méthodes.....	4
3. Résultats et commentaires.....	6
4. Conclusions.....	12

1. Introduction

La notion de terroir viticole peut être défini comme l'interaction entre le climat, le sol et la vigne, associée à une aire géographique donnée (SEGUIN, 1988). Certains auteurs incluent dans la définition de terroir le facteur humain en englobant les pratiques viticoles et œnologiques (SEGUIN, 1986).

Parmi les principales méthodes, approches et échelles d'études des terroirs viticoles (MORLAT, 2010), les méthodes systémiques de caractérisation des terroirs, intégrant l'écophysiologie de la chaîne (facteurs du milieu – vigne – raisin – vin) semblent les plus aptes à traduire et à quantifier l'effet terroir dans sa complexité et sa réalité. Elles prennent en compte les effets des divers facteurs sur le fonctionnement de la vigne et leurs conséquences sur les caractéristiques des vendanges et, si possible, sur les vins.

De nombreuses études ont montré l'influence des composantes naturelles du terroir viticole sur les potentialités œnologiques de la récolte : climat (Winkler et al, 1974 ; Huglin, 1978 ; Gladstones, 1992) et sol (Seguin, 1975 ; van Leeuwen et Seguin, 1994).

Concernant le climat, certains auteurs se sont intéressés aux conditions thermiques de la période de maturation du raisin, particulièrement dans le cas des cépages rouges. La synthèse des polyphénols du raisin, anthocyanes en particulier, et celle des arômes du raisin sont sous la dépendance de la température (JACKSON et LOMBARD, 1993). Selon CARBONNEAU (1992), l'accumulation des anthocyanes dans les pellicules est favorisée par des températures diurnes relativement élevées mais sans excès, en interaction positive avec des températures nocturnes fraîches.

L'influence du sol sur le comportement végétatif de la vigne, la maturation des raisins et la qualité des vins apparaît étroitement liée au régime hydrique et azotée conféré à la vigne (Choné et al, 2001 ; Tregot et al., 2002).

Dans cette étude, l'influence du climat, du sol et du mode de production sur les potentialités technologiques et phénoliques des raisins à la récolte sont évaluées simultanément, pour un même cépage.

L'objectif est de confirmer la contribution de chacune de ces composantes à la variabilité des potentialités œnologiques des raisins à la récolte.

2. Matériels et méthodes

Parcelles d'étude. Cette étude repose sur le suivi d'un réseau de 13 parcelles de Merlot Noir, illustrant la variabilité des terroirs viticoles en Gironde, en terme de sol, de système de conduite et de pratiques viticoles. Le tableau 1 présente les principales caractéristiques de ces parcelles.

Tableau 1 : Variabilité des parcelles d'étude

Parcelle	A.O.C. revendiquée	Type de sol	Densité de plantation (pieds/ha)	Écartement inter-rang (mètres)
A	Bordeaux	CALCOSOL argilo-sableux (bord de plateau calcaire)	2 778	3,00
B	Bordeaux	CALCISOL argilo-limoneux (bas de versant)	2 831	3,50
C	Bordeaux	LUVISOL limono-sableux rédoxique (bas de versant)	3 472	2,40
D	Côtes de Bordeaux-Blaye	COLLUVIOSOL sablo-limoneux	4 167	2,00
E	Côtes de Bordeaux-Blaye	BRUNISOL sablo-limoneux	4 167	2,00
F	Fronsac	CALCISOL argilo-limoneux (plateau calcaire)	4 630	1,80
G	Côtes de Bordeaux-Cadillac	PEYROSOL sablo-limoneux sur graves compactes (haut de versant)	4 831	2,30
H	Côtes de Bordeaux-Cadillac	CALCOSOL limono-argileux (versant molassique)	5 000	2,00
I	Graves	PEYROSOL rédoxique en profondeur (terrasse graveleuse)	5 000	2,00
J	Médoc	CALCOSOL argilo-sableux (plateau calcaire)	5 000	2,00
K	Saint-Emilion	CALCOSOL argileux sur marnes (versant convexe)	5 556	1,80
L	Saint-Emilion	COLLUVIOSOL sableux (versant concave)	6 494	1,40
M	Médoc	BRUNISOL gravelo-sableux peu épais sur molasse argilo-limoneuse (versant)	8 333	1,00

Pour chaque parcelle, les premières mesures de potentiel hydrique (2005) ont permis de sélectionner des zones homogènes pour le suivi. Au final, chaque zone d'étude correspond à 50 à 70 pieds consécutifs sur les rangs sélectionnés, au sein desquels 8 pieds marqués servent aux mesures de potentiel hydrique et de rendement.

Conditions climatiques. Les données climatiques utilisées (précipitations, ETP, températures moyennes, minimales et maximales) ont été collectées à partir de stations météorologiques du réseau Demeter, situées à moins de 10 km des parcelles. La Classification Climatique Multicritères (CCM) de Tonietto et Carbonneau (2004) a été utilisée afin de caractériser chacun des millésimes étudiés. L'Indice Héliothermique (IH) de Huglin exprime en degrés jours la somme des températures actives cumulées entre le 1^{er} avril et le 30 septembre. L'Indice de Sécheresse (IS) est basé sur l'équation du bilan hydrique établi par Riou (1994). Enfin, l'Indice de Fraîcheur des nuits (IF) correspond à la moyenne des températures minimales du mois de septembre.

Développement végétatif. Chaque année la surface foliaire a été évaluée sur 10 pieds, par la méthode de la Surface Exposée du Couvert Végétal (SECV) de Carbonneau (1995) et Murisier (1996).

Régime hydrique. Afin d'estimer le régime hydrique de la plante, des mesures de potentiel tige ont été réalisées au moyen d'une chambre à pression (Scholander, 1965), toutes les 2 semaines, à partir du stade « fermeture de la grappe ». A chaque mesure, 8 répétitions ont été réalisées (1 feuille par pied marqué). Les valeurs extrêmes (minimales et maximales) ont été exclues pour calculer la moyenne à partir de 6 mesures homogènes. Selon van Leeuwen (2007), la contrainte hydrique est considérée comme nulle lorsque $\psi_t > -0,6$ MPa, faible lorsque $-0,9$ MPa $> \psi_t > -0,6$ MPa, faible à modérée lorsque $-1,1$ MPa $> \psi_t > -0,9$ MPa, modérée à forte lorsque $-1,4$ MPa $> \psi_t > -1,1$ MPa et forte lorsque $\psi_t < -1,4$ MPa.

A la récolte, la mesure du rapport isotopique du carbone ($\delta^{13}C$) est effectué sur les sucres du moût des raisins (van Leeuwen et al., 2001).

Rendement. Le calcul du rendement est réalisé au moment de la récolte, à partir des données mesurées sur chacun des 8 pieds marqués : poids total de récolte et nombre de grappes, poids moyen d'une grappe.

Composition des raisins. Le suivi de la maturation des baies a été réalisé une fois par semaine, à partir de la fin du mois d'août jusqu'à la récolte. A chaque fois, 200 baies sont prélevées, de chaque côté du rang d'étude, à raison de 2 baies par grappe.

Dans cette étude, seules les analyses à la récolte ont été utilisées. Elles concernent les paramètres suivants : poids de 100 baies (en g) ; sucres réducteurs (en g/L), mesurés par spectroscopie InfraRouge à Transformée de Fourier (IRTF) ; titre alcoométrique probable (en % vol.), sur la base de 16,83 g/L de sucres/% vol. ; acidité totale (en g/L d'H₂SO₄), déterminée par dosage acido-basique à la soude ; pH ; acide malique (en g/L), mesuré par méthode enzymatique ; azote assimilable du moût (en mg/L), par formol titration ; potentiel total en anthocyanes (en mg/L), obtenu par dosage du broyat macéré à pH=1 puis mesure de la densité optique à 520 nm ; Indice de Polyphénols Totaux (IPT) à pH 3,2, obtenu par dosage du broyat macéré à pH=3,2 puis mesure de la densité optique à 280 nm ; maturité phénolique des pépins (Mp % = 100 * (IPT à pH 3,2 - 40 * anthocyanes à pH 3,2 / 1 000) / IPT à pH 3,2)

Les 7 années de suivi ont ainsi permis de constituer une base de données, comportant 91 séries d'analyses à la récolte (paramètres technologiques et phénoliques), associées à autant d'individus "parcelle x millésime".

Traitement statistique. Le traitement des données a été réalisé avec les logiciels Excel© et Statbox Pro© et les outils d'analyses statistiques suivants : matrice des corrélations (coefficients de corrélations de Pearson), Analyses en Composantes Principales (ACP) et Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

3. Résultats et commentaires

Corrélations entre les paramètres viticoles, les indices climatiques et les paramètres analytiques des raisins à la récolte.

Le tableau 2 regroupe les coefficients de corrélations de Pearson calculés grâce au logiciel Statbox Pro®.

Tableau 2 : Matrice des corrélations entre les paramètres viticoles, les indices climatiques et les paramètres analytiques des raisins à la récolte.

	Sucres	Acidité totale	pH	Acide malique	Poids des 100 baies	Anthocyanes à pH 1	Anthocyanes à pH 3,2	IPT à pH 3,2	PEA	Maturité des pépins
SECV/rendement	-0,18	-0,40***	0,55***	-0,02	-0,36**	-0,08	0,13	0,22	0,24*	0,11
SECV	-0,32**	0,32**	-0,15	0,34**	0,00	-0,05	-0,14	-0,20	-0,04	-0,05
Poids d'une grappe	0,00	0,38***	-0,48***	0,02	0,36**	0,01	-0,12	-0,23	-0,13	-0,16
Rendement	-0,06	0,42***	-0,58***	0,01	0,20	0,01	-0,12	-0,28*	-0,07	-0,20
Delta ¹³ C	-0,19	-0,51***	0,53***	-0,23	-0,48***	-0,02	0,32**	0,55***	0,38***	0,21
Potentiel tige (moyen)	-0,49***	0,59***	-0,51***	0,65***	0,61***	-0,25*	-0,62***	-0,60***	-0,38***	0,14
Potentiel tige (maximum)	-0,48***	0,59***	-0,54***	0,61***	0,61***	-0,25*	-0,61***	-0,55***	-0,36**	0,17
H/E	-0,08	0,11	0,04	0,24*	-0,11	-0,07	-0,05	0,08	0,10	0,17
Densité	0,12	-0,20	0,20	-0,05	-0,33**	0,09	0,25*	0,44***	0,22	0,21
IH	0,05	-0,18	-0,04	-0,30**	-0,07	-0,30**	0,08	0,38***	0,57***	0,36**
IS	-0,82***	0,20	-0,13	0,47***	-0,05	-0,22	-0,34**	-0,18	-0,13	0,24*
IF	0,14	-0,24	0,01	-0,51***	-0,20	-0,15	0,21	0,53***	0,50***	0,34**

En gras et en bleu, les valeurs significatives au seuil : $\alpha = 0,1$ (*), $\alpha = 0,05$ (**) et $\alpha = 0,01$ (***)

Les paramètres viticoles liés au système de conduite et aux pratiques viticoles (SECV/rendement, SECV, poids moyen d'une grappe et rendement) apparaissent bien corrélés avec les paramètres analytiques de la maturité technologique (sucres, acidité totale, pH, acide malique et poids des 100 baies).

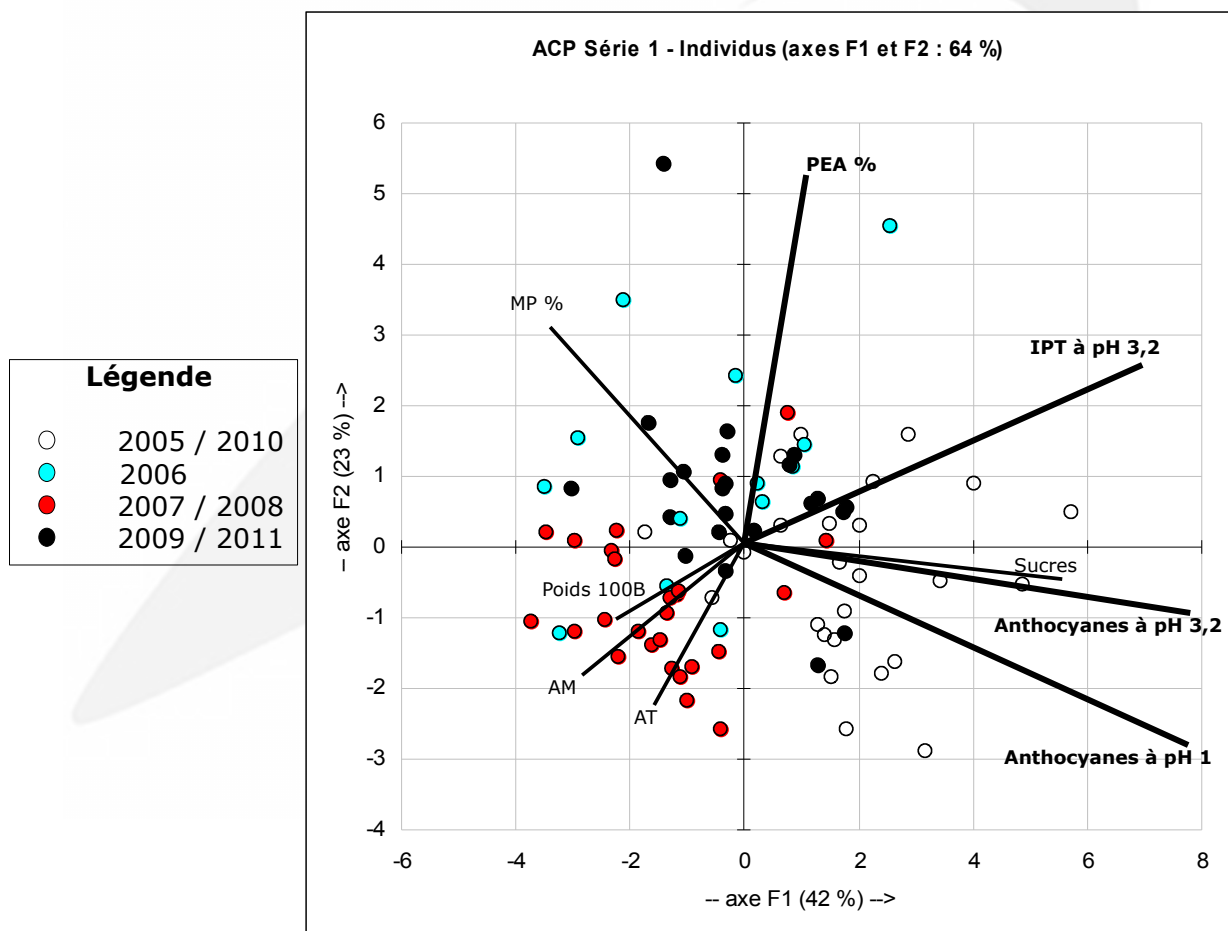
Les résultats concernant l'alimentation hydrique ($\delta^{13}C$ et potentiels tiges moyens et maximums) sont aussi bien corrélés à des paramètres de la maturité technologique (sucres, acidité totale, pH et acide malique) qu'à des paramètres de la maturité phénolique (anthocyanes à pH 3,2, IPT à pH 3,2 et PEA).

Les 3 indices climatiques de la méthode CCM sont bien corrélés avec l'acide malique, mais aussi avec des paramètres de maturité phénolique tels que les anthocyanes à pH 1 et à pH 3,2, le potentiel en anthocyanes extractibles et la maturité des pépins. A noter que l'indice de sécheresse est corrélé de manière très significative à la teneur en sucres des raisins.

Approche statistique multicritères. L'utilisation de l'ACP permet de représenter visuellement la variabilité des potentialités œnologiques observée au cours de cette étude, sur 91 individus (13 parcelles x 7 millésimes). Celle-ci met en évidence les paramètres analytiques qui l'expliquent le plus : anthocyanes totales (pH 1) et extractibles (pH 3,2), indice des polyphénols totaux à pH 3,2 (IPT) et potentiel en anthocyanes extractibles (PEA %). Cette variabilité s'explique également, mais de manière moins significative, par les autres paramètres : sucres, acidité totale, acide malique, poids de 100 baies et maturité des pépins (Mp %).

Afin d'évaluer l'influence des différentes composantes du terroir viticole sur la variabilité des potentialités technologique et phénolique (PTP) de la récolte, les individus ont été distingués, à l'aide d'un code couleur, en fonction de divers paramètres liés au climat, au sol, ou aux modes de production.

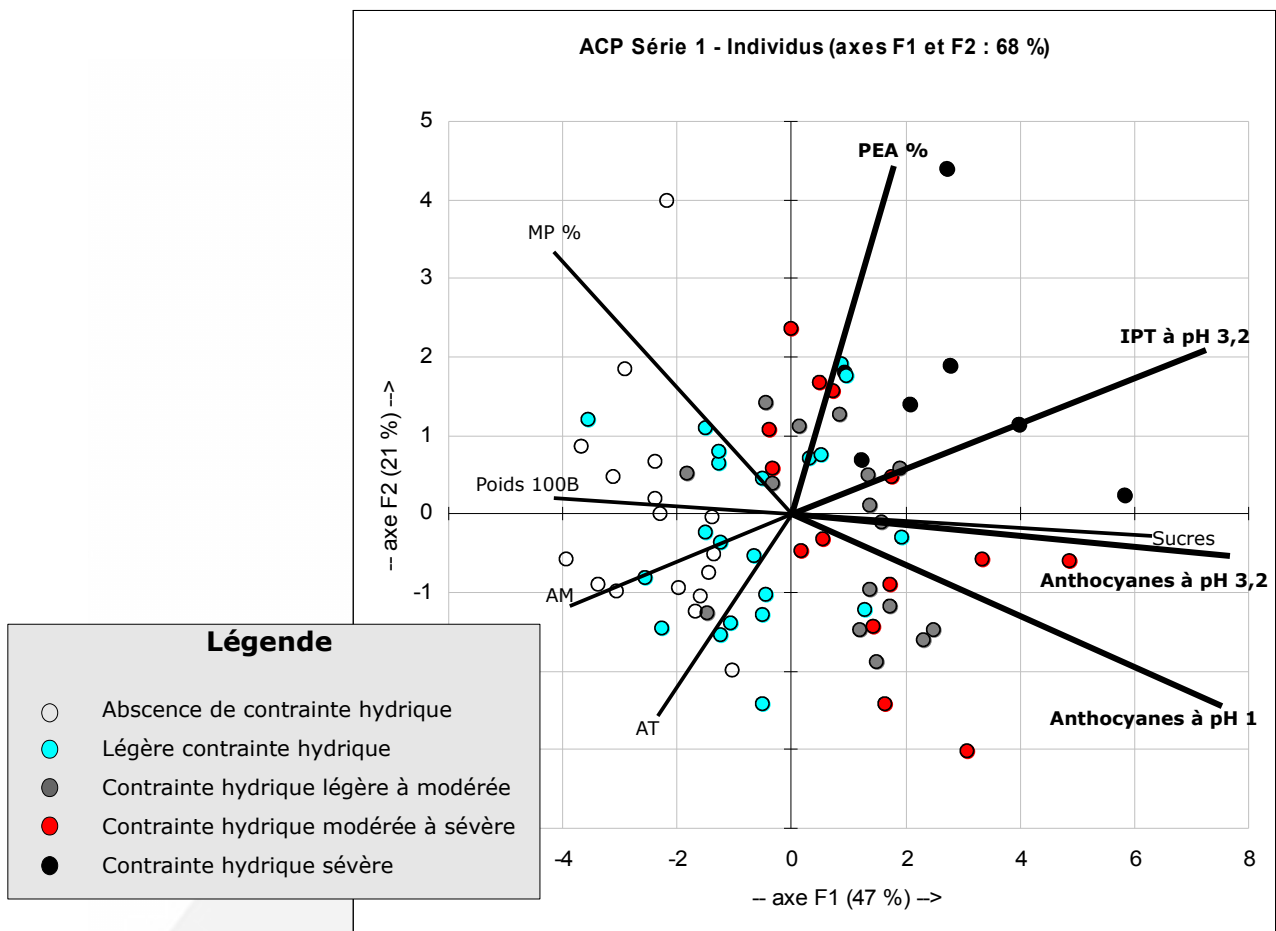
Influence du climat. Pour le climat, les individus ont été classés selon leur millésime (graphique 1). En 2005 et 2010, les individus se caractérisent par une plus grande richesse phénolique, un PEA % moyen et une maturité technologique poussée. A l'opposé, 2007 et 2008 présentent les PTP les plus faibles. En 2006, 2009 et 2011, les PTP apparaissent moyennes, avec un PEA % sensiblement plus élevé en 2006.



Graphique 1 : Influence du millésime

Influence du sol. Pour le sol, le potentiel hydrique tige (moyenne à véraison) a été retenu (graphique 2). Cet indicateur physiologique de la contrainte hydrique subie par la vigne peut en effet être considéré comme un indicateur des réserves hydriques du sol, et constitue un élément intégrateur de l'effet terroir.

Les individus caractérisés par un régime hydrique peu ou non limitant présentent globalement des PTP plutôt limitées. A l'inverse, plus la contrainte hydrique subie est marquée, plus les PTP augmentent.



Graphique 2 : Influence du régime hydrique conféré à la vigne

Influence du mode de production. Afin d'évaluer l'influence du mode de production, les parcelles ont été regroupées en 3 classes de Potentiel de Valorisation Economique (PVE), liées au contexte technico-économique de production et aux systèmes de conduite et pratiques viticoles associés (tableau 3).

Tableau 3 : Potentiel de Valorisation Économique (PVE), systèmes de conduite et pratiques viticoles (IR : inter-rangs, SR : sous les rangs)

PVE	Densité (pieds/ha)	Entretien des sols	Opérations en vert	Vendanges
Faible	< 4 000	IR : Enherbement naturel ou semé SR : Désherbage chimique	Épamprage chimique ou mécanique, effeuillage mécanique	Mécaniques
Moyen	4 à 5 000	IR : Enherbement naturel ou semé / entretien mécanique SR : Désherbage chimique ou mécanique	Épamprage mécanique ou manuel, effeuillage mécanique	Mécanique et/ou manuelles
Fort	> 5 000	IR : Entretien mécanique intégral (ou 1 rang/2) SR : Entretien mécanique	Ébourgeonnage, épamprage manuel, effeuillage mécanique ou manuel, éclaircissage	Manuelles

L'ACP associée à la méthode de coloration des individus n'a pas permis de mettre clairement en évidence l'influence du mode de production sur les potentialités œnologiques de la récolte. Seules les parcelles à faible PVE semblent présenter des PTP globalement plus limitées.

Effet « parcelle » et sensibilité à l'effet « millésime ».

Afin d'évaluer l'influence de l'effet "parcelle" sur la variabilité des potentialités œnologiques, les 91 séries d'analyses à la récolte ont été classées, à l'aide d'une CAH, en 4 groupes de PTP significativement différentes : faibles (1+), moyennes (2+), élevées (3+), très élevées (4+). Pour chacune des parcelles, la variabilité inter-annuelle de ses potentialités à la récolte exprime sa sensibilité à l'effet "millésime" (tableau 4).

Tableau 4 : Variabilité des potentialités technologiques et phénoliques de la récolte et sensibilité des parcelles à l'effet "millésime"

Parcelle	A.O.C. revendiquée	Potentialités technologiques et phénoliques (PTP) à la récolte			
		1+	2+	3+	4+
Parcelles à Potentiel de Valorisation Économique faible					
A	Bordeaux		05-06-07-11	08-09	10
B	Bordeaux	06-09-11	07-08-10		05
C	Bordeaux	06-07-08-09	10	05	
Parcelles à Potentiel de Valorisation Économique moyen					
D	Côtes de Bordeaux-Blaye	05-07-09-11	06-08	10	
E	Côtes de Bordeaux-Blaye	07-11	05-06-08-09		10
F	Fronsac	09-11	06-07-08	05-10	
G	Côtes de Bordeaux-Cadillac	11	06-07-08-09	05-10	
H	Côtes de Bordeaux-Cadillac	06-09	05-07-08-11	10	
Parcelles à Potentiel de Valorisation Économique élevé					
I	Graves	07-11	06-08	05-10	
J	Médoc	06	07-11	08	05-10
K	Saint-Emilion	06-07-08-11	05	10	
L	Saint-Emilion		06-07-08-11	05-09	10
M	Médoc		06-07	05-08-09-11	10

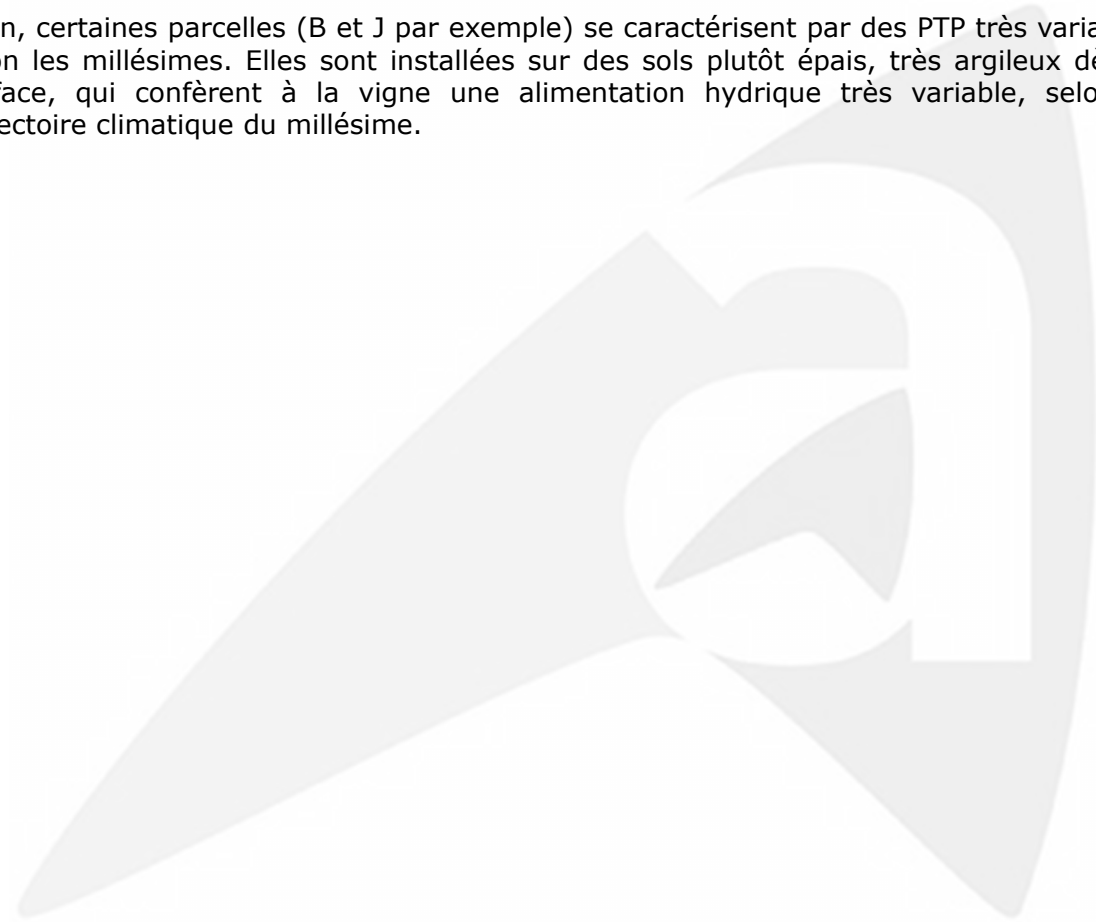
Au vu de ces résultats, le mode de production semble avoir une influence sur les potentialités œnologiques de la récolte. Les parcelles à faible potentiel de valorisation économique (PVE) produisent plus fréquemment une récolte à faibles PTP (groupes 1+ et 2+). Plus le PVE augmente, plus les parcelles présentent régulièrement des PTP élevées (groupes 2+ et 3+).

Cette méthode d'évaluation de la sensibilité des parcelles à l'effet "millésime" permet également de mettre en évidence l'influence prépondérante de la composante sol, à travers 3 types de comportements indépendants du mode de production associé.

Certaines parcelles (C et K par exemple) se caractérisent le plus souvent par des PTP faibles (1+), sauf millésimes exceptionnellement chauds et secs (2005 et 2010). Elles sont installées sur des sols épais de bas de versants, à hydromorphie temporaire marquée, qui confèrent à la vigne une alimentation hydrique peu à non limitante.

A l'inverse, d'autres parcelles (A et M par exemple) présentent des PTP moyennes à élevées (2+ ou 3+) quel que soit le millésime. Elles correspondent à des sols très peu épais, situés en bord de plateau calcaire (A) ou de croupe graveleuse (M). Ce type de configuration pédologique se traduit par une alimentation hydrique beaucoup plus limitante.

Enfin, certaines parcelles (B et J par exemple) se caractérisent par des PTP très variables selon les millésimes. Elles sont installées sur des sols plutôt épais, très argileux dès la surface, qui confèrent à la vigne une alimentation hydrique très variable, selon la trajectoire climatique du millésime.



4. Conclusions

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence l'influence prépondérante de la trajectoire climatique du millésime, qui détermine l'orientation générale des potentialités technologique et phénolique. Les modes de production (système de conduite et pratiques viticoles) favorables à la maturation des raisins permettent le plus souvent d'améliorer ces potentialités. Pour autant, les potentialités œnologiques de la récolte restent étroitement liées au type de sol (et plus particulièrement à son fonctionnement hydrique), qui contribue fortement à l'effet parcelle et induit une sensibilité à l'effet millésime plus ou moins marquée.

Terroir viticole et potentialités de la récolte : une histoire de variabilité.

La méthodologie mise en œuvre dans cette étude repose sur une conception du terroir viticole basée sur la notion de variabilité.

La variabilité des potentialités œnologiques de la récolte (rendement, maturité technologique, phénolique et aromatique) résulte des interactions entre 5 composantes, liées au milieu naturel, au végétal et au mode production : le climat, le sol, le matériel végétal, le système de conduite et les pratiques viticoles (figure 1).

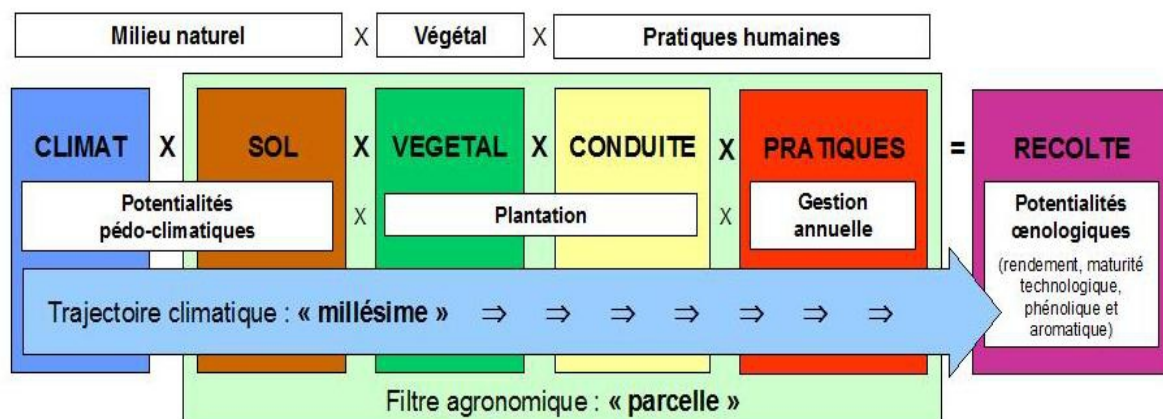


Figure 1 : Composantes du terroir viticole et élaboration des potentialités œnologiques de la récolte : trajectoire climatique et filtre agronomique.

A partir de cette représentation du terroir viticole, on peut considérer que l'élaboration des potentialités œnologiques de la récolte découle du passage d'une trajectoire climatique, le millésime, au travers d'un filtre agronomique, la parcelle.

Cette méthodologie constitue un outil original de caractérisation des terroirs viticoles, en terme de variabilité des potentialités œnologiques. En outre, elle offre la possibilité de valoriser des données issues de réseaux de suivi de la maturité, en mettant en évidence les parcelles à comportement et potentialités similaires.