

INCIDENCE DE LA TEMPERATURE ET DE LA SOUCHE DE LEVURE SUR LA PRODUCTION DE COMPOSES AROMATIQUES LORS DE LA FERMENTATION D'UN MILIEU MODELE

L. BENHADJA (1), A. BOUTEKRABT (1), P. TAILLANDIER (2), P. STREHAIANO (2)

(1) - Université Saad Dahlab, Faculté des Sciences Agro Vétérinaires, BP 270 Blida - Algérie
Tel/ fax : 25 43 39 38 - E-mail: aboutekrabt@yahoo.fr

(2) - Laboratoire de Génie Chimique, CNRS UMR 5503. INP-ENSIACET. Toulouse Cedex 01-FRANCE

RÉSUMÉ

La présente étude porte sur l'évolution de composés aromatiques synthétisés au cours d'une des étapes de la vinification : la fermentation alcoolique. La température et la souche de levure, deux importants facteurs pouvant influencer sur le métabolisme levurien à l'origine de cette synthèse, ont été examinés. Il s'agissait d'évaluer l'effet de ces deux facteurs sur le déroulement des fermentations et sur les cinétiques de productions des composés aromatiques: l'acétaldéhyde, l'acétate d'éthyle, l'acétate d'isoamyle, le propanol, l'isoabutanol et les alcools amylique, lors de la fermentation d'un milieu modèle. Deux températures (18 et 30 °C) et deux souches aromatiques de type *Saccharomyces cerevisiae* ont été considérées. La production des composés aromatiques a été plus importante à 30 °C par le fait d'une synthèse en alcools supérieurs plus élevée. La souche de levure QA23 a permis une synthèse d'esters supérieure et une production en alcools supérieurs moindre par rapport à la souche VL1.

Mots Clés : Arome, Fermentation alcoolique, *Saccharomyces cerevisiae*, Température.

SUMMARY

Many factors have been shown to influence the amounts of the volatile components produced during fermentation, including yeast strain, temperature, pH and nitrogen composition of the must. The temperature and yeast strain are of a great importance, they affect fermentation kinetics, the production of aromatic and spoilage compounds, of ethanol and glycerol. The aim of our study was to evaluate the influence of these two factors on the synthesis of acetaldehyde; ethyl acetate, isoamyl acetate, propanol, isobutanol, and isoamyl alcohols production during alcoholic fermentation on synthetic liquid medium. So, several Fermentations were carried out at two different temperatures (18 and 30 °C) and with two yeast strains VL1 and QA23. Results obtained by head space analysis, showed that the production of aroma components increased between 18 and 30 °C and this is essentially due to the augmentation of higher alcohols. The QA23 yeast synthesizes more esters and less alcohols than VL1 yeast, but their kinetics of production were similar.

Key Words : Alcoholic fermentation, *Saccharomyces Cerevisiae*, Temperature, Aroma.

INTRODUCTION

L'arôme des boissons fermentées est d'une composition extrêmement complexe. Les analyses des composés volatils effectuées à ce jour révèlent la présence de plusieurs centaines de substances (SCHREIRER, 1979 ; BAYONOVE *et al.*, 1998 ; RAPP, 1998). En effet, plus de 800 composés aromatiques présents dans le raisin ont été séparés par chromatographie en phase gazeuse. Il s'agit essentiellement d'alcools supérieurs, d'esters, d'aldehydes, d'ethers oxydes et de monoterpenes (FLEET et HEARD, 1993 ; RIBEREAU-GAYON *et al.*, 1998). Ces substances ont pour origine les voies de biosynthèse spécifique, d'une part du cépage (composante variétale) et d'autre part, de micro-organismes réalisant les fermentations (composante fermentaire), mais aussi des réactions chimiques qui se produisent au cours de la conservation (EBELER, 2001 ; HERNANDEZ-ORTE *et al.*, 2005(a)). Par conséquent, la maîtrise des variables opératoires de la fermentation alcoolique (température, pH, ..) et le bon développement de la microflore levurienne sont nécessaires pour assurer l'épuisement des sucres présents dans le milieu et la production d'arômes fermentaires.

Dans cette optique, la température de fermentation ainsi que la souche de levure jouent un rôle capital (LAMBRECHTS et PRETORIUS, 2000 ; BRANDOLINI, 2002). La température de fermentation conditionne largement les qualités organoleptiques du produit fini, par le biais de la vitesse de fermentation mais aussi par son effet sur les voies métaboliques de la levure (NURGEL *et al.*, 2003 ; HERNANDEZ-ORTE et IBARZ, 2005(b)). Le rôle de la souche de levure a suscité un grand intérêt et a fait l'objet de plusieurs études (BERTRAND, 1978 ; SOUFFLEROS et BERTRAND, 1980 ; LONGO *et al.*, 1992 ; VALERO *et al.*, 2002 ; ROMANO *et al.*, 2003).

Cependant les travaux consacrés à ces deux thèmes ont donné des résultats controversés. Alors que certaines investigations affirment que la conduite de fermentations alcooliques à température élevée conduit à des concentrations élevées en alcools supérieurs (KILLIAN et OUGH, 1979 ; NYKANEN, 1986). D'autres auteurs soutiennent que la synthèse des composés aromatiques est plus importante à basse température (SANTAMARIA *et al.*, 1995 ; RIBEREAU-GAYON *et al.*, 2000 ; TORRIJA *et al.*, 2003 ; SARKAN SELL *et al.*, 2006). De plus, tous ces travaux ne se sont intéressés qu'à la composition finale du milieu fermenté en composés volatils.

Notre présent travail a porté sur l'étude de l'incidence de chacun de ces deux facteurs (température de fermentation et souche de levures) sur les principaux paramètres fermentaires (biomasse, substrat et éthanol) ainsi que sur les cinétiques de production de composés aromatiques synthétisés lors de la fermentation d'un milieu modèle. Ce milieu permet de s'affranchir des variations de moûts de raisin et garantit une meilleure reproductibilité (STREHAIANO, 1984).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel biologique

Les levures utilisées pour cette étude sont *Saccharomyces cerevisiae* souches VL1 et QA23 commercialisées par "Laffort œnologie, France" sous forme de levures sèches actives. Le levain est préparé à partir de ces levures conservées dans des tubes gélifiés à 4 °C.

Le milieu de fermentation est inoculé par un levain âgé de 12 heures incubé au préalable sur 100 ml de milieu.

Milieu de fermentation

Les précultures et les fermentations ont été réalisées sur un milieu synthétique modèle proposé par STREHAIANO (1984). La composition en g/l est la suivante : glucose, 70 pour les précultures et 200 pour les fermentations, KH_2PO_4 , 5 ; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 2 ; $\text{MgSO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$; extrait de levure (Biomérieux, France), 1.

Le pH est ajusté à 3.8 avec une solution de H_3PO_4 avant l'autoclavage.

Conditions de fermentation

Les fermentations sont menées dans des réacteurs batch "Setric" d'une capacité de 2 litres. Le volume du milieu de fermentation étant de 1.6 litre et l'agitation de 200 rpm.

Le taux d'inoculum est de $3 \cdot 10^6$ cellules/ml pris d'une préculture âgée de 15 heures.

Des échantillons de 10 ml sont régulièrement prélevés pour la détermination des cinétiques de fermentation.

Plusieurs fermentations sont réalisées, deux températures de fermentations pratiquées en vinification (18 et 30 °C) sont examinées et deux souches de levures *Saccharomyces Cerevisiae* (VL1 et QA23) sont considérées.

Pour toutes les conditions de fermentation étudiées, nous avons établi les cinétiques de croissance, de production d'éthanol et de production des arômes considérés.

Méthodes analytiques

La quantité de biomasse est déterminée par mesure de la densité optique à 620 nm, dans des

cuves de 2 mm de trajet optique, à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible double faisceau Hitachi-2000. La viabilité est estimée par comptage sur cellule de Thoma au microscope, après coloration au bleu de méthylène (BONARA et MARES, 1982).

Le glucose est dosé par une méthode enzymatique grâce à un appareil automatique (Yellow Spring Instruments, modèle 2700 select) renfermant une glucose oxydase. L'éthanol est dosé par chromatographie en phase gazeuse avec un chromatographe chrompack 437 A muni d'un détecteur à ionisation de flamme et avec une colonne Chrompack Poroplot Q wide-bore (0.53 mm x 25 m).

Les arômes fermentaires volatils sont analysés par chromatographie en phase gazeuse-Head space avec un chromatographe 8500 Perkin Elmer (colonne BP 20 polaire (25m x 0.32mm x 0.5 µm)). La température du catharomètre est de 280 °D et celle de l'injecteur de 260 °C. Le gaz vecteur utilisé est de l'azote à une pression de 25 Psig.

Le dosage des composés aromatiques se fait par l'intermédiaire d'une solution étalon constituée des arômes susceptibles d'être présents dans l'échantillon. Un coefficient de réponse est établi pour 100 mg/l de chaque composé. Chaque échantillon est préchauffé à 60 °C pendant 1 heure avant d'être injecté dans la colonne (temps de préssuration : 0.51 mn, temps d'injection : 0.4. mn).

Nous avons dosé trois alcools supérieurs (n-propanol, isobutanol, alcools amyliques), deux esters (acétate d'éthyle et acétate d'isoamyle) et l'acétaldéhyde car ces composés sont des marqueurs des arômes de la fermentation alcoolique et représentent plus de la moitié des arômes fermentaires volatils (BERTRAND, 1978).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Influence de la température

Dans les deux cas, nous observons un découplage partiel de la croissance et de la production d'éthanol mesurée: la production continue après l'arrêt de la croissance (Figure 1).

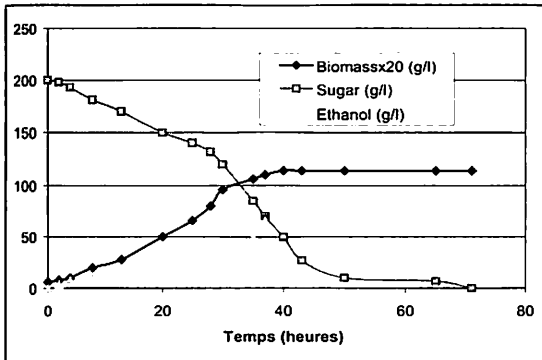


Figure 1 : Variations de la biomasse, du sucre et de l'éthanol à 30 °C.

Le cycle fermentaire comprend une phase courte où la croissance s'accélère tandis que la production n'a pas commencé encore, une phase de pleine activité de croissance et de production et enfin une phase où la croissance ralentit puis cesse alors que la production se poursuit : c'est la phase stationnaire. Au cours de cette dernière phase, la biomasse reste viable à près de 100%.

Les cinétiques établies pour chacune des fermentations réalisées, montrent que le substrat est entièrement consommé en des temps respectifs de 167 et 71 heures pour une biomasse produite équivalente (respectivement 5.57 et 5.5 g/l). Ces variations n'indiquent pas une accentuation des phénomènes d'inhibition ou une plus grande sensibilité de la souche de levure VLI à une température élevée, ce qui est en accord avec les travaux de SAEZ (1986). La production finale en éthanol obtenue est identique aux deux températures de fermentation considérées (94 g/l).

Pour les six composés aromatiques volatils que nous avons étudiés, nous avons établi les cinétiques de production. Au vu de ces dernières, il apparaît que la synthèse des arômes étudiés dépend fortement de la température de fermentation mais de façon très spécifique selon l'arôme considéré. On peut de prime à bord différencier trois groupes d'arômes selon leur nature et selon que leur production soit liée à la biomasse ou au substrat.

Ainsi, l'acétaldéhyde forme à lui seul le premier groupe, l'acétate d'éthyle et l'acétate d'isoamyle le deuxième groupe et les alcools amyliques, l'isobutanol et le propanol constituent le troisième groupe.

Pour l'acétaldéhyde, son évolution au cours des différentes fermentations présente conformément à la littérature deux phases (MESIAS *et al.*, 1983). La première se caractérise par une augmentation rapide de la concentration en acétaldéhyde qui est d'autant plus importante que la température est élevée (5,8 mg/l à 18 °C et 9,9 mg/l à 30 °C). Cette première phase se termine par une diminution de la concentration en acétaldéhyde dans des proportions identiques à son augmentation.

La deuxième phase, correspondant à la phase stationnaire de croissance, est également constituée d'une augmentation suivie d'une diminution mais cette dernière est plus importante à 18 °C (Figure 2). C'est l'isoenzyme acétaldéhyde déshydrogénase I qui pendant les premières heures de la fermentation réduit l'acétaldéhyde en éthanol avant de diminuer rapidement en activité ; dans la deuxième phase l'isoenzyme acétaldéhyde déshydrogénase II devient plus active et poursuit la réduction de l'acétaldéhyde (MILLAN et MAURICO, 1990).

Selon ROMANO (1994), ces deux isoenzymes seraient inhibées par l'augmentation de la

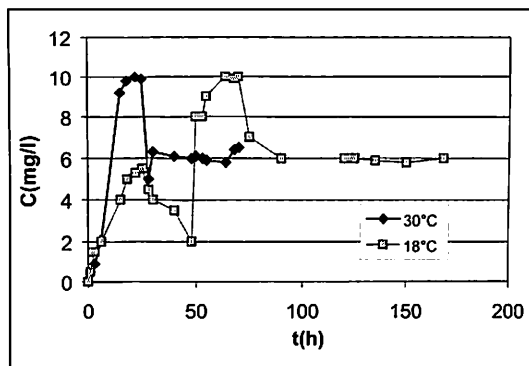


Figure 2 : Evolution de l'acétaldéhyde en fonction du temps aux différentes températures.

température au détriment de leur équilibre avec l'enzyme aldéhyde déshydrogénase, provoquant ainsi l'accumulation de l'acétaldéhyde. Cette hypothèse n'est pas en accord avec nos résultats car en terme de concentration finale, la production en acétaldéhyde ne semble pas sensible à la température de fermentation.

En ce qui concerne l'acétate d'éthyle et l'acétate d'isoamyle, la température semble influencer leur production de la même manière. En effet, lorsque la température de fermentation augmente, ces deux esters voient leur production augmenter respectivement d'un gain de 50% et d'un facteur de 7 (Figures 3 et 4). Ce comportement est en contradiction avec celui observé

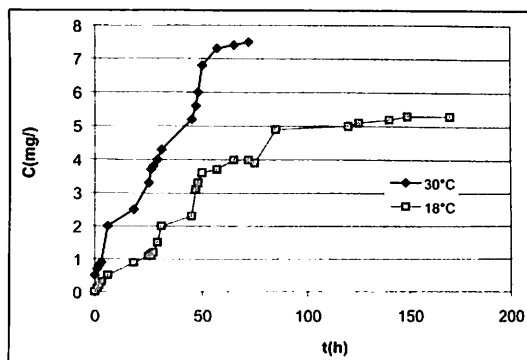


Figure 3 : Evolution de l'acétate d'éthyle en fonction du temps aux différentes températures.

dans la littérature (SOUFFLEROS et BERTRAND, 1980) ; (RIBEREAU-GAYON *et al.*, 1998) qui décrit une élévation de teneur en acétate d'éthyle quand la température baisse de 30 °C à 20 °C ce qui est probablement due à l'effet souche.

Du point de vue cinétique, les figures 3 et 4 montrent que la plus grande concentration en esters est atteinte pendant la phase de croissance microbienne, puis la synthèse continue à faible vitesse jusqu'à épuisement des sucres.

Pour les alcools supérieurs, la formation du propanol-1 ne semble pas influencée par l'élévation de la température de 18 à 30 °C. Nous obtenons une concentration finale de 1,7 mg/l pour les deux températures étudiées (Figure 5).

Le propanol-1 est produit par la levure tout au long de la fermentation suivant la corrélation suivante :

$$Y = -0.075 S + 1.72 \text{ à } 18^\circ\text{C} \quad r^2 = 0.98$$

(Y : conc. en propanol en mg/l)
(S : conc. sucres en g/l)

$$Y = -0.074 S + 2.01 \text{ à } 30^\circ\text{C} \quad r^2 = 0.98$$

L'isobutanol diminue de moitié quand la température de fermentation passe de 30 à 18 °C et la

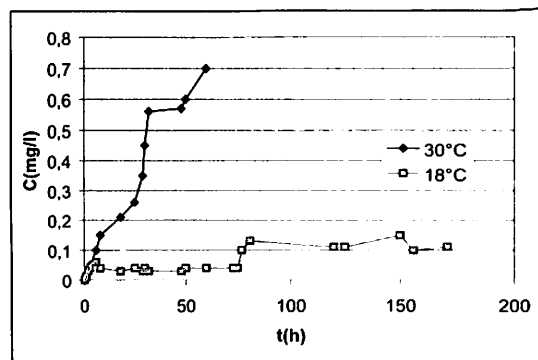


Figure 4 : Evolution de l'acétate d'isoamyle en fonction du temps aux différentes températures.

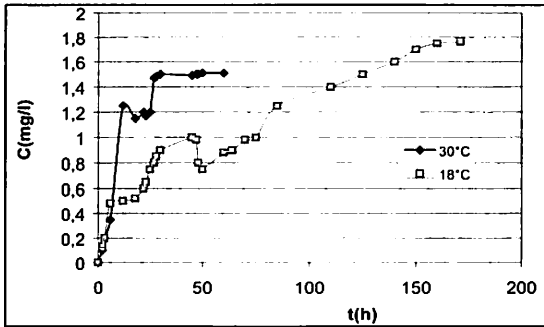


Figure 5 : Evolution du propanol en fonction du temps aux différentes températures.

figure 6 montre qu'à priori, sa formation est liée à la croissance de la biomasse : elle a tendance à augmenter rapidement pour atteindre un plateau à la fin de la phase exponentielle de croissance.

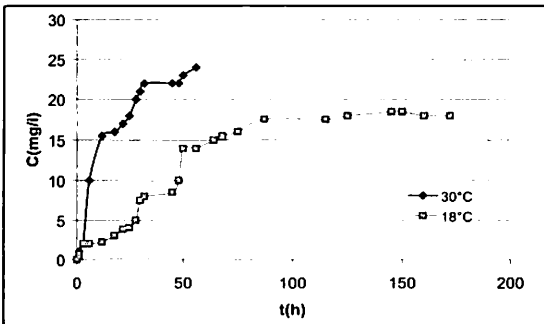


Figure 6 : Evolution de l'isobutanol en fonction du temps aux différentes températures.

L'évolution des alcools amyliques est, sous l'effet de la température, similaire à celle de l'isobutanol (Figure 7). Leur synthèse baisse de plus de 23% en passant de 30 à 18 °C et est liée à la biomasse produite comme le démontrent ces corrélations :

$$Y = 81.08 X - 9.35 \text{ à } 18^\circ\text{C} \quad r^2 = 0.99$$

(Y : conc. en alcools amyliques en mg/l)
(X : conc. biomasse levurienne en g/l)

$$Y = 97.32 X - 7.11 \text{ à } 30^\circ\text{C} \quad r^2 = 0.98$$

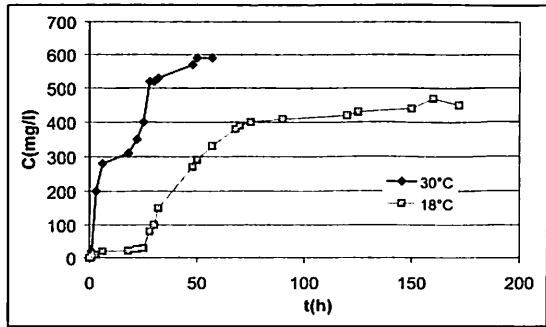


Figure 7 : Evolution des alcools amyliques en fonction du temps aux différentes températures.

Dans notre cas, il semblerait que la voie catabolique liée à l'assimilation des acides aminés soit prépondérante dans la formation des alcools supérieurs (VALERO *et al.*, 2002 ; HERNANDEZ-ORTE, 2005 (a)).

Influence de la souche de levure

Après avoir observé l'effet de la température de fermentation sur les paramètres fermentaires et les cinétiques de production des composés aromatiques, nous avons pensé intéressant de voir si l'utilisation d'une autre souche œnologique pouvait conduire à des cinétiques de production sensiblement différentes dans les mêmes conditions. Nous avons donc réalisé des fermentations sur le même milieu et à une température de 30 °C avec la souche *Saccharomyces cerevisiae* QA23 également connue pour son potentiel aromatique.

Le tableau I regroupant les principaux paramètres fermentaires de la souche QA23 en compa-

Tableau I : Bilan des fermentations obtenu avec les deux souches.

Souche	Biomasse (g/l)	Ethanol (g/)	Durée de fermentation (h)
VL1	4.9	95.2	71
QA23	5.1	95	95

raisant avec ceux de la souche VL1, montre que les deux souches présentent les mêmes performances fermentaires. En effet, la souche QA23 consomme tout le substrat sur une période de 65 heures et produit 5.65 g/l de biomasse ainsi que 95.2 g/l d'éthanol.

L'allure des cinétiques de production d'acétaldéhyde par les deux souches de levure VL1 et QA23 est similaire avec une concentration en fin de fermentation respectivement de 6.5 mg/l et 5.15 mg/l (Figure 8).

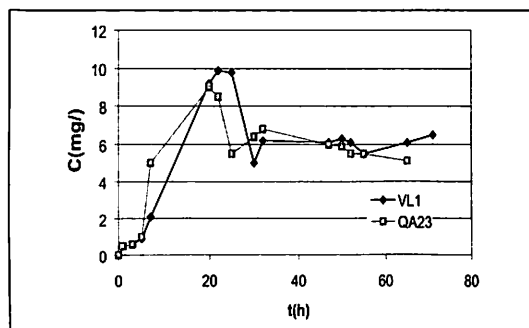


Figure 8 : Production de l'acétaldéhyde en fonction du temps par les deux souches de levures.

L'acétate d'éthyle, qui d'après la bibliographie est l'ester le plus abondant formé par la levure (RIBEREAU-GAYON *et al.*, 1998), est produit par QA 23 en une concentration supérieure à celle enregistrée par la souche VL1. Il semblerait que la souche QA23 possède un pouvoir œstrogène supérieur à celui de la souche VL1 car elle produit également un peu plus d'acétate d'isoamyle (Figures 9 et 10).

A l'inverse des esters, les alcools supérieurs : propanol-1, isobutanol et alcools amyliques, sont produits en quantité moindre par la souche QA23 par rapport à VL1 : soit 13.3% de moins pour le propanol-1, 12.7% pour l'isobutanol et 13.1% pour les alcools amyliques.

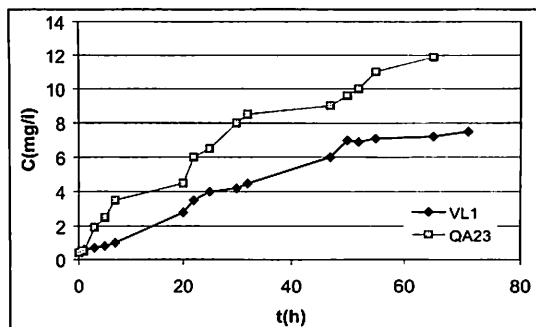


Figure 9 : Production d'acétate d'éthyle en fonction du temps par les deux souches de levures.

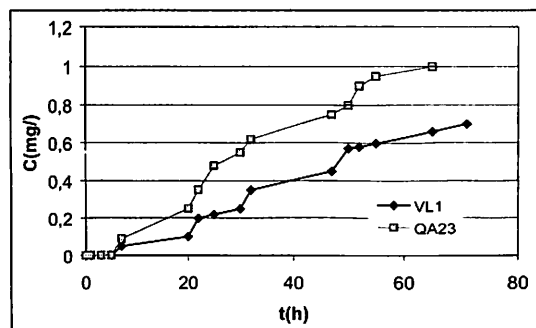


Figure 10 : Production d'acétate d'isoamyle en fonction du temps par les deux souches de levures.

CONCLUSION

L'objectif du présent travail consistait à mettre en évidence l'influence de la température ainsi que celle de la souche de levure sur les paramètres fermentaires et sur les cinétiques de production des composés aromatiques considérés. D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que le facteur température a un effet considérable sur la synthèse des arômes volatils. En terme de concentration, nous notons une nette baisse de la production totale d'arômes en passant de 30 à 18 °C : il s'agit pour l'essentiel de celle des alcools amyliques et de l'isobutanol.

La synthèse qui d'après les corrélations établies, est étroitement liée à la consommation des

sucres, diminue lorsque la température de fermentation baisse. Ce qui ne correspond pas aux observations rapportées par certains auteurs et la controverse demeure.

L'effet de la température sur la production des composés volatils au cours d'une fermentation alcoolique, reste à notre avis difficilement extrapolable. En effet, il est difficile d'isoler ce paramètre d'autres ayant également un effet notable sur la production de ces métabolites comme le pH, la composition du milieu en acides aminés et la teneur en azote assimilable.

De plus, l'appréciation de l'impact de ce paramètre sur la qualité de la boisson finie reste soumise à un équilibre global prenant en compte d'autres composés. Quant à l'effet souche, en terme de production de composés aromatiques volatils, nous notons une synthèse d'esters supérieure et une production en alcools supérieurs moindre par la souche QA23 par rapport à VL1. Les cinétiques de productions sont tout de même similaires.

L'accentuation de l'effet souche a été dans nos conditions expérimentales, moins importantes qu'avec la température.

Références bibliographiques

- BAYONOVE, C., BAUMES, R., CROUZET, J., & GUNATA, Z. (1998). Chap. 5 : Aromes, 183-193. in : Oenology, fondements scientifiques et technologiques. Ed. Lavoisier, Tec & Doc., Paris.
- BERTRAND, A. (1978). Influence du débouillage des moûts et du sulfitage sur les teneurs des substances volatiles des vins et des eaux de vie. Conn. vigne et vin. 12, 35-48.
- BONARA, A., & MARES, D. (1982). A simple colorimetric method for detecting cell viability in culture of eukaryotic micro organisms. Curr. Microbiol., 7, 217-222.
- BRANDOLINI, V., ROMANO, P., MAIETTI, A., CARUSO, M., TEDESCHI, P., & MAZZOTTA, D. (2002). Automated multiple development method for determination of glycerol produced by wine yeasts. World Journal of Microbiology and Biotechnology 18, 481-485.
- EBELER, S.E. (2001). Analytical chemistry : unlocking the secrets of wine flavour. Food Review International, 17, 45-64.
- FLEET, G.H., & HEARD, G. M. (1993). Yeast growth during fermentation. In G. H. Fleet (Ed), Wine. Microbiology and Biotechnology (pp.27-54). Switzerland : Harwood Academic Publishers.
- HERNANDEZ-ORTE, M.J. IBARZ, J. CACHO, V. FERREIRA. (2005). Addition of amino acids to grape juice of the merlot variety : Effect on amino acid uptake and aroma generation during alcoholic fermentation.
- HERNANDEZ-ORTE, M.J. IBARZ, J. CACHO, V. FERREIRA. (2005). Effect of the addition of ammonium and amino acids to musts of airen variety on aromatic composition and sensory properties of the obtained wine.
- KILLIAN, E., & OUGH, C.S. (1979). Fermentation esters : Formation and retention as affected by fermentation temperature. Am.J ; Enol. Vitic, 4,30.
- LEMBRECHTS, M.G., & PRETORIUS, I. S. (2000). Yeast and its importance to wine aroma-a review. S. Afr. J. Enol. Vitic., 21, 97-129.
- LONGO, E., VELASQUEZ, J.B., SIEIRO, C., & CALO, P. (1992). Production of higher alcohols, ethyl acetate, acetaldehyde and other compounds by 14 *Saccharomyces cerevisiae* wine strains isolated from the same region (Salnèse, N. W. Spain). World Journ. Microbiol. Biotechnol., 8, 539-541.

- MESIAS, J.L., MAYNAR, J.I., & HENAO, F. (1983). Alcools et aldehydes en C6 herbacés dans les moûts et raisins en fermentation alcoolique. *Rev. Fr. d'Oenol.* 23,90.
- MILLAN, C., & MAURICO, J.C. (1990). Alcohol and aldehyde deshydrogenase from *Saccharomyces cerevisiae* : specific activity and influence on the production of acetic acid, ethanol and higher alcohols in the first 48th of fermentation of grape must. *Microbios*, 64, 93-101.
- NURGEL, C., ERTEN, H., SELLI, S. (2003). Effet de l'ensemencement de levures sèches sélectionnées sur les arômes fermentaires d'un vin de cépage (KALECIC KARASI) produit en Turquie. *Journ. Int. des Sciences de la vigne et du vin*, 37, 3, 155-161.
- NYKÄNEN, L. (1986). Formation and occurrence of flavour compounds in wine and distilled alcoholic beverages. *American Journal Of Enology and Viticulture*, 36, 170-174.
- RAPP, A. (1998). Volatile flavour of wine : correlation between instrumental analysis and sensory perception. *Nahrung* 42, 351-363.
- RIBERAU-GAYON, P., DUBOURDIEU, D., DONECHE, B., & LONVAUD, A. (1998). *Traité d'oenologie*. Tome 1 Ed. Dunod, Paris.
- RIBERAU-GAYON, P., DUBOURDIEU, D., DONECHE, B., & LONVAUD, A. (2000). *Handbook of Enology. The microbiology of wine and vinification*, vol. I. Wiley, west Sussex, England.
- ROMANO, P., SUZZI, G., TURBANTI, L., & POLSINELLI, M. (1994). Acetaldehyde production in *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast. *FEMS Microbiology Letters* 118, 213-218.
- ROMANO, P., FIORE, C., PARAGGIO, M., CARUSO, M., CAPECE, A. (2003). Function of yeast species and strains in wine flavour. *Int. Journ. of Food Microbiology* 86, 169-180.
- SAEZ, S. (1986). Etude des paramètres de la fermentation alcoolique. Application à l'élaboration du pétillant de raisin. Thèse de docteur ingénieur, INSA Toulouse.
- SANTAMARIA, M.P., LOPEZ, R., GUTIÉREZ, A.R., DIEZ DE BETHENCOURT, C.A., & GARCIA-ESCUDEO, E. (1995). Incidence de la température de fermentation sur l'évolution des acides gras totaux. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 29, 101-104.
- SARKAN, S., CANBAS, A., TURGUT, C., ERTEN, H., & GÜNATA, Z. (2006). Aroma components of cv. Muscat of Bornova wines and influence of skin contact treatment. *Food Chemistry* 94, 316-326.
- SOUFFLEROS, S., & BERTRAND, A. (1980). Incidence de l'action conjuguée de la température de fermentation et de l'acidité du milieu sur les teneurs en substances volatiles formées par les levures. *Conn. Vigne et vin*, 14, n° 2, 97-109.
- TORIJA, M.J., BELTRAN, G., NOVO, M., POBLET, M., GUILLAMON, J.M., ALBERT, M., & ROZÈS, N. (2003). Effects of fermentation temperature and *Saccharomyces* species on the cell fatty acid composition and presence of volatile compounds in wine. *Int. Journ. of Food Microbiology* 85, 127-136.
- VALERO, E., MOYANO, L., ORTEGA, J.M. (2002). Higher alcohols and esters production by *Saccharomyces cerevisiae*. Influence of the initial oxygenation of the grape must. *Food chemistry* 78, 57-61.