

# Analyses multivariées pour une meilleure compréhension des pratiques viticoles et des facteurs du milieu afin d'expliquer la qualité du raisin

Sandra Beauchet<sup>1,2,a</sup>, Christel Renaud-Gentié<sup>1</sup>, Véronique Cariou<sup>4,5</sup>, Marie Thiollet-Scholtus<sup>3</sup>, René Siret<sup>1</sup> et Frédérique Jourjon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UPSP GRAPPE, UMT VINITERA, SFR Quasav, Groupe ESA, 55 rue Rabelais, BP. 30748, 49007 Angers Cedex 01, France

<sup>2</sup>ADEME, SAF, 20. Avenue du Grésillé, 49000 Angers, France

<sup>3</sup>INRA, UE 1117, UMT VINITERA, 49070 Beaucouzé, France

<sup>4</sup>USC "Unité de Sensométrie et Chimiométrie", Université LUNAM, ONIRIS, 44322 Nantes, France

<sup>5</sup>INRA, Nantes 44316, France

**Résumé.** Les viticulteurs disposent de plusieurs moyens de mesure de la qualité de leurs raisins lorsqu'ils sont arrivés à maturité pour la vendange. La prédiction de la qualité du raisin, vise à formaliser le savoir-faire des experts (viticulteurs et conseillers) pour développer un modèle mathématique qui définira les relations entre la qualité du raisin et les facteurs (pratiques, sol, climat) ayant permis d'aboutir à cette qualité. La présente étude a pour objet de développer une première étude exploratoire permettant d'investiguer chaque paramètre de données et chaque facteur précédant la construction effective d'un modèle explicatif, voire prédictif de la qualité du raisin obtenu à la vendange à partir de pratiques culturales et des données du milieu. Le jeu de données utilisé pour construire le modèle provient de parcelles produisant du raisin en AOP (Appellation d'Origine Protégée) à partir du cépage Chenin situé en moyenne Vallée de la Loire (France), destiné à produire un vin blanc sec pendant lors des millésimes 2010 à 2013. Les pratiques, le milieu et la qualité du raisin ont été analysés pour chacune de ces parcelles et constituent la base de données du modèle. Ce dernier s'appuiera par la suite sur une analyse statistique nommée Régression PLS (Partial Least Square).

## 1. Introduction

Aujourd'hui, de nombreux moyens sont mis à la disposition des techniciens et des viticulteurs pour évaluer et caractériser la qualité du raisin, définir le niveau de maturité optimale et la date des vendanges

Cependant, l'évaluation des causes de cette qualité et des liens avec le climat, le milieu et les pratiques mises en œuvre restent encore une appréciation subjective, qualitative et relativement approximative. En effet, il est difficile voire impossible pour le viticulteur ou le technicien de relier quantitativement les paramètres de qualité du raisin avec les pratiques et les facteurs du milieu (climat et sol). La principale raison à cela réside dans la complexité des mécanismes et leur forte interaction. De plus toutes ces évaluations ne peuvent se faire qu'a posteriori ; au moment de la récolte du raisin. Les connaissances acquises dans la filière viticole permettent aux professionnels de connaître les effets de chacune des pratiques sur le développement de la vigne et la qualité du raisin, et d'adapter régulièrement leurs pratiques en fonction des caractéristiques pédologiques, géologiques et climatiques ainsi que des objectifs de production (rendement et type de produit). Cependant, il est difficile pour le viticulteur de savoir au cours de l'année si

l'itinéraire technique mis en œuvre sur sa parcelle donnera le résultat escompté sur la qualité du raisin au moment de la vendange. De nombreux auteurs ont essayé de quantifier l'impact d'une pratique en particulier, et parfois d'une combinaison de deux pratiques, sur une ou deux caractéristiques des raisins ; le plus souvent le taux de sucre et l'acidité ... [1–3].

Certains scientifiques ont cherché à établir une relation entre les pratiques, le milieu et la qualité du raisin [4]. Ces travaux portent principalement sur l'étude des relations entre les données à partir de systèmes experts associés à la logique floue et sont limitées à quelques indicateurs de qualité comme sucre et acidité.

La présente étude a pour objet de développer une étude exploratoire permettant d'investiguer chaque paramètre de données et chaque facteur en préalable à la construction effective d'un modèle explicatif, voire prédictif de la qualité du raisin obtenu à la vendange à partir de pratiques culturales et des données du milieu.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Paramètres de construction du jeu de données

#### 2.1.1. Dispositif expérimental

Treize parcelles du cépage Chenin Blanc pour la production de vin blanc sec situées en moyenne vallée de la Loire (France) ont fait l'objet de collecte de données,

<sup>a</sup> Auteur référent : Groupe ESA (Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers). 55 Rue Rabelais, BP. 30748, 49007 Angers Cedex 01, France, e-mail : [beauchet@groupe-esa.com](mailto:beauchet@groupe-esa.com)

**Tableau 1.** Représentation des différents blocs de critères d'évaluation des parcelles viticoles.

Bloc « milieu naturel de la parcelle »				
Facteurs climatiques			Facteurs sol	
Températures	Facteurs hydriques	Ensoleillement	Facteurs pédologiques	Facteurs géologiques

Bloc « pratiques du viticulteur »		Bloc « qualité du raisin à la vendange »		
Pratiques pérennes	Pratiques annuelles	Qualité technologique	Qualité sanitaire des baies	Rendement

de caractérisation du milieu et d'inventaires de pratiques viticoles entre les millésimes 2010 et 2013. Ces parcelles ont été choisies pour la diversité de leurs itinéraires techniques et leur représentativité par rapport aux pratiques utilisées en Val de Loire pour le cépage et le type de vin concernés. [5]. Cinq de ces parcelles ont été suivies de manière plus complète sur ces quatre années notamment afin d'étudier l'effet du climat sur les itinéraires techniques et la qualité du raisin obtenu.

Les données collectées sont issues d'entretiens individuels conduits avec les viticulteurs cultivant chacune des parcelles. Ces données concernent les pratiques pérennes et les pratiques annuelles mises en œuvre au cours du millésime étudié. Des descriptions et analyses de sols et de sous-sols ont été effectuées pour caractériser les milieux pédologiques et géologiques de chacune des parcelles à l'étude.

Une étude des données climatiques a permis de définir les caractéristiques du climat de chacune des parcelles tout au long de l'année étudiée. Des indices ont été calculés selon les indicateurs recommandés par [6] et ont permis d'analyser le climat en fonction de la parcelle de vigne étudiée.

A maturité des grappes, des baies ont été prélevées et analysées afin d'étudier la qualité technologique (sucre, acidité...) des baies. La qualité sanitaire des grappes a aussi été évaluée au travers de l'analyse de l'état sanitaires des baies présentes sur la parcelle.

### 2.1.2. Caractérisation du jeu de données

Une sélection des critères et des indicateurs discriminant les différents individus entre eux et permettant de décrire le milieu, les pratiques ainsi que la qualité du raisin a été effectuée.

Dans le jeu de données, un individu correspond à une parcelle sur une surface de 1 ha pour un millésime et pour une date de vendange donnée. En effet afin d'assurer une bonne comparaison entre les parcelles, deux dates de vendange ont été choisies : i) une date technologique correspondant à une même durée depuis la date avérée de mi-véraison à la récolte, soit pour le cépage chenin 42 jours après la date de mi-véraison ; ii) une date de vendange

choisie par le viticulteur comme étant la date optimale de récolte des raisins à maturité pour l'objectif de production de vin désiré. Il est arrivé fréquemment que la date de vendange choisie par le viticulteur soit la même que la date technologique calculée. Par ailleurs dans certains cas, l'état sanitaire des baies ne permettait pas de vendanger la parcelle à maturité amenant à vendanger avant la date souhaitée par le viticulteur et avant la date technologique.

### 2.1.3. Caractérisation des critères d'évaluation du jeu de données

Afin d'évaluer l'impact des pratiques et du milieu sur la qualité du raisin à la vendange, les facteurs naturels ont tout d'abord été analysés.

Ces analyses ont porté sur les **facteurs climatiques** au travers de l'étude pour chaque année des données mensuelles suivantes :

- des températures (températures moyennes, minimales et maximales ; indice héliothermique de Huglin ; indice de fraîcheur des nuits ; degrés-jour de Winkler [7])
- de l'ensoleillement (rayonnement solaire global)
- et de la pluviométrie (précipitations, potentiel d'évapotranspiration et indice de sécheresse [8]).

L'étude des **facteurs édaphiques** des parcelles de vigne s'est faite au travers de l'étude pédologique du sol des parcelles avec des analyses physiques et chimiques des sols :

- Texture et structure
- Teneur en cailloux et description des types de roches concernées
- pH des eaux résiduelles
- Azote total disponible
- Matière organique résiduelle
- Rapport carbone/azote résiduel
- Concentration du sol en CaCO<sub>3</sub> total.

L'indice de précocité a aussi pu être calculé à partir de ces données [9].

Les mêmes critères ont permis de caractériser le sous-sol de chacune des parcelles auxquelles se sont ajoutées

Tableau 2. Résultats de l'étude de chaque variable du tableau de données pour le bloc « milieu naturel de la parcelle ».

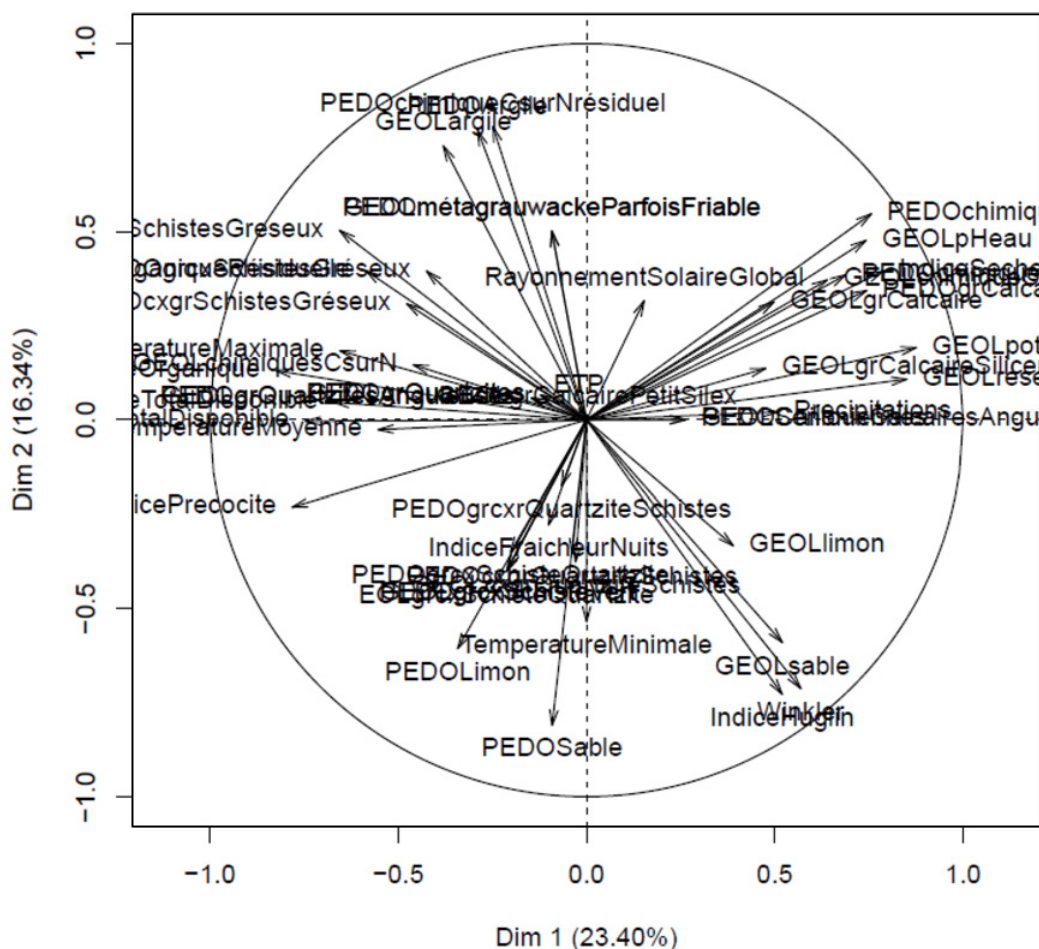
	Facteurs climatiques									
	Températures						Facteurs hydriques			Ensoleillement
	Température moyenne	Température minimale	Température maximale	Indice héliothermique de Huglin	Indice de fraîcheur des nuits	Degrés-jour de Winkler	Précipitations	ETP	Indice de sécheresse	Rayonnement solaire global
Moyenne	17,00	11,00	23,00	1743,00	12,00	1140,00	258,00	695,00	336,00	35490
Ecart-type	0,54	0,34	0,88	446,04	0,65	413,21	74,19	29,63	304,07	10248,27
Mediane	16,83	11,08	22,65	1874,99	12,28	1262,13	228,80	697,60	81,22	31642,98
Min	16,03	10,37	21,18	581,49	11,28	24,65	171,20	588,60	24,65	29568,87
Max	17,72	11,72	23,98	2154,45	13,61	1450,20	479,00	741,00	784,99	68785,59

	Facteurs édaphiques (sol)									
	Facteurs pédologiques									
	%Argile	%Limon	%Sable	Quantité de gr quartzites	Quantité de gr quartzites anguleuses	Quantité de cxgr quartzite + schistes	Quantité de grcx quartzite + schistes	Quantité de grcx schiste + quartzite	Quantité de grcx schiste vert	Quantité de cx schistes gréseux
Moyenne	0,00	0,00	1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ecart-type	0,07	0,10	0,07	0,030	0,020	0,020	0,040	0,040	0,030	0,060
Mediane	0,15	0,40	0,63	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Min	0,05	0,10	0,35	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Max	0,40	0,50	0,70	0,150	0,100	0,100	0,200	0,150	0,100	0,250

	Facteurs édaphiques (sol)									
	Facteurs pédologiques									
	Quantité de cxgr schistes gréseux	Quantité de gr calcaire	Quantité de cailloux calcaires anguleux	Quantité de Métagrauwacke parfois friable	pH eau résiduelle	Azote Total Disponible	Matière organique résiduelle	Rapport C/N résiduel	CaCO3 total	Indice de précocité
Moyenne	0,000	0,000	0,000	0,000	7,00	1,00	12,00	10,00	14,00	43,00
Ecart-type	0,110	0,010	0,100	0,010	0,98	0,24	6,37	2,73	24,27	9,78
Mediane	0,000	0,000	0,000	0,000	6,65	0,68	9,80	9,50	0,00	40,75
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	5,80	0,07	2,27	6,70	0,00	30,00
Max	0,500	0,020	0,300	0,050	8,40	1,20	27,30	18,10	73,00	57,00

	Facteurs édaphiques (sol)									
	Facteurs géologiques									
	%Argile	%Limon	%Sable	Quantité de gr quartzites	Quantité de gr quartzites anguleuses	Quantité de cxgr quartzite + schistes	Quantité de grcx schiste + quartzite	Quantité de grcx schiste vert	Quantité de cxgr schistes gréseux	Quantité de gr calcaire
Ecart-type	0,07	0,08	0,07	0,040	0,030	0,060	0,120	0,030	0,170	0,010
Mediane	0,15	0,50	0,70	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Min	0,05	0,10	0,35	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Max	0,40	0,50	0,70	0,200	0,200	0,150	0,400	0,100	0,600	0,020

	Facteurs édaphiques (sol)										
	Facteurs géologiques										
	Quantité de gr calcaire + siliceux	Quantité de gr calcaire + petit silex	Quantité de Métagrauwacke parfois friable	Recouvrements de formations sénoniennes sur formations carbonatées du crétacé supérieur	pH eau	Azote Total Disponible	Taux de matière organique	Rapport C/N	CaCO3 total	Réserve hydrique	potentiel de vigueur NPVT
Ecart-type	0,010	0,000	0,010	0,000	0,90	0,30	7,69	3,16	29,71	33,09	2,76
Mediane	0,000	0,000	0,000	0,000	6,95	0,70	13,10	10,45	0,00	90,00	8,00
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	6,20	0,06	1,41	6,20	0,00	36,00	5,00
Max	0,020	0,000	0,050	0,010	8,50	1,40	35,30	15,70	91,00	129,00	12,00



**Figure 1.** Analyse en composantes principales du bloc « milieu naturel de la parcelle ».

l'évaluation du potentiel de vigueur (NPVT) [10] et la réserve hydrique de la parcelle (réserve utile maximale).

Deux critères de géographie paysagère ont aussi été pris en compte : (i) l'orientation géographique de la parcelle et la (ii) le pourcentage de pente de la parcelle.

Pour compléter la caractérisation des parcelles, les pratiques ont été ajoutées aux critères du milieu naturel de la parcelle.

D'abord les **pratiques pérennes mises en œuvre sur chaque parcelle**.

Le porte-greffe et le clone de vigne, le système de taille d'hiver et l'âge de la vigne ont permis de définir les pratiques pérennes liées à la plante en elle-même.

Et le système de conduite de la vigne (système de palissage) décrit la parcelle à l'aide de plusieurs critères :

- Densité de plantation (permettra aussi d'évaluer la concurrence entre les plantes pour l'accès aux ressources) (nb pieds/ha)
- Hauteur de cep (m)
- Hauteur de feuillage (m)
- Epaisseur de feuillage (m)
- Ecartement entre rangs (m)
- Surface foliaire exposée (surface externe du couvert végétal) (m<sup>2</sup>).

L'enherbement est décrit par le pourcentage de surface enherbée dans le rang et dans l'inter rang.

Enfin, **les pratiques annuelles** finissent de compléter la base de données :

- La prétaille, (variable qualitative ? oui/non)
- Le nombre d'yeux laissés à la taille
- Le choix d'une taille d'hiver courte ou longue
- La pratique de l'épamprage
- La fréquence annuelle de rognages et d'écimages
- La pratique de l'effeuillage et le stade phénologique de la plante lors de cet effeuillage ainsi que le nombre de faces effeuillées et le type d'effeuillage appliqué (manuel ou mécanique)
- La pratique de l'éclaircissage, de l'ébourgeonnage
- La suppression des entre-cœurs
- Les engrais apportés (nature et dose)
- Le type d'entretien du sol
- Le type de désherbage (désherbage chimique ou mécanique et localisation)
- La quantité et la fréquence de traitements fongicides
  - La quantité d'insecticides épandue et la fréquence de traitements.

Et enfin le mode de récolte du raisin.

Les pratiques minoritaires n'ont pas été retenues

La **qualité des raisins** a été définie à travers deux composantes :

La qualité technologique qui regroupe l'évaluation de la teneur en sucres de la baie, l'acidité totale, la teneur en

**Tableau 3.** Résultats de l'étude de chaque variable du tableau de données pour le bloc « pratiques du viticulteur ».

Les pratiques pérennes												
	Porte-greffe (1= riparia, 2=Rupestis du Lot, 3=SO4, 4=FERCAL, 5=3309, 6=5BB)	Système de taille d'hiver de la vigne (1=guyot simple, 2=guyot double, 3=cordon de Royat )	Clone (1=20, 2=23, 3=26, 4=220, 5=290, 6=880, 7=INE, 8=sélection massale)	Age de la plante	Orienta- tion de la pente de la parcelle	Pente	Densité de plantation	Hauteur cep	Hauteur de feuillage	Epaisseur de feuillage	Ecartemen- t entre rangs	Surface foliaire exposée
Moyenne	4,15	2,23	4,39	16,43	160,93	4,25	4671,82	0,55	1,32	0,41	2,10	1,46
Ecart-type	1,40	0,48	1,92	7,99	96,30	1,68	506,37	0,08	0,29	0,08	0,35	0,18
Mediane	4,00	2,00	4,00	14,50	191,50	4,00	4784,69	0,55	1,23	0,40	2,00	1,52
Min	1,00	1,00	1,00	7,00	5,00	1,00	3333,00	0,40	0,80	0,30	1,80	1,03
Max	6,00	3,00	8,00	41,00	353,00	10,00	5555,00	0,70	1,80	0,60	3,00	1,79

Les pratiques annuelles												
	Pré-taille	Taille: nombre d'yeux laissés à la taille	Taille courte	Taille longue	Rognage +Ecimage	Pas de stade d'effeuillage	Stade d'effeuillage: Nouaison	Stade d'effeuillage: Fermeture de la grappe	Effeuillage	Nombre de faces effeuillées (0=pas d'effeuillage, 1=1 face, 2=2faces)	Type d'effeuillage (0=manuel, 1=mécanique)	Eclaircissage
Moyenne	0,76	51649,11	0,25	0,75	3,03	0,45	0,33	0,23	0,75	0,38	0,85	0,21
Ecart-type	0,44	13419,89	0,44	0,44	1,81	0,50	0,47	0,42	0,44	0,72	0,36	0,41
Mediane	1,00	57416,27	0,00	1,00	3,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Min	0,00	24000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Max	1,00	73260,07	1,00	1,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00

Les pratiques annuelles												
	Ebourgeonnage et épamprage	Suppression des entreçœurs	Engrais apportés (0=pas d'engrais; 1=engrais vert; 2=engrais organiques; 3=engrais minéraux)	Tonte de l'herbe	Désherbage chimique	Entretien du sol dans l'inter-rang pendant le cycle végétatif de la vigne (1=Enherbement Semé Permanent; 2= Enherbement Naturel Maîtrisé; 3=Travail Mécanique; 4=Labour; 5=Dés herbage chimique; Notes intermédiaire=Mixte de pratiques)	Type d'entretien du sol sous le rang (1=Enherbement Semé Permanent; 2= Enherbement Naturel Maîtrisé; 3=Travail Mécanique; 4=Labour; 5=Dés herbage chimique; Notes intermédiaire=Mixte de pratiques)	Traitements fongicides	Traitements insecticides	Mode de récolte (0=mécanique, 1=manuelle)		
Moyenne	1,45	0,15	1,38	2,38	0,35	1,85	4,18	8,02	0,82	0,69		
Ecart-type	0,76	0,36	1,42	1,61	0,43	1,05	0,98	2,37	0,94	0,47		
Mediane	1,00	0,00	1,00	3,00	0,26	2,00	5,00	7,97	0,77	1,00		
Min	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3,00	4,12	0,00	0,00		
Max	3,00	1,00	3,00	5,00	1,71	5,00	5,00	14,03	2,55	1,00		

acides malique et tartrique, la quantité d'azote assimilable et le pH.

La qualité sanitaire des baies évalué par le taux de pourriture les baies sur la parcelle.

Ces indicateurs de qualités ont été choisis en interaction avec des experts de la filière viticole du Val de Loire en s'assurant de leur compréhension et leur utilisation régulière par les professionnels de la filière.

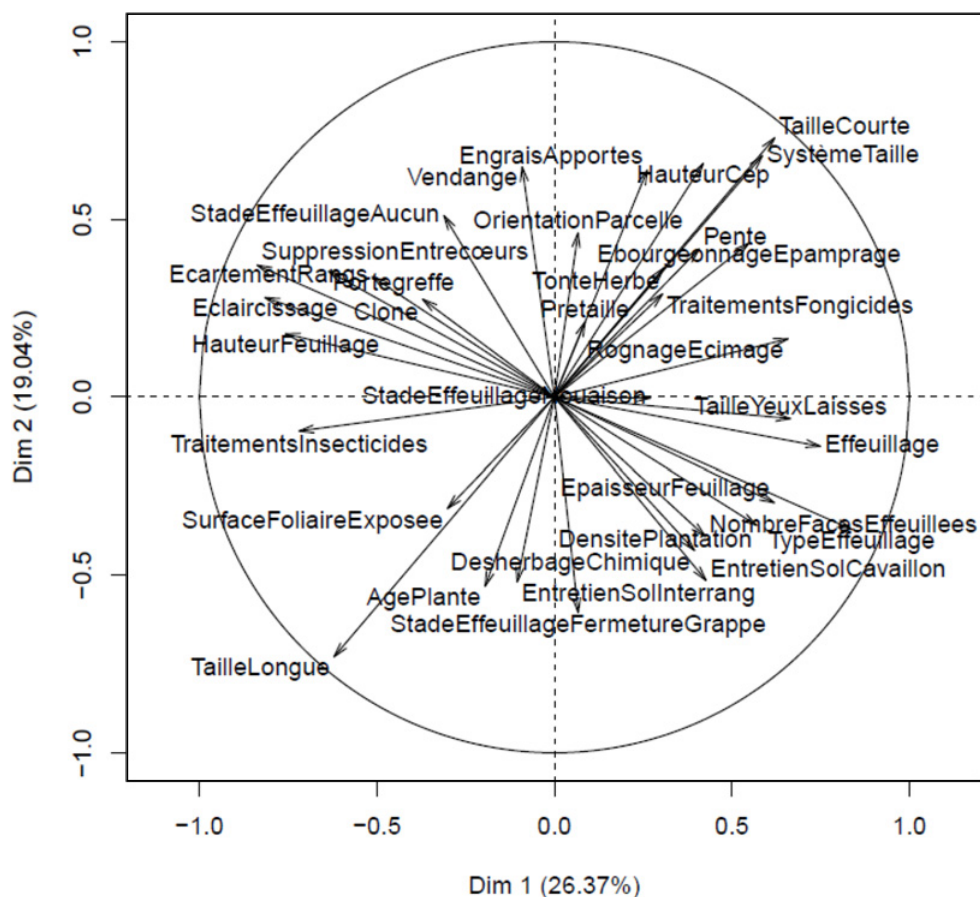
## 2.2. Analyses statistiques descriptives du jeu de données

Le tableau de données se présente comme un tableau partitionné en trois blocs suivant les variables (voir Tableau 1). Le premier bloc regroupe les variables décrivant les pratiques, le second les variables associées au milieu et enfin le troisième bloc regroupe les variables relatives à la qualité du raisin. Ce tableau de données

est mixte puisque certaines variables sont quantitatives (ex: évaluation des températures moyennes au cours de l'année) tandis que d'autres sont qualitatives car relevant des entretiens avec les viticulteurs (ex: choix d'une vendange manuelle ou mécanique). Dans la mesure où le nombre de variables quantitatives est largement supérieur au nombre de variables qualitatives, un codage disjonctif complet de ces dernières a été effectué, nous ramenant à considérer un tableau de données quantitatives.

### 2.2.1. Etude des blocs de façon indépendante

Les facteurs climatiques, les pratiques et l'évaluation de la qualité du raisin à la vendange représentent trois blocs de données qui ont été étudiés dans un premier temps de manière indépendante. L'objectif de cette première étude statistique est d'analyser la structure de chacun de ces



**Figure 2.** Analyse en composantes principales du bloc « pratiques du viticulteur ».

blocs et d'en exhiber les principales dimensions au moyen d'une analyse factorielle.

Au préalable, un screening des variables a été réalisé à savoir :

- Détection et imputation des valeurs manquantes
- Analyse des médianes
- Détection d'éventuelles valeurs atypiques par l'étude des box-plots.

L'analyse de la structure de chacun des blocs a été réalisée au moyen d'une analyse en composantes principales. Celle-ci a été normée de manière à exhiber les dimensions de chacun des blocs sur la base des corrélations entre les variables.

### 3. Résultats

L'étude de la base de données a demandé un traitement préalable des données manquantes. Ces données ont pour le moment été imputées par la moyenne. Mais le taux de valeurs manquantes reste faible (moins de 5 %) pour une telle étude avec autant de paramètres analysant un système viticole.

Chaque individu constituant la base de données représente l'étude d'une parcelle du cépage Chenin Blanc pour la production de vin blanc sec située en moyenne vallée de la Loire. Une caractérisation du milieu, un inventaire des pratiques viticoles et une évaluation de la

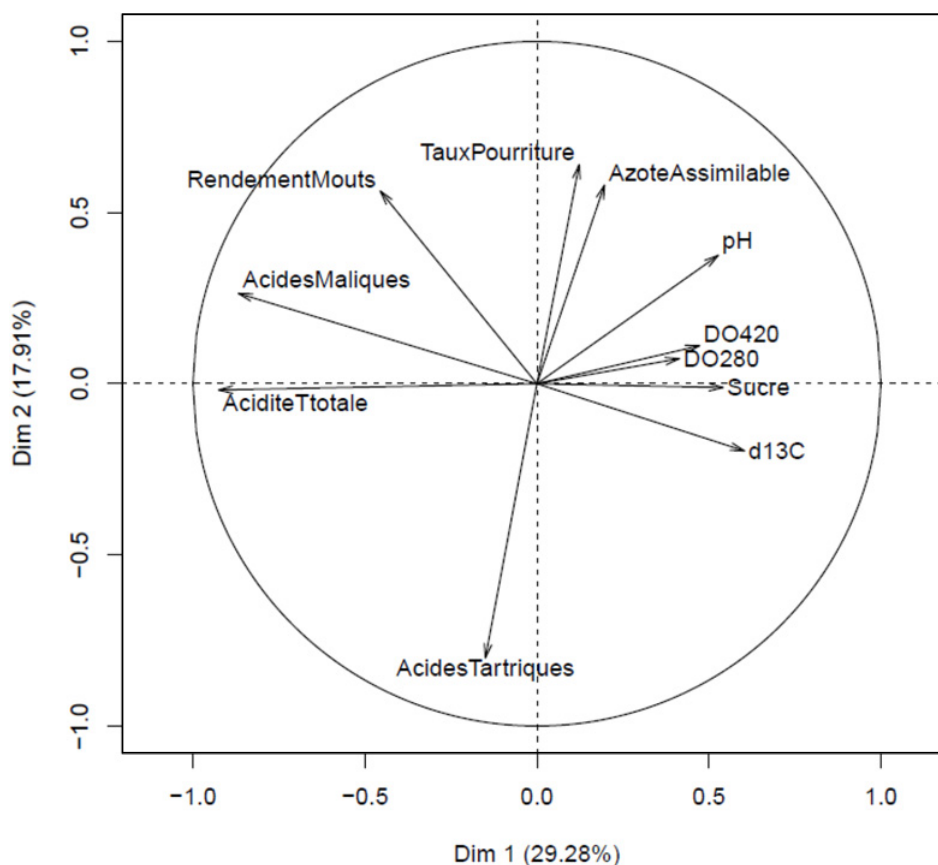
qualité des raisins issue de cette parcelle ont été effectués pour chaque date de vendange, pour chaque année étudiée.

#### 3.1. Analyse statistique du bloc « milieu naturel de la parcelle »

La structure du bloc est représentée dans le Tableau 2. Les résultats montrent que peu de critères évaluent la correspondance aux variables explicatives de la même manière et lorsque c'est le cas, il ne s'agit pas forcément de critères corrélés entre eux. Ces résultats permettent de valider les critères retenus car ils montrent leur capacité à différencier les individus constituant le jeu de données.

L'ACP du bloc « milieu naturel de la parcelle » montre tout d'abord que les deux premières dimensions restituent près de 40 % de la variabilité du nuage de points (Fig. 1). Il faut 4 dimensions pour obtenir 60 % d'explication par les variables traitées. Les deux premières dimensions sont principalement corrélées aux variables pédologiques et géologiques. Les variables de température ainsi que les indices de précocité, de Huglin et de Winkler sont également corrélés aux deux premières dimensions calculées.

Certains résultats comme la quantité de roches du type « schiste associé à du quartzite » ont des moyennes, médianes et minimum nuls. Ces résultats s'expliquent par le mode d'évaluation du critère puisqu'il s'agit dans ces cas de critères qualitatifs dont les réponses sont souvent



**Figure 3.** Analyse en composantes principales du bloc « qualité du raisin à la vendange ».

binaires (réponse : 0 ou 1). Cela n'entamera pas la poursuite des analyses.

### 3.2. Analyse statistique du bloc « pratiques du viticulteur »

La structure du bloc est représentée dans le Tableau 3. Les résultats de l'étude des moyennes, médianes, écarts-types limitent la compréhension du comportement de certaines variables comme lorsque l'on a un critère qui est évalué de façon binaire (la réponse est 0 ou 1). C'est le cas pour l'étude de certaines pratiques comme les différents stades d'effeuillage où les critères sont évalués au travers de la pratique ou non de l'effeuillage. Dans ces cas les réponses sont binaires et ces premières analyses statistiques n'apportent pas beaucoup à la compréhension du jeu de données.

L'ACP du bloc « pratiques du viticulteur » montre tout d'abord que les deux premières dimensions restituent plus de 45 % de l'inertie de ce tableau de données (Fig. 2). L'analyse des deux premières dimensions montre que ce sont aussi bien les variables concernant les pratiques annuelles que les pratiques pérennes qui influent. La taille est un élément important pour l'explication des variables, avec l'effeuillage et l'écartement entre les rangs. L'effeuillage de la vigne ainsi que l'éclaircissage jouent un rôle important dans l'explication des deux dimensions ; contrairement aux critères comme le stade d'effeuillage ou la prétaille.

On peut observer sur la Fig. 2 qu'il y a une corrélation saillante entre la pratique d'une taille longue et d'une taille courte ou encore une possible relation entre l'éclaircissage et l'écartement entre les rangs.

Ces résultats ne représentent l'analyse que des 2 premières dimensions explicatives. Il faut ainsi 4 dimensions pour couvrir plus de 60 % de l'information (66,5 %).

### 3.3. Analyse statistique du bloc « qualité du raisin à la vendange »

La structure du bloc est représentée dans le Tableau 4. L'étude de ce bloc montre une répartition uniforme des valeurs autour de la moyenne et du coup une bonne discrimination des individus pour le critère étudié.

L'ACP du bloc « qualité du raisin à la vendange » montre tout d'abord que les deux premières dimensions expliquent plus de 45 % de l'information apportée par les individus (Fig. 3). L'analyse de ces dimensions oppose l'influence de la quantité d'acide tartrique par rapport à l'azote assimilable. Il en va de même pour l'acidité totale et la quantité de sucre dans les baies.

Les densités optiques (DO à 420 et 280 nm) ne sont que peu expliquées par ces premières dimensions.

Il faut étudier jusqu'à 3 dimensions pour analyser 60 % de l'information.

**Tableau 4.** Résultats de l'étude de chaque variable du tableau de données pour le bloc « qualité du raisin à la vendange ».

	Qualité technologique									Qualité sanitaire des baies
	Rendement en moûts	Sucre	Acidité totale	Acide malique	Acide tartrique	Azote assimilable	Densité optique à 420 nm	Densité optique à 280 nm	pH	Taux de pourriture
Moyenne	39,61	21,09	6,42	4,94	7,51	80,92	0,32	0,42	2,96	0,13
Ecart-type	16,51	1,30	0,75	1,14	0,72	24,99	0,15	0,34	0,11	0,14
Mediane	35,00	20,90	6,52	5,17	7,50	75,75	0,33	0,33	2,98	0,10
Min	15,00	17,75	5,09	2,33	5,80	47,00	0,15	0,10	2,73	0,01
Max	68,74	24,15	7,80	6,47	9,00	159,50	0,77	1,03	3,23	0,59

#### 4. Conclusion et perspectives

Cette étude représente une première analyse exploratoire vers l'évaluation de la qualité du raisin à partir des pratiques viticoles à des fins de diagnostic. Les premières analyses ont permis de mettre en évidence les caractéristiques et l'intérêt d'une telle base de données. Les facteurs influençant la qualité du raisin sont nombreux et il est compliqué de les analyser ; en particulier à cause des corrélations entre variables dépendantes. Une étude statistique de ces phénomènes a permis d'analyser les corrélations et de les quantifier. Cependant, pour analyser et quantifier les relations entre les blocs, il faut une base de données aussi exhaustive dans son nombre d'individus que dans le détail des données sur chacun d'entre eux.

L'étape suivante de ce travail concerne l'analyse multibloc des données qui permettra de mettre en évidence les relations existant entre les pratiques, le milieu et la qualité du raisin à l'aide de cette base de données. Dans la mesure où l'objectif de l'étude est d'identifier et d'expliquer les différents facteurs influençant la qualité du raisin, une analyse inférentielle sera adoptée. Des méthodes telles que l'Analyse en Composantes Principales sur Variables pourront être appliquées à cette base de données enrichie d'autres parcelles et d'autres millésimes afin de valider les premiers résultats obtenus ici.

Les statistiques instrumentaux multiblocs ou encore ou la PLS multibloc répondent, dans le contexte de plusieurs tableaux comme c'est le cas dans notre étude à la construction effective d'un modèle explicatif, voire prédictif de la qualité du raisin obtenu à la vendange à partir de pratiques culturales et des données du milieu.

#### Références

- [1] Weber, J., P. Shea, and H. Streck, *An evaluation of nonpoint sources of pesticide pollution in runoff*. Environmental Impact of Nonpoint Source Pollution 1980, p 69-98. 4 Tab, 51 Ref. Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Michigan. OWRT-B-122-NC (4). 1980
- [2] Wagner, A., *Anwendung eines nicht-kalibrierten Niederschlag-Abfluss-Modells in den hydrologischen Versuchsgebieten des Ostkaiserstuhls*. 2002, Diplomarbeit am Institut für Hydrologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
- [3] van Zeijts, H., H. Leneman, and A. Wegener Sleswijk, *Fitting fertilisation in LCA: allocation to crops in a cropping plan*. Journal of Cleaner Production, 1999. 7(1): p. 69–74
- [4] Coulon, P. and P. Abbal, eds. *Pourquoi un vin est-il bon? L'analyse d'un vigneron et d'un scientifique*. France Agricole, 2013 ed. Vigne et Vin, ed. D. France Agricole. Vol. 1. 2013: Paris. 338
- [5] Renaud-Gentié, C., S. Burgos, and M. Benoît, *Choosing the most representative technical management routes within diverse management practices: Application to vineyards in the Loire Valley for environmental and quality assessment*. European Journal of Agronomy, 2014. 56(0): p. 19-36
- [6] Coulon, C., et al., *Méthode de typologie d'années climatiques de référence à l'usage de la modélisation. Application à la moyenne Vallée de la Loire*. Progrès Agric. Vitic, 2011: p. 17-2011
- [7] Huglin, P.S., Christophe, *Biologie et Ecologie de la Vigne*. Tech & Doc, ed. Lavoisier. 1998. 370
- [8] Tonietto, J. and A. Carbonneau, *A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide*. Agricultural and Forest Meteorology, 2004. 124(1-2): p. 81–97
- [9] Barbeau G, Asselin C, and M. R., *Estimation du potentiel viticole des terroirs en Val de Loire selon un indice de précocité du cycle de la vigne*. Bulletin de l'OIV, 1998. 805–806(247–262)
- [10] MORLAT, R., *Le terroir viticole : contribution à l'étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins : application aux vignobles rouges de moyenne vallée de la Loire*. 1989, Thèse d'Etat: Université Bordeaux II. p. 418