

## **ANALYSE INSTANTANEE DE LA QUALITE DES RAISINS ET DES MOUTS PAR IRTF**

**Marc DUBERNET et Matthieu DUBERNET**

Laboratoire d'œnologie Dubernet

9, quai d'Alsace  
11100 Narbonne - France

Introduite il y a 2 ans, l'analyse par infrarouge à transformée de Fourier des vendanges dans les chais, proposée par l'application GrapeScan de Foss, commence à s'affirmer dans caves qui s'équipent comme une avancée majeure pour la maîtrise de la qualité de la matière première. L'arrivée d'un tel instrument dans une cave constitue une injection de technologie de pointe, qui peut nécessiter un temps d'adaptation, pour d'une part maîtriser l'instrument en lui-même et toute la chaîne de préparation de l'échantillon, et d'autre part interpréter et exploiter les résultats apportés par l'instrument.

Si la maîtrise technique trouve des solutions industrielles de mieux en mieux adaptées, un des grands enjeux qui entoure la méthode est l'exploitation de toutes les potentialités œnologiques et viticole qu'elle peut offrir. Cette exploitation ne pourra s'enrichir qu'à plusieurs conditions :

- application œnologiquement juste de la méthode, prise en compte de la fragilité des échantillons, de leur représentativité...

- interprétation suffisamment documentée des résultats. Les résultats ne peuvent être correctement interprétés qu'avec une bonne connaissance des performances analytiques de l'instrument, mais aussi en maîtrisant bien certaines connaissances œnologiques de base associées aux différents paramètres.

- accès à de nouvelles données œnologiques fondamentales : la dimension systématique et statistique des résultats acquis avec le GrapeScan ouvre des champs d'investigation nouveaux, sur des sujets peu ou pas documentés à ce jour dans la littérature scientifique œnologique et viticole.

Le but de cet article est de faire le point sur l'application et l'exploitation œnologique de la méthode à ce jour. Les données connues actuellement sont très susceptibles d'être complétées dans les temps à venir : régulièrement, des données nouvelles viennent étayer et renforcer la méthode, dont toutes les potentialités ne sont pas encore connues et exploitées encore aujourd'hui.

Il n'est pas traité dans cet article des aspects d'instrumentation au sens strict.

### **1 Principes généraux de l'infrarouge à transformée de Fourier**

L'analyse par infrarouge à transformée de Fourier a été introduite dans les laboratoires d'œnologie au début de l'année 1998.

Grâce à un système optique appelé interféromètre de Michelson, une grande partie du spectre proche et moyen infrarouge est acquis en 30 secondes environ. Ce spectre, modelé par les absorptions des liaisons organiques des constituants des vins et des moûts, contient une riche information sur leur composition. Il est possible de l'extraire grâce à des méthodes de calcul mathématique et statistique, appartenant à discipline nouvelle appelée chimiométrie.

Sous réserve de maîtriser la qualité des bases de données de référence, il est possible de produire des analyses de façon fiable, rapide, et automatisée, par cette méthode. Etant une mesure physique elle ne nécessite pas réactifs coûteux et délicats à manipuler, et son utilisation peut être facile pour un opérateur.

En réduisant l'application de l'analyse aux moûts, dans un souci fondamental de fiabilité, il a été concevable d'introduire cette technologie dans un contexte industriel de chai de vinification, de façon à combler le vide majeur qui était celui de la connaissance de la qualité de la matière première.

Il est essentiel de savoir que l'analyse infrarouge peut être sensible à une composition atypique du moût qui lui est présentée. Aujourd'hui, les bases de données utilisées dans le GrapeScan permettent d'utiliser des calibrations extrêmement robustes, dont les résultats ne sont pas influencés par le cépage, le terroir, ni même par les adjuvants œnologiques classiques éventuellement apportés sur la vendange (enzymes, SO<sub>2</sub>, métabisulfite...). Un seul cas de déviation de l'analyse est recensé cependant, il s'agit de moûts ayant été chaptalisés au saccharose. Ceci ne porte pas à conséquence dans la grande majorité des cas, où les chais réceptionnent des vendanges, mais ce fait doit être considéré de près dans des chais qui réceptionnent des moûts susceptibles d'avoir été chaptalisés au saccharose.

## 2 Les paramètres des constituants des moûts

### 2.1 Sucres fermentescibles (*Glucose et Fructose*)

#### 2.1.1 Définition

Les sucres fermentescibles présents dans les moûts sont formés par le glucose et le fructose selon une répartition de 50%/50%. L'usage est de donner une concentration des sucres fermentescibles en réalisant la somme Glucose + Fructose.

#### 2.1.2 Analyse par IRTF

L'analyse des sucres dans les moûts était déjà pratiquée avec les techniques en proche infrarouge depuis de nombreuses années. Avec l'IRTF cette analyse s'est révélée très tôt possible, avec une très nette amélioration de la qualité intrinsèque de l'analyse par rapport au proche infrarouge.

D'autres paramètres relatifs à la teneur en sucre sont également accessibles par IRTF : le titre alcoométrique potentiel, la masse volumique, de degré brix, ou encore le degré œschlé.

### 2.2 Acidité du moût

#### 2.2.1 Définition

L'acidité d'un vin ou d'un moût est d'un premier abord définie par l'acidité totale qui « est la somme des acidités titrables lorsqu'on ramène le pH à 7 par addition d'une solution alcaline titrée. Le dioxyde de carbone n'est pas compris dans l'acidité totale ».

Cette acidité est portée par un certain nombre d'acides organiques naturellement présents dans les moûts, voire produits par certains parasites du raisin. Très majoritairement, l'acidité des moûts tient à deux acides : l'acide tartrique et l'acide malique.

#### 2.2.2 Analyse par IRTF

	Acidité totale	Acide tartrique	Acide malique
Répétabilité	0.02 g/l eq. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.07 g/l	0.06 g/l

Dans certaines situations, les niveaux d'acide malique peuvent approcher la valeur de 0. Il est alors essentiel de considérer l'existence d'un seuil de détection au-dessous duquel la mesure perd sa précision et sa répétabilité. Ce seuil est évalué à **0.3 g/l**.

## 2.3 pH

### 2.3.1 Définition

$$PH = -\log_{10}[H_3O^+]$$

Cette définition purement mathématique peut sembler assez abstraite, mais correspond assez nettement à la sensation acide dans les vins et les moûts.

### 2.3.2 Analyse par IRTF

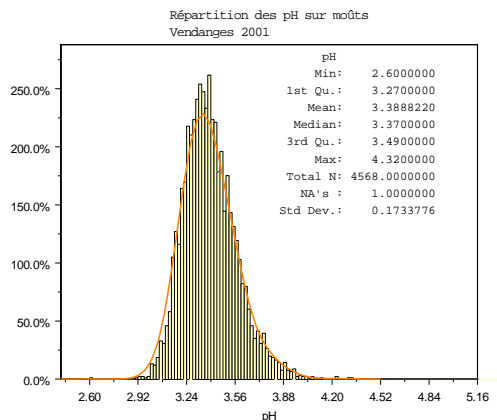
Avant que l'analyse du pH par IRTF existe, la seule mesure du pH était la pH-métrie. D'un point de vue intellectuel, il est difficile de comprendre comment une entité abstraite comme le pH puisse être mesuré dans le spectre infrarouge. Mais, de fait, la mesure fonctionne de façon très satisfaisante.

La répétabilité de la méthode IRTF est de **0.006**

### 2.3.3 Résultats des analyses

Pour exemple, est donné ci-contre le type de répartition des pH de moûts du Languedoc-Roussillon. On remarque un certain nombre de valeurs élevées, aboutissant à des vins extrêmement instables, dépassant largement pH4 (il faut prévoir en moyenne une augmentation de 0.5 à 0.6 UpH entre le moût et le vin sur ce millésime).

Graph.1 : Répartition des résultats des pH, vendanges 2001, en région Languedoc Roussillon - France



## 2.4 Potassium

### 2.4.1 Définition

Le potassium constitue la substance minérale dominante des raisins. Il se situe surtout dans les parties solides de la baie et dans la rafle.

### 2.4.2 Analyse par IRTF

Bien qu'étant un composé minéral, le potassium est très bien résolu par l'analyse IRTF. Ceci est intellectuellement encore plus déroutant que l'accès à l'analyse du pH. Et pourtant, les faits sont ainsi. Il est clair que l'implication forte du potassium avec l'acide tartrique est un élément essentiel qui peut tenter d'expliquer en partie la faisabilité d'un modèle de prédiction indirect. Les valeurs sont données en mg/l.

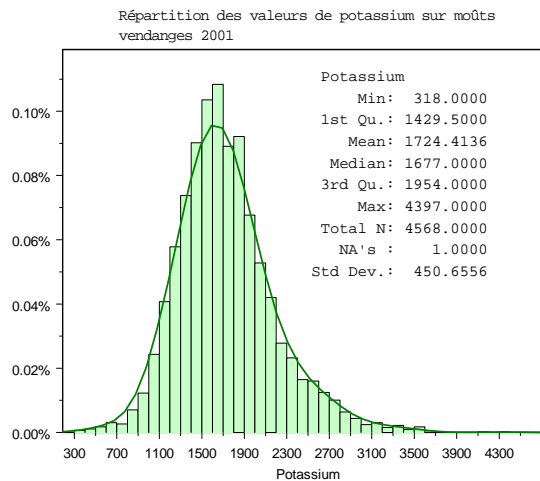
La répétabilité de la méthode IRTF est de **36 mg/l**

### 2.4.3 Résultats des analyses

Les valeurs trouvées sur des échantillons de moûts en Languedoc-Roussillon présentent la répartition suivante. Certaines valeurs sont artificiellement très faibles en raison de la précipitation d'échantillon, qui illustre la fragilité de la stabilité des échantillons de moûts.

A l'opposé, il est à noter des teneurs élevées à l'excès, qui témoignent de déséquilibres minéraux de la plante et vont conduire à des produits technologiquement très délicats : pH élevés, perte d'acidité par précipitation...

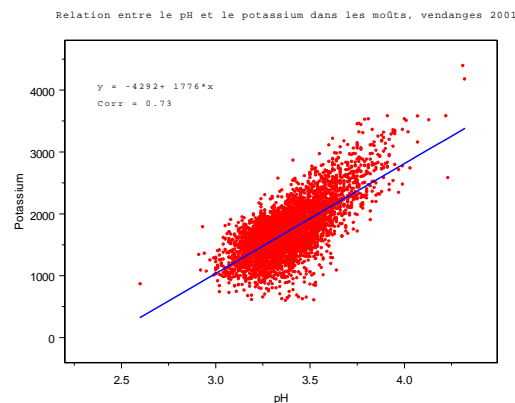
Graph.2 : Répartition des résultats de potassium, vendanges 2001, en région Languedoc Roussillon - France



Grâce à la large base de données acquise par le GrapeScan, la corrélation entre le potassium et le pH des moûts a été très nettement mise à jour, de façon statistique.

On montre bien ici, que les problèmes de pH élevés, qui deviennent dans de nombreux vignobles de plus en plus aigus, trouvent leur origine en grande part dans les problèmes de potassium.

Graph.3 : Relation entre le pH et le potassium, vendanges 2001, en région Languedoc Roussillon - France

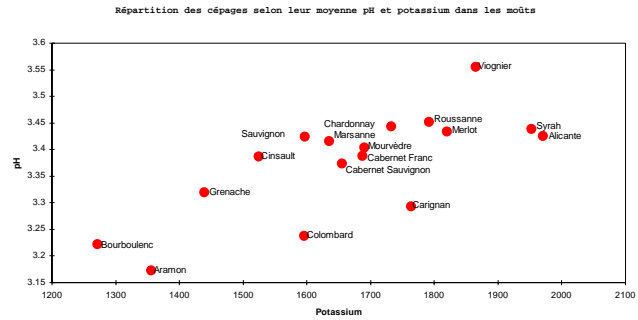


Il est ainsi possible d'accéder à l'analyse du potassium sur tous les apports de raisin. Grâce à un système de traçabilité, les valeurs de potassium des moûts sont alors directement liées à la parcelle dont ils sont issus. Le paramètre présente alors un nouvel intérêt qui n'est plus seulement un intérêt œnologique mais également un intérêt viticole. A ce jour, rien ne permet de dire que la teneur en potassium des moûts et les analyse foliaires ou pétiolaires ont la même signification dans le cadre d'un raisonnement de la fertilisation, ceci doit évidemment être étudié de près. Néanmoins, sur un grand nombre de parcelles, les différences pouvant être observées ont certainement des significations agronomiques, et leur exploitation par les techniciens viticoles peuvent se révéler très pertinentes.

Pour illustration, le graphique suivant donne les moyennes de chaque cépage en région Languedoc-Roussillon pour les pH et les teneurs en potassium des moûts.

Graph.4 : Répartition pH/Potassium des différents cépages, vendanges 2001, en région Languedoc Roussillon - France

Grâce à l'accessibilité de la mesure du potassium rendue par le GrapeScan, il s'ouvre un immense champ d'investigation : il sera extrêmement intéressant d'étudier sur un plan statistique l'effet de tel ou tel mode cultural sur les teneurs en potassium des moûts, ou encore l'effet de différents terroirs sur ce paramètre, etc...



## 2.5 Azote assimilable

### 2.5.1 Définition

L'azote assimilable est la part de l'azote total présent dans les moûts, exploitable par les levures au cours de la fermentation alcoolique.

L'azote assimilable est constitué des deux éléments :

- Un élément minéral, qui est l'ammoniaque  $NH_3$
- Un élément organique, constitué des acides  $\alpha$ -aminés, ce qui correspond dans les moûts à l'ensemble des acides aminés excepté la proline.

Les doses trouvées dans les moûts seront très variables d'un cépage, à l'autre, d'une région à l'autre, et d'un mode de culture à l'autre. Ces valeurs d'azote assimilable ont une importance technologique de premier ordre, notamment pour la bonne conduite des fermentations alcooliques.

La levure assimile en premier et de façon très rapide l'azote ammoniacal, puis dans un deuxième temps, l'azote  $\alpha$ -aminé.

### 2.5.2 Analyse par IRTF

La faisabilité de l'azote assimilable est exceptionnelle. Ce fait est très marquant en IRTF car les teneurs en azote assimilable se situent à des niveaux de l'ordre de la dizaine de mg/l. C'est le premier exemple dans lequel l'analyse a de si faibles concentrations est possible en IRTF. Un élément d'explication réside dans le fait que les zones spectrales correspondant aux composés azotés se situent dans des zones du spectre assez isolées.

	<b>Azote <math>NH_3</math></b>	<b>Azote <math>\alpha</math>-aminé</b>
Répétabilité	4.59 mg/l	4.25 mg/l <sub>eq N</sub>

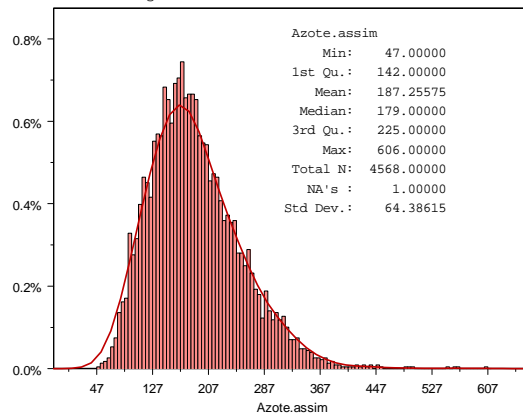
### 2.5.3 Résultats des analyses

Les valeurs trouvées sur des échantillons de moûts en Languedoc-Roussillon présentent la répartition suivante.

Bien qu'en zone chaude, sur un millésime à forte maturité, la répartition de l'azote assimilable présente un nombre important d'échantillons non carencés en azote, voire avec des teneurs élevées.

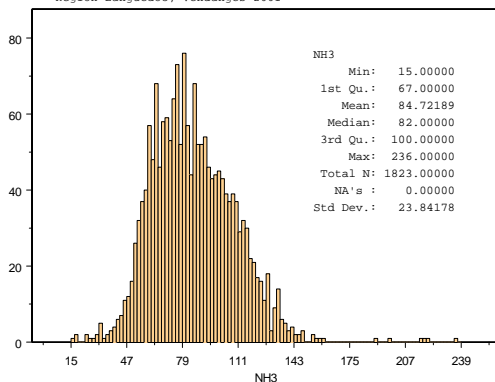
En moyenne, les moûts contiennent donc d'avantage d'azote  $\alpha$ -aminé, que d'azote ammoniacal

Répartition des azotes assimilables dans les moûts Vendanges 2001

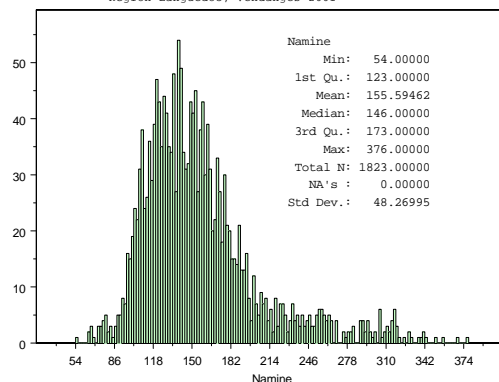


Graph.5 : Répartition de l'azote assimilable vendanges 2001, en région Languedoc Roussillon - France : Azote assimilable total →, azote NH3 ↓, azote  $\alpha$ -aminé ↘

Répartition des valeurs d'azote ammoniacal dans les moûts, Région Languedoc, Vendanges 2001

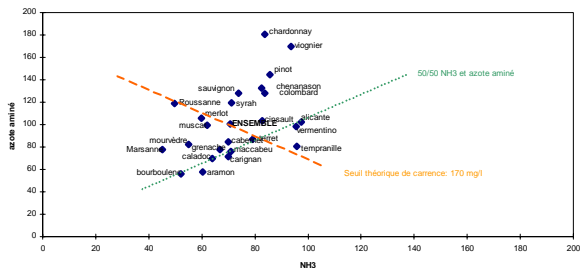


Répartition des teneurs en azote alpha-aminé, Région Languedoc, Vendanges 2001



Les données statistiques sur la répartition entre l'azote ammoniacal et l'azote  $\alpha$ -aminé sont encore récentes, des observations ont cependant été réalisées, par exemple, les répartitions dans chaque cépage de teneurs en azote ammoniacal et azote  $\alpha$ -aminé.

Répartition de l'azote dans les moûts



Graph.6 : Répartition de la moyenne des différents cépages pour l'azote ammoniacal et l'azote  $\alpha$ -aminé, vendanges 2000, en région Languedoc Roussillon - France

Ces résultats sont ceux obtenus en 2000 sur une base de données de plus de 3000 valeurs. Les études statistiques d'analyse de variance ont montré que les différences entre les cépages sont complètement significatives. De fait, la même étude réalisée en 2001 présente une répartition identique de la moyenne des cépages selon les valeurs d'azote ammoniacal et  $\alpha$ -aminé. Par ailleurs, cette étude a montré que l'effet cépage a beaucoup plus d'influence sur la teneur en azote  $\alpha$ -aminé, que sur la teneur en azote ammoniacal.

Une étude menée de façon identique a été menée sur différents terroirs a montré également des différences significatives qu'il convient maintenant de tenter d'interpréter.

De même que pour le potassium, s'ouvre ici également un très vaste champ d'investigation, sur l'effet de tel ou tel geste viticole sur la teneur en azote des moûts (enherbement...), sur la relation avec niveau de vigueur de la parcelle, ou encore sur les effets du terroir.

## 2.6 Acide acétique

### 2.6.1 Définition

L'acide acétique est l'élément très largement majoritaire de l'acidité volatile (dans de nombreux cas >99%). Il n'est pas présent dans les moûts sains et sa présence témoigne de d'une dégradation sanitaire, en raison notamment de la pourriture acide.

### 2.6.2 Analyse par IRTF

La répétabilité de la méthode IRTF est de **0.005 g/l** <sub>eq.H2SO4</sub>

La mesure de l'acide acétique est sujette à un seuil de détection, qui doit être pris en considération dans la mesure où la majorité des échantillons analysés, étant sains, ne présentent pas de teneur significative en acide acétique. Ce seuil de détection est difficile à précisément définir, mais il se situe **entre 0.10 et 0.15 g/l** <sub>eq.H2SO4</sub>. Ceci signifie qu'en dessous de ce seuil, la mesure d'acide acétique perd sa précision, et sa répétabilité : en pratique seules les valeurs d'acide acétique supérieures à 0.15 g/hl <sub>eq.H2SO4</sub>, c'est à dire les valeurs de raisins présentant des dégradations sanitaires sont précises, ce sont de toute façon les seules valeurs qui présentent un intérêt en pratique.

## 3 Polyphénols et anthocyanes

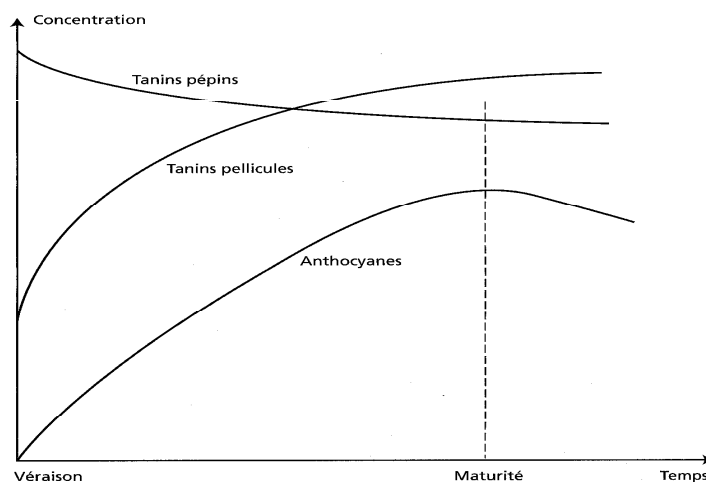
### 3.1 Définition

La baie de raisin présente une accumulation de polyphénols et d'anthocyanes (pour les raisins rouges) au niveau des cellules de la pellicule. On peut trouver d'autres composés phénoliques dans les pépins ou la rafle.

Ces composés ont une importance de premier ordre sur la qualité finale du vin, les anthocyanes apportant bien entendu la couleur au vin rouge, les tanins la sensation tannique du vin, dont la qualité est souvent recherchée en priorité par les dégustateurs et les acheteurs.

Ces composés phénoliques vont présenter des évolutions de deux ordres au cours de la maturation :

- une évolution quantitative, avec une augmentation de la teneur en anthocyanes et en polyphénols,
- une évolution qualitative, qui peut se traduit d'un point de vue organoleptique par un adoucissement de la sensation d'astringence, des tanins plus doux, moins végétaux. Cette évolution va de pair avec la facilité de diffusion dans le vin des composés phénoliques au cours de la vinification, que l'on appelle « extractibilité ».



Graph.7 : Evolution des tanins et des anthocyanes au cours de la maturation des raisins (Glories, 1986)

Ce n'est qu'au terme de ces évolutions que les raisins atteindront leurs potentialités qualitatives maximales, mais ce point, appelé « maturité phénolique », n'est atteint et ne coïncide avec la maturité physiologique que sous un certain nombre de conditions de culture :

- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| -adéquation cépage/terroir | -météorologie         |
| -surface foliaire          | -équilibre de vigueur |
| -date de récolte           | -etc...               |

L'analyse de la qualité des tanins est un sujet qui focalise de nombreux chercheurs en œnologie et œnologues dans le monde entier. Il présente en effet un intérêt majeur pour l'évaluation de la matière première. Il est certain que l'IRTF peut apporter un progrès considérable en y transférant des méthodes souvent longues et manuelles qui pourraient devenir ainsi rapides et faciles à mettre en œuvre : ces travaux n'ont à ce jour pas abouti à une application de terrain.

L'analyse quantitative des composés phénoliques, et des anthocyanes par exemple, est en théorie insuffisante pour une approche qualitative. Cependant, pour un cépage donné, et dans un terroir donné, l'évolution quantitative des anthocyanes se fait de façon parallèle à l'évolution qualitative des tanins. Ainsi, le suivi de la concentration en anthocyanes au cours de la maturation constitue un indice de qualité pertinent, le passage à un maximum de concentration indiquant le moment de la maturité optimale.

### 3.2 Analyse par IRTF

L'IRTF apporte un moyen de substitution à la méthode manuelle d'analyse en anthocyanes. La valeur donnée par l'analyseur est entièrement fonction du type de préparation de l'échantillon qui doit permettre d'une façon ou d'une autre de créer une extraction des composés pelliculaires. Dans tous les cas, l'IRTF ne sera capable d'analyser que des moûts naturels, ce qui exclue toute méthode de préparation d'échantillon par macération en milieu acide ou alcoolique : il ne reste donc que la méthode d'extraction mécanique qui soit applicable à l'IRTF.

Plusieurs paramètres relatifs à l'analyse des composés phénoliques sont disponibles dans le GrapeScan, mais le paramètre anthocyanes constitue certainement le paramètre le plus intéressant dans de nombreux contextes, car la mesure est reliée à un ensemble technique décrit précisément et exploité.

Paramètre	Mesure de référence	Répétabilité
Anthocyanes	Puissant-Léon	11.4
Intensité colorante	DO420+DO520+DO620	0.54
DO520	DO520	0.33
DO280	DO280	0.49
Indice de Folin	Indice de Folin Ciocalteu	Nd

### 3.3 Préparation de l'échantillon

Il est essentiel d'insister sur le fait que ces paramètres ne sont valables qu'à la condition d'une préparation des raisins assurant une extraction des anthocyanes. Si les raisins ne sont que pressés, non seulement la faible teneur en anthocyanes n'est pas représentative de la teneur se trouvant dans les raisins, mais en plus elle se situe en dessous du seuil de détection de l'analyseur.

La prise d'échantillon dans la benne doit se faire de façon à prélever des baies avec leurs pellicules. Dans le cas de vendanges mécaniques, le système d'aspirateur a montré son efficacité, l'important étant de bien respecter une proportion entre le jus et les pellicules prélevées.

Pour les vendanges manuelles, la solution semble beaucoup plus complexe à mettre en œuvre : un système semble avoir présenté une certaine efficacité en Espagne. Il s'agit de prélever des grappes au moyen d'une vis sans fin dimensionnée à cet effet. Les raisins sont conservés dans le canon du préleveur avant de redescendre vers un petit égrappoir, de façon à ne garder que les baies.

L'échantillon obtenu alors, quelle que soit la méthode, va passer par une phase d'extraction mécanique. L'instrument le plus utilisé à l'heure actuelle est une centrifugeuse industrielle à jus de fruit de la société robot-coupe (référence « bistrot »). Cet instrument permet l'obtention d'un jus coloré de façon pratiquement instantanée, en éliminant les parties solides vers une poubelle. D'autres instruments existent sur le marché.

### 3.4 Résultats des analyses

A ce jour, encore peu d'utilisateurs exploitent pleinement le paramètre anthocyanes. Il s'agit en effet d'une donnée utilisée de façon très récente à l'échelle industrielle.

Parmi les utilisateurs de ce paramètre, la cave de Rauzan (France-33) montre une très belle maîtrise de l'approche. Les résultats présentés ici sont issus de leurs travaux.

#### 3.4.1 Comparaison des différentes méthodes « anthocyanes » lors du suivi de maturité

La cave de Rauzan a défini un certain nombre de parcelles témoin sur lesquelles sont suivies les évolutions des maturités.

Des prélèvements à intervalles réguliers ont été réalisés sur ces parcelles en respectant des protocoles extrêmement rigoureux. Les échantillons ainsi prélevés ont été analysés selon 4 modalités différentes :

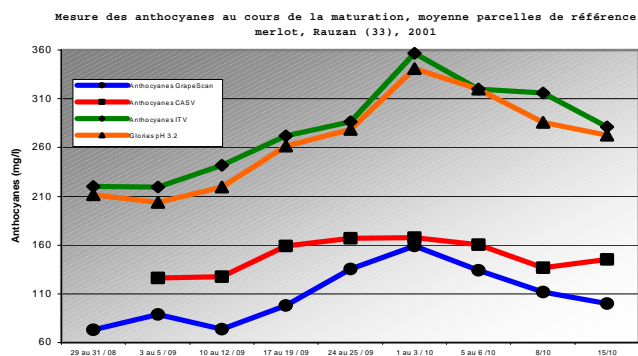
- Méthode Glories, mesures des anthocyanes par décoloration au SO<sub>2</sub> après macération à pH3.2 et pH1
- Méthode ITV : mesure des anthocyanes par Puissant-Léon après macération en milieu acido-alcooleux
- Méthode CASV : mesure des anthocyanes par Puissant-Léon après extraction physique par centrifugeuse
- Méthode « GrapeScan » : mesure des anthocyanes par IRTF après extraction physique par centrifugeuse

Les résultats rendus ici sont les évolutions des moyennes des 24 parcelles témoin de cépage merlot.

Toutes les courbes présentent le même profil avec un très bon parallélisme. L'information à caractère indiciaire sur les anthocyanes est donc la même, quelle que soit la méthode. La rapidité et l'automatisation du GrapeScan constitue un avantage comparatif évident, dans la mesure où on ne s'intéresse strictement qu'à la mesure des anthocyanes.

A noter le pic d'anthocyanes, situé dans la période 1 au 4 octobre

Graph.8 : Evolution des teneurs en anthocyanes des parcelles témoin merlot au cours de la maturation selon différentes méthodes, Rauzan 2001 - France



##### 3.4.1.1 Analyse des apports

Ces méthodes manuelles ont toutes été définies pour répondre à des problématiques de suivis de maturité : l'analyse des anthocyanes apporte des dimensions extrêmement intéressantes, qui ne tournent plus seulement qu'autour des les deux paramètres de sucre et d'acidité.

Il n'était cependant pas possible de concevoir la mise en place de ces méthodes manuelles à la réception au chai, le temps de macération et/ou d'analyse n'étant pas compatible avec les échelles de temps d'un chai en période de vendange.

L'IRTF, permettant de produire des analyses rapidement, a permis de considérer la perspective d'une analyse des anthocyanes à la réception de façon à comparer différentes vendanges, rendant possible la sélection des apports sur ce paramètre. Bien entendu, il n'est possible de faire des comparaisons qu'à l'intérieur d'un même cépage, dans une zone géographique donnée.

De très nombreux éléments entrent en ligne de compte qui déterminent le niveau d'anthocyanes des raisins, et il n'est pas évident de corrélérer directement le niveau d'anthocyanes avec tel ou tel élément mais il est simple de concevoir que plusieurs d'entre eux vont favoriser l'augmentation du niveau d'anthocyanes :

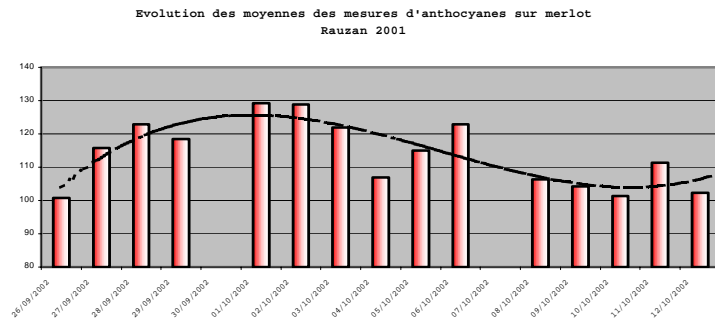
- Rendement faible
- Surface foliaire élevée
- Bon équilibre général de la plante
- Clone qualitatif à petites baies

-...

Intuitivement, on peut comprendre qu'en comparant deux apports d'un même cépage, issu d'un même terroir, le plus riche en anthocyanes présente un potentiel qualitatif plus élevé. Ceci est illustré par l'expérience acquise dans la cave de Rauzan (33).

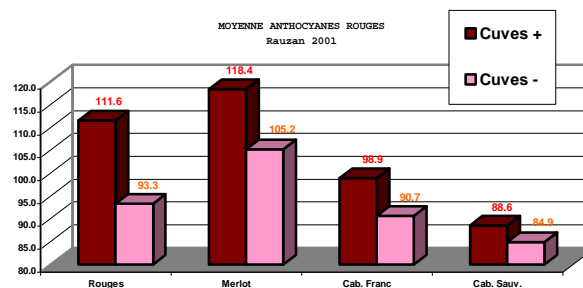
Les résultats de l'analyse des merlots dans la cave de Rauzan (33-France) a donné les résultats suivants en 2001.

La moyenne des apports évolue chaque jour. Le maximum de la moyenne se situe le 2 octobre, ce qui recoupe très exactement les informations apportées par les suivis d'anthocyanes sur les parcelles de référence. Nous notons également une valeur faible le 4 octobre correspondant clairement à un épisode pluvieux.



Graph.9 : Evolution des teneurs en anthocyanes des apports merlot, Rauzan 2001 - France

La pertinence de la sélection des apports sur la paramètre anthocyanes a été confirmé après dégustation des cuves à l'aveugle. Il est nettement apparu que les meilleures cuves ont été alimentées avec des apports ayant des teneurs élevées en anthocyanes.



Graph.10 : Relation entre le niveau qualitatif des vins, et les valeurs des anthocyanes des apports merlot, Rauzan 2001 - France

En pratique, il est apparu une influence des conditions externes sur la valeur d'anthocyanine mesurée, en raison d'une influence de ces conditions sur le milieu. Cette influence peut être manifestement variable en fonction des cépages, par exemple, il a été identifié une influence de la température externe sur la valeur des anthocyanes sur le Merlot, mais pas sur le Cabernet Sauvignon.

Il appartient donc à chaque utilisateur de mener des investigations pour savoir si la valeur d'anthocyanine peut être influencée par les conditions de leur contexte, et le cas échéant construire un système correctif.

### 3.5 Indices sanitaires

#### 3.5.1 Principe général

Le spectre infrarouge contient une information importante sur la composition du moût qui permet de mesurer des paramètres quantitatifs, mais cette information est également qualitative et témoigne par notamment de l'état « biologique » du raisin, c'est à dire son état sanitaire.

L'extraction de l'information qualitative du spectre a été réalisée selon des approches chimiométriques sensiblement différentes des méthodes utilisées pour l'extraction d'informations quantitatives.

La première étape, a été la mise au point de calibrations permettant d'approcher de façon indiciaire, ou de mesurer finement un pool de métabolites produits par les agents pathogènes se développant sur le raisin : Botrytis cinerea, autres moisissures, levures, bactéries...

Ces métabolites apportent une information biologique très fournie et très complexe, difficile à interpréter en l'état. Pour la convertir en indices qualitatifs informant directement sur l'état sanitaire de la vendange, il a été utilisé des méthodes de calculs non linéaires, et notamment des réseaux de neurones.

## 3.5.2 Indice de pourriture grise

### 3.5.2.1 Définition

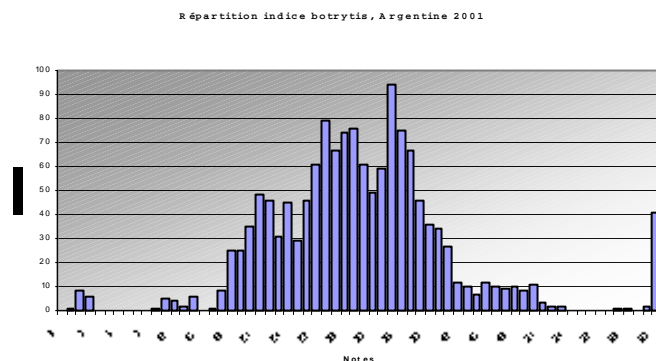
Cet indice mesure les dégâts sanitaires causés sur les raisins par la pourriture grise en général. Il se veut comme ayant donc une signification technologique directement interprétable. Dans de nombreux cas, il se démarquera d'un aspect visuel qui, il convient de le rappeler, est régulièrement défaillant quant à sa réelle signification technologique, pour de multiples raisons trop souvent méconnues.

### 3.5.2.2 Types de résultats

L'échelle théorique du modèle va de 0 à 63, en pratique, toutes les valeurs de l'échelle ne sont pas exploitées dans tous les contextes.

En situation de pression sanitaire forte, le type de résultat obtenu a été le suivant. Il est visible sur cet histogramme de répartition 3 pics correspondant à 3 épisodes sanitaires de la campagne des vendanges.

Graph.11 : Exemple de répartition des indices pourriture grise en condition de pression sanitaire



### 3.5.2.3 Résultats d'intérêt

La confrontation de l'inspection visuelle avec les résultats du GrapeScan ne se traduit bien entendu pas toujours pas une adéquation parfaite, notamment en raison de l'imperfection de l'estimation visuelle pour les raisons décrites plus haut.

Une discordance très nette apparaît régulièrement avec de raisins apparemment parfaitement sains sur lesquels un indice sanitaire élevé est donné par l'instrument. Or ces raisins ont à chaque fois montré des teneurs significatives en acide gluconique par exemple, que l'on ne devrait pas trouver si les raisins étaient réellement sains. Ceci a été confirmé par des études mycologiques qui ont isolé de raisins présentant ces problèmes, du mycélium et des conidies de *Botrytis cinerea*. L'originalité de ce *Botrytis*, c'est qu'il se trouve à l'intérieur de la baie, et qu'il ne produit aucun dégât visible à l'œil nu.

Néanmoins, de tels raisin présente des qualités très détériorées, avec les mêmes symptômes en vinification que des raisins attaqués par la pourriture grise.

Cette forme intrabaie de *Botrytis*, aussi néfaste pour la qualité que la forme normale de *Botrytis*, est manifestement largement répandue dans tous les vignobles.

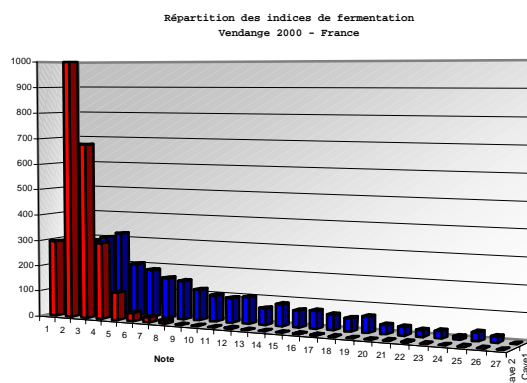
## 3.5.3 Indice d'activité fermentaire

### 3.5.3.1 Définition

L'indice d'activités fermentaire indique les débuts de fermentation pouvant avoir lieu dans les bennes de vendange.

### 3.5.3.2 Types de résultats

L'échelle théorique des valeurs va de 0 à 27. Ce graphique présente d'une part un contexte indemne de phénomènes d'activité fermentaire, et en second plan, un contexte différent, où les bennes parcourent de longs trajets, avec une vendange souvent liquéfié, à température élevée.



Graph.12 : Distribution de l'indice fermentaire dans deux contextes différents

### 3.5.3.3 Activités fermentaires et métabolisme anaérobie

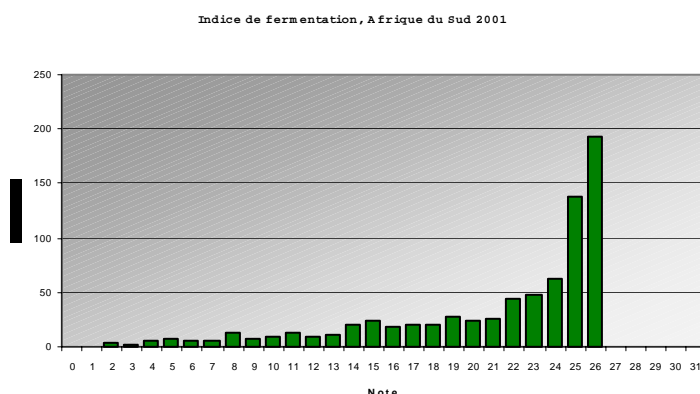
Dans de nombreux cas, il arrive que l'indice d'activités fermentaire soit élevé, sans qu'il y ait manifestement aucune intervention microbiologique. Ce phénomène s'accompagne alors d'une baisse importante de l'acide malique, donc de l'acidité totale, et une augmentation de pH, d'une part, et d'autre part d'une production de glycérol en quantité relativement importante.

Ce phénomène est le résultat du déclenchement d'un métabolisme fermentaire anaérobie, propre au raisin lui-même, à l'issu du blocage du métabolisme respiratoire qui prévaut normalement. Ceci se fait à la faveur d'un stress hydrique et thermique, et peut intervenir pendant le transport, à la condition qu'il s'agisse de vendanges manuelles, mais également sur souche.

Les résultats obtenus en Afrique du Sud montrent à quel point ce phénomène peut être largement développé à l'échelle de tout un vignoble.

Le millésime 2001 y a été en effet marqué par une forte sécheresse et une température élevée, et les raisins ont très majoritairement développé un métabolisme fermentaire anaérobie. Ceci est confirmé par une présence importante de glycérol de façon quasi systématique dans les vendanges.

Graph.13 : Distribution de l'indice fermentaire en Afrique du Sud, région de Stellenbosch Campagne 2001



## 3.5.4 Indice de pourriture acide

### 3.5.4.1 Définition

Cet indice mesure les dégâts causés par la vendange par la pourriture acide. Il est complémentaire avec la valeur d'acide acétique donnée par ailleurs.

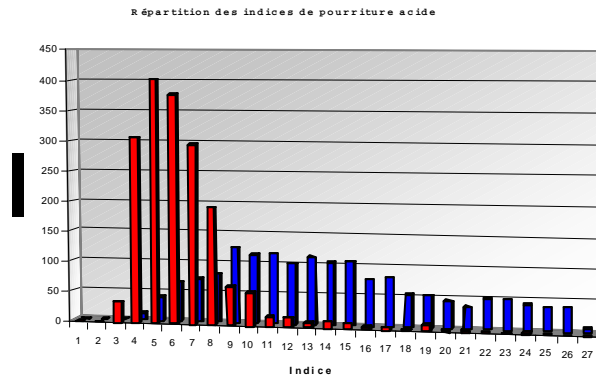
### 3.5.4.2 Types de résultats

Le modèle de la pourriture acide génère des valeurs d'indices entre 0 et 26. L'indice de pourriture acide est complété par la valeur de l'acidité volatile.

L'échelle théorique des valeurs va de 0 à 26.

Sont présentés ici deux contextes : au premier plan un millésime sans problèmes significatifs de pourriture acide, bien qu'il y ait quelques individus avec un indice élevé. En arrière plan, la répartition témoigne d'un millésime avec une forte pression de pourriture acide.

Graph.14 : Distribution de l'indice de pourriture acide dans deux contextes différents



### 3.5.5 Indice d'activité lactique

#### 3.5.5.1 Définition

Les activités lactiques sont liées à l'activité de bactéries lactiques qui vont produire une fermentation malolactique sur les raisins, voire une piqûre lactique. Ceci se traduit par une consommation de l'acide malique, et une production d'acide lactique.

Ce phénomène reste extrêmement rare, et se produit généralement lorsque le raisin a déjà subi des dégradations sévères de la part d'autres microorganismes (botrytis, levures...). Il revêt donc une importance de second ordre.

#### 3.5.5.2 Types de résultats

Cet indice est basé sur le simple acide lactique converti en indice de façon à faciliter son interprétation.

0 : pas d'activité lactique

1 : légère activité

2 : forte activité

---

*Les auteurs tiennent à remercier tous les utilisateurs qui ont bien voulu transmettre leurs résultats, et en particulier la cave de Rauzan (33) – France, pour tous leurs résultats concernant les mesures des anthocyanes.*

#### Bibliographie :

**DUBERNET Marc, DUBERNET Matthieu, 1999.** Utilisation de l'analyse infrarouge multiparamétrique à transformée de Fourier en œnologie de routine, *Revue Française d'Oenologie*, N°181, 10-13

**DUBERNET Marc, DUBERNET Matthieu, DUBERNET Vincent, LERCH Matthieu, COULOMB Sylvain, TRINEAU Isabelle, 2000.** Analyse objective de la qualité des vendanges par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier et réseaux de neurones, *Revue Française d'Oenologie*, N°185, 18-21.

**DUBERNET Matthieu, DUBERNET Marc, GRASSET Françoise, GARCIA Augustin, 2001.** Analyse de l'azote assimilable dans les moûts par Interférométrie Infrarouge à Transformée de Fourier, *Revue Française d'Oenologie*, N°187, 9-13.

**RIBEREAU-GAYON Pascal, DUBOURDIEU Denis, DONECHE Bernard, LONVAUD Aline, 1998.** Traité d'œnologie, tome 1 : Microbiologie du vin, vinifications, *Ed : Dunod*

**RIBEREAU-GAYON Pascal, GLORIES Yves, MAUJEAN Alain, DUBOURDIEU Denis, 1998.** Traité d'œnologie, tome 2 : Chimie du vin, stabilisation et traitements, *Ed : Dunod*

**FLANZY Claude, coordonateur, 1998.** Œnologie :fondements scientifiques et technologiques, *Ed. Lavoisier*