



Incidence de la durée du séchage naturel de *Quercus petraea* Liebl. et *Quercus robur* L. sur la diversité de la flore fongique en place et sur quelques aspects de son écologie

Nicolas VIVAS^{1*}, Nathalie SAINT-CRICQ DE GAULEJAC¹,
Bernard DONECHE² et Yves GLORIES³

1 : Tonnellerie DEMPTOS, détaché à la Faculté d'Œnologie,
Université Victor Segalen Bordeaux 2, 351, cours de la Libération, 33405 Talence (France) ;
2 : Laboratoire de Biochimie Appliquée, unité associée INRA, Faculté d'Œnologie ;
3 : Laboratoire de Chimie Appliquée, Faculté d'Œnologie.

(Reçu après révision le 17 octobre 1996)

Résumé : En fin de séchage naturel, ou après contamination par des piles de bois de 3 ans et plus, un grand nombre d'espèces s'implantent sur le bois, à la faveur de la détoxification du milieu et de la présence de résidus de l'autolyse des premières générations de champignon. *A. pullulans*, la principale espèce du séchage naturel est alors concurrencée par une flore variée. Ces mécanismes affectent la qualité du séchage naturel. Les enzymes lytiques sont fortement libérées alors que la synthèse des activités hétérosidases, utilisées pour l'assimilation de substances carbonées, est fortement réprimée.

Mots clés : *Quercus* sp., séchage naturel, champignons, compétition, autolyse, *A. pullulans*

INTRODUCTION

Le séchage naturel du bois de chêne constitue une étape d'affinage indispensable en tonnellerie (TARANSAUD, 1976 ; VIVAS *et al.*, 1996). Les barriques fabriquées avec des bois issus d'un séchage naturel sont seules capables d'exacerber la qualité des grands vins (PONTALLIER *et al.*, 1982). En outre, le bois doit impérativement avoir une humidité relative (Hr 15 à 18 %) compatible avec le maintien de l'étanchéité des barriques aux liquides.

Les facteurs impliqués dans le séchage naturel du bois de chêne sont nombreux : les pluies, les vents, les amplitudes thermiques (MARCHE et JOSEPH, 1972 ; PONTALLIER *et al.*, 1982), ainsi que les micro-organismes (CHENG et CHANG, 1985 ; VIVAS *et al.*, 1991). Ils assurent un affinage du bois caractérisé par une diminution de la teneur en composés phénoliques et par l'élimination ou la transformation plus ou moins complète, des substances astringentes et amères (MARCHE et JOSEPH, 1972 ; PONTALLIER, 1981).

Des études récentes (VIVAS et GLORIES, 1993a ; VIVAS et GLORIES, 1993b ; VIVAS, 1993 ; VIVAS et GLORIES, 1996) ont montré que le séchage naturel était accompagné

*pour toute correspondance

du développement d'un nombre limité de moisissures qui semblent caractéristiques. Ces auteurs ont isolé : *Aureobasidium pullulans*, qui représente 80 % de la population totale, *Trichoderma harzianum* et *T. koningii* constituant les principales espèces secondaires. Néanmoins, au-delà de 18 à 20 mois d'exposition à l'air, la flore fongique semble se diversifier au profit d'un bon nombre d'autres espèces caractéristiques des milieux moisissés (BOTTON *et al.*, 1982). La diversité des champignons induit alors des phénomènes de compétition (VIVAS et GLORIES, 1993a) susceptibles d'affecter le processus d'affinage du bois.

La compétition entre champignons peut s'exercer de deux façons : soit par la libération d'une substance inhibitrice (DENECHÉ et MARCANTONI, 1992), soit par compétition au niveau des nutriments (KONESTSCHNY *et al.*, 1988 ; WEGER *et al.*, 1986). Sur le bois, les sources d'énergie sont peu nombreuses et difficilement utilisables ; les champignons doivent alors produire un certain nombre d'enzymes solubles, notamment des hétérosidases, pour extraire les nutriments nécessaires. La concurrence pour l'alimentation est donc constante sur ce milieu. Mais le contrôle biologique d'un champignon, par des substances antifongiques libérées par d'autres champignons, est également envisageable. VIVAS et GLORIES (1993a) ont montré les effets répressifs d'un filtrat de culture de *T. harzianum* à l'égard de *A. pullulans*.

Il nous a donc paru utile de mettre en évidence, à la suite de ces différents travaux, l'inversion de la flore fongique au cours d'un séchage naturel prolongé et d'étudier l'influence de quelques relations écologiques induites, de types compétitifs, sur l'appétitude des champignons à transformer les hétérosides phénoliques du bois. Nous présentons dans cet article les premières observations.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I - ISOLEMENT ET CULTURE DES CHAMPIGNONS RETROUVÉS SUR LES DOUELLES DE BOIS DE CHÊNE

Les douelles fendues de 30 mm d'épaisseur, de 150 mm de largeur et de 1,05 m de longueur sont montées en piles et sont réparties sur un parc à bois bordelais (température moyenne annuelle = 12,5°C ; précipitation totale = 950 mm/an ; moyenne sur 50 ans). Les piles sont alignées, séparées entre elles de 50 cm sur la ligne et de 1 m entre chaque rangée. Les bois viennent du Limousin pour *Q. robur* L. et des forêts de l'Allier pour *Q. petraea* Liebl. Les prélèvements ont lieu au hasard et représentent deux douelles prélevées sur dix piles de bois de l'Allier et quatre piles de bois du Limousin au cours du processus de séchage. Chaque échantillon de bois est débité en éprouvette de 20 cm puis placé en poche stérile.

Les champignons sont prélevés soit à partir de sciure de bois de chêne représentant les dix premiers millimètres de la face supérieure des douelles, représentant la flore totale (spores et mycélium), soit à partir d'un coton stérile issu de l'écouvillonnage de la surface des douelles, représentant les spores déposés en surface et des fragments de mycélium.

La culture et la purification des différentes espèces sont effectuées sur milieu solide MAG dans les conditions décrites par VIVAS *et al.* (1991). Ce milieu se compose

d'extrait de mait gélosé (45 g), d'agar (15 g), de glucose (25 g) et d'eau distillée (qsp 1 000 ml), le milieu est autoclavé 15 min à 115°C. L'isolement des champignons se pratique par mélange de 1 g de sciure du bois de surface des douelles dans 10 ml d'eau stérile et de l'infusion du coton d'écouvillonnage de la surface des douelles dans 10 ml d'eau stérile. Les cultures sont réalisées en boîtes de Petri à 25°C et à l'obscurité. La purification des souches morphologiquement différentes se réalise par repiquage de portion de mycélium sur milieu MAG. Les identifications sont effectuées en collaboration avec le laboratoire de mycologie de l'Institut Pasteur (Paris).

II - DÉVELOPPEMENT DE DIVERSES ESPÈCES DE CHAMPIGNONS ISOLÉES DU BOIS DE CHENE SUR UN MILIEU GÉLOSÉ SUPPLÉMENTÉ EN EXTRAIT AQUEUX DE CHENE VERT

Chaque espèce isolée est cultivée sur milieu MAG en boîtes de Petri à 25°C. Le milieu est inoculé par dépôt d'un fragment de mycélium d'une culture pure au centre de la boîte de Petri. Les résultats expriment la facilité de colonisation du milieu contenant un extrait à l'eau de chêne vert *Q. petraea* L. lyophilisé (1/5 ; p/v) par rapport à un témoin sur milieu solide MAG seul. La lecture se fait après 5 jours d'incubation. On note également la coloration du thalle formé.

Lorsque le champignon se développe au même rythme sur les deux types de milieu gélosé, on considère que les constituants du chêne vert n'affectent pas la croissance des mycéliums, dans nos conditions expérimentales.

III - MÉTHODES D'ESTIMATION DES PHÉNOMÈNES DE COMPÉTITION ENTRE ESPÈCES DIFFÉRENTES

I - Incidence des phénomènes de compétition sur l'activité β -glucosidase exocellulaire totale du milieu de culture

La plupart des champignons isolés du bois de chêne produisent au cours de leur croissance de grandes quantités de β -glucosidase exocellulaire soluble (VIVAS et GLORIEUX, 1993a). Cette activité permet au champignon de se développer sur des milieux dont la seule source d'énergie est un hétéroside phénolique (ellagitannins, gallotannins...) (VIVAS *et al.*, 1991 ; VIVAS, 1993b). L'activité glucosidase est estimée grâce au *p*-nitrophenyl β (D)-glucopyranoside (pNPG) dans les conditions décrites par DARRIET *et al.* (1988), inspirées de TINGLE et HALVORSON (1971).

Des milieux liquides non proliférants ($[\text{NH}_4]\text{H}_2\text{PO}_4$: 5,75 g, K_2HPO_4 : 1 g, KCl : 0,5 g, MgSO_4 : 0,5 g, FeSO_4 : 0,005 g, KOH : qsp pH 3,5, eau distillée qsp 1000 ml) sont ensemencés par du mycélium d'*A. pullulans* et du champignon testé à raison de 1 mg de mycélium sec de chacune des deux souches pour 100 ml de milieu. La production et la préparation du mycélium sec sont décrites par ailleurs (VIVAS, 1993a). Le témoin contient 2×1 mg de mycélium d'*A. pullulans*. La mesure de l'activité glucosidase se pratique après 10 jours de culture à 20°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) sur table d'agitation.

La culture est centrifugée ($20\,000 \times g$, 15 min.) et le surnageant est soigneusement collecté. On mélange 6 ml de surnageant et 4 ml de tampon acétate de sodium (NaAc 0,05M ; pH = 5), puis on ajoute 0,3 ml de pNPG 0,01 M. Les tubes sont incubés

24 heures à 25°C. On arrête la réaction par 1 ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3 , 1M). La densité optique du surnageant est mesurée à 400 nm et les résultats sont ramenés en pourcentage d'activité estimée par la DO à 400 nm par rapport au témoin constitué par une culture pure d'*A. pullulans*.

2- Incidence des phénomènes de compétition sur la phase d'autolyse des mycéliums en culture mixte

La mesure de la DO à 210 nm, est basée sur le principe que les mycéliums altérés par des conditions de stress (âge de la culture, concentration en substrat, compétition entre espèces) libèrent dans le milieu du matériel endocellulaire absorbant dans l'ultraviolet (GARBAÏ et LONVAUD-FUNEL, 1990). Les conditions de mesures sont celles de GARBAÏ et LONVAUD-FUNEL (1990).

On prélève 5 ml d'une culture en milieu liquide non proliférant, centrifugé ($20\,000 \times g$, 15 min) sur lequel nous mesurons la DO à 210 nm. La valeur de densité optique est multipliée par 100.

RÉSULTATS

I - DIVERSIFICATION DE LA FLORE FONGIQUE AU COURS DU SÉCHAGE NATUREL

Pendant les six premiers mois d'exposition à l'air des merrains de chêne, *A. pullulans* est l'espèce dominante. Après 36 mois de séchage (figure 1), *A. pullulans* reste largement majoritaire (83 %) mais il apparaît d'autres espèces, principalement *Trichoderma sp.*. Au-delà de trois ans, la flore n'est plus seulement représentée par ces espèces (figure 1) ; on trouve également à la surface du bois de nombreux autres champignons, et plus particulièrement, *Penicillium purpurogenum*.

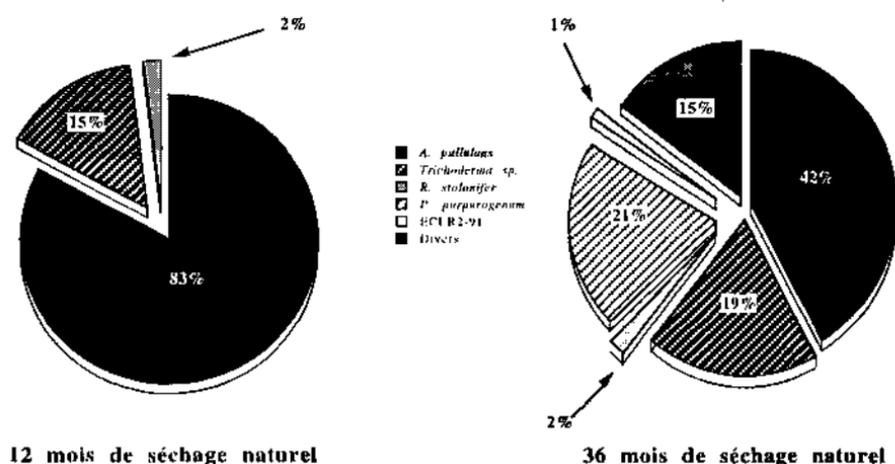


Figure 1 — Incidence de la durée du séchage naturel sur la répartition de la flore fongique totale des douelles de chênes

Tableau 1
Influence d'un extrait aqueux de chêne vert sur le développement
de diverses espèces isolées du bois de chêne au cours de son séchage naturel.

Les résultats expriment la facilité de développement des moisissures sur milieu gélosé contenant un extrait de chêne vert par rapport à un témoin

Espèces testées	<i>A. pullulans</i>	<i>T. Harzianum</i>	<i>T. Koningii</i>	<i>R. Stolonifer</i>	<i>P. purpurogenum</i>	ECLR2-91	Divers
Développement après 5 jours	+	+	+	-	-	-	0
Couleur sur milieu gélosé témoin	noir	blanc/vert	vert	vert	blanc/gris	rouge	crème
Couleur sur milieu gélosé + extrait de chêne vert	noir	vert	vert	gris	marron	rosé	-

* : *Geotrichum sp.*, *Geomyces sp.*, *Penicillium sp.*, *Phialophora sp.*, *Aspergillus versicolor*, *Alternaria alternata*

0 : non développé ; - : faible développement ; + : développement normal

Dans une expérience au laboratoire, nous avons cultivé les différentes espèces dans un milieu gélosé supplémenté, avec un extrait aqueux de chêne vert. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 1. Il convient de noter que toutes les souches choisies se développent sur le milieu gélosé témoin. On remarque que seules les espèces retrouvées en début de séchage se développent parfaitement sur le milieu gélosé additionné d'extrait de chêne vert. En revanche, les espèces diverses en culture mixte et *P. purpurogenum*, rencontrées après deux années de séchage, s'implantent difficilement en présence d'un extrait de chêne vert. L'ajout d'un filtrat stérilisé par filtration sur membrane de porosité 0,2 µm d'une culture âgée de *A. pullulans* en phase de lyse, repéré par la forte augmentation de la DO 210 nm, améliore l'implantation de ces espèces. En outre, le remplacement de l'extrait de chêne vert par un extrait de chêne séché naturellement permet, à tous les champignons, un développement satisfaisant sur milieu gélosé.

II - INCIDENCE DES PHÉNOMÈNES DE COMPÉTITION SUR L'APTITUDE DES CHAMPIGNONS À LIBÉRER DES ENZYMES CAPABLES D'HYDROLYSER LES HÉTÉROSIDES PHÉNOLIQUES DU BOIS VERT

Afin d'étudier ces relations écologiques de nature compétitive, nous avons mis en culture *A. pullulans* en association avec différentes espèces. Un seul type d'activité est mesurée : les β-glucosidases, représentant les enzymes exocellulaires solubles capables de libérer le glucose des structures hétérosidiques. On observe que certains champignons comme ECLR2-91, dont le développement est lent, n'affectent pas l'activité étudiée (tableau 2). D'autres champignons sont, en revanche, particulièrement

Tableau 2
Incidence des phénomènes de compétition entre *A. pullulans*
et certaines espèces rencontrées en fin de séchage naturel sur l'activité β-glucosidase

	<i>A. pullulans</i>			
	<i>A. pullulans</i>	<i>T. harzianum</i>	ECLR2-91	<i>P. purpurogenum</i>
Activité β-glucosidase	100	64	107	37

adaptés au milieu de culture et induisent des phénomènes concurrentiels d'intensité variable (*T. harzianum*, *T. koningii* et surtout *P. Purpurogenum*). La compétition entre deux espèces différentes semble se traduire par une diminution sensible de l'activité glucosidase.

Le développement simultané de plusieurs champignons, sur un milieu entièrement colonisé, provoque des phénomènes de compétition. On peut supposer que ces relations concurrentielles entre espèces différentes sont provoquées par une accumulation d'enzymes lytiques dans le milieu, au détriment des enzymes trophiques. Ainsi, le début de la phase de lyse est plus précoce et l'autolyse des mycéliums est plus importante qu'en culture pure (tableau 3).

Tableau 3
Incidence des phénomènes de compétition
sur la phase d'autolyse des mycéliums en culture mixte

	Début de l'autolyse (jours)	D.O. 210 nm x 100	
		40 jours	80 jours
<i>A. pullulans</i>	36	22	67
<i>T. harzianum</i>	21	48	97
<i>P. purpurogenum</i>	28	35	84

DISCUSSION

Le séchage prolongé du bois de chêne conduit à l'apparition de nombreux champignons. Cependant, le phénomène est lent, car les piles de bois ne sont pas en contact direct avec le sol humide. L'aération et l'ensoleillement ralentissent considérablement le processus (VIVAS, 1993a). Tout se passe comme si le bois évoluait d'un état d'affinage vers une situation de décomposition. Ces observations suggèrent que le séchage naturel doit être réalisé par une flore limitée, largement représentée par *A. pullulans*, qui semble la mieux adaptée à cette fonction (VIVAS et GLORIES, 1993a). Cette diversification de la flore fongique peut être liée à une modification de la composition de la surface du bois, caractérisée à la fois par l'accumulation de résidus protéiques et polysaccharidiques issus de l'autolyse des premiers champignons implantés, ainsi que par la détoxification du milieu par ces mêmes champignons précurseurs (VIVAS et GLORIES, 1993a ; DONECHE et MARCANTONI, 1992). Des résultats antérieurs montrent, en effet, que ces deux facteurs peuvent favoriser la colonisation secondaire des douelles de chêne. Le lessivage des douelles par les pluies entraîne une quantité appréciable de matière extractible, surtout des composés phénoliques (VIVAS, 1993b). De même, les activités hétérosidasiques de *A. pullulans* et des *Trichoderma sp.* permettent la destruction d'une partie des hétérosides phénoliques (VIVAS *et al.*, 1996). Connaissant l'effet toxique des phénols à l'égard d'un grand nombre de microorganismes (SCALBERT et HASLAM, 1987 ; SCALBERT, 1992), on peut supposer que, seules les moisissures possédant un patrimoine enzymatique adapté au substrat ligneux, colonisent, les premières, le bois ; ces espèces doivent être lignicoles comme *A. pullulans*. Dans une deuxième phase, les mycéliums se développent et recouvrent la surface des douelles, puis, les colonies vieillissent et leur autolyse débute (MARTINEZ *et al.*, 1983). À ce stade, d'autres champignons peuvent

coloniser le bois, à la faveur de la détoxification de la surface du bois et de l'accumulation des résidus de l'autolyse.

Ces espèces sont essentiellement cellulolytiques comme *Trichoderma sp.* ; elles peuvent en outre inhiber les premiers champignons par libération de toxines antibiotiques ou fongicides (WYLLIE et MORHENMOUSE, 1977), ou d'une enzyme exocellulaire susceptible d'altérer les parois des mycéliums des autres espèces fongiques présentes (WOOD, 1951 ; ARTIGUES, 1985). L'imbrication de l'ensemble de ces réactions semble suffisante pour interpréter la modification de la flore fongique du bois de chêne en cours de séchage naturel.

Sur le plan technologique, le passage d'une flore spécifique, représentée essentiellement par *A. pullulans*, à une flore variée, à l'origine de relations concurrentielles entre champignons a pour effet de stimuler la libération de substances fongicides et lytiques au détriment d'un métabolisme orienté vers la transformation des hétérosides phénoliques du bois. Le séchage naturel devient moins efficace pour le tonnelier, car l'affinage du bois, par les champignons lignicoles, est interrompu au profit d'une altération de l'ultrastructure du bois par des champignons cellulolytiques. On note également, dans les conditions de la pratique, que la proximité de piles de bois, âgées de trois ans et plus, favorise la contamination des piles voisines. La diversification de la flore se propage sur une bonne partie du parc à bois et l'inversion de la flore fongique devient plus précoce. Ce type de résultats se rencontre sur des parcs à bois dont le taux de renouvellement est insuffisant. Il convient de noter que la surface du bois de chêne abandonné plusieurs années à l'extérieur est recouverte d'une flore fongique très diversifiée, mais dont peu de spores recueillis sont susceptibles de germer sur ce milieu et de donner naissance à un thalle. La discrimination préalable de l'ensemble des spores sur milieux gélosés, riches en extrait de chêne, permet de limiter les isollements aux seules espèces adaptées au milieu bois.

Ainsi, au même titre que de nombreuses opérations biotechnologiques visant l'affinage d'une matière première (bières, vins, fromages...), le séchage naturel doit être considéré comme une opération à optimiser, en particulier par l'emploi de rythmes d'aspersion raisonnés et l'utilisation d'un levain fongique convenablement choisi. Nos résultats semblent indiquer *A. pullulans* comme l'espèce la mieux adaptée. Néanmoins, il convient de ne pas exclure d'autres champignons adaptés au bois, qui peuvent être rencontrés, lors d'une étude écologique plus exhaustive de la flore fongique des parcs à bois de chêne de tonnellerie, sur l'ensemble du territoire français.

CONCLUSION

Le séchage naturel du bois de cœur de chêne à l'air libre se différencie en particulier du séchage artificiel par le développement d'une flore fongique pouvant affecter la structure et la composition du bois. Au cours de ce travail, nous avons souligné l'existence de phénomènes d'antagonismes entre les différents microorganismes coexistants. Ces relations de types compétitifs expliquent, d'une part, la succession de différents genres au cours du temps et d'autre part, l'évolution progressive du bois en substrat cellulo-ligneux en cours de décomposition. La prise en compte d'un

champignon pseudolevuriforme (*A. pullulans*), bien adapté aux conditions du milieu (nature du matériau, humidité, température), comme source de levain fongique est envisageable pour l'avenir (VIVAS, 1993a). Le dépôt d'un brevet en garantit la protection industrielle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARTIGUES M., 1981. Recherches de critères de sélection de clones de *Trichoderma* actifs contre *Sclerotinia minor* et *Sclerotium rolfsii*. Thèse docteur-ingénieur, Université de Montpellier.
- BOTTON B., BRETON M., LEVRE M., GUY Ph. et VEAU P., 1988. *Moisissures utiles et nuisibles. Importances industrielles*. Masson ed., Paris.
- CHENG C.L. and CHANG H.M., 1985. Chemistry of lignin biodegradation. In : *Biosynthesis and biodegradation of wood components*. Higuchi ed., Tokyo.
- DARRIET Ph., BOIDRON J.N. et DUBOURDIEU D., 1988. L'hydrolyse des hétérosides terpéniques du Muscat à petits grains par les enzymes periplasmiques de *Saccharomyces cerevisiae*. *Connaissance Vigne Vin*, **22**, 189-195.
- DONECHE B. et MARCANTONI G., 1992. Mise en évidence de l'inhibition de *Botrytis cinerea* par des bactéries telluriques. Possibilités de contrôle biologique de la pourriture grise. *C.R Acad. Sci. Paris*, 314, série III, 279-283.
- GARBAY S. et LONVAUD-FUNEL A., 1990. Étude de la lyse de *Leuconostoc oenos*. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **24**, 157-166.
- MARCHE M. et JOSEPH E., 1972. Contribution à l'étude du vieillissement du Cognac. *Connaissance Vigne Vin*, **6**, 273-330.
- MARTINEZ M.J., REYS F., LAMOZ R. and PEREZ-LEBLIC M.L., 1983. Lytic enzymes in autolysis of FEMS. *Microbiol. Letters*, **19**, 157-160.
- KONESTSCHNY-RAPP S., JUNG G., HUSIKA H.G. and WINKELMAN G., 1988. *Biol. Metals*, **1**, 90-98.
- PONTALLIER P., 1981. Recherches sur les conditions d'élevage des vins rouges. Rôle des phénomènes oxydatifs. Thèse docteur-ingénieur, Université Bordeaux II.
- PONTALLIER P., SALAGOITY M.H. et RIBÉREAU-GAYON P., 1982. Intervention du bois de chêne dans l'évolution des vins rouges élevés en barriques. *Connaissance Vigne Vin*, **16**, 45-61.
- SCALBERT A. and HASLAM E., 1987. Polyphenols and chemical defence of leaves of *Quercus robur* L : Adult tree and *in vitro* grown cell and shoots. *Phytochemistry*, **27**, 3483-3488.
- SCALBERT A., 1992. Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, **30**, 3875-3883.
- TARANSAUD D., 1976. *Le livre de la tonnellerie*. La roue des livres diffusion. Paris.
- TINGLE M.A. and HALVORSON H.O., 1971. A comparison of β -glucanase and β -glucosidase in *Saccharomyces lactis*. *Biochem. Acta.*, **250**, 165-171.
- VIVAS N., GLORIES Y., DONECHE B. et GUEHO E., 1991. Observations sur la microflore du bois de chêne (*Quercus sp.*) au cours de son séchage naturel. *Ann. Sci. Nat. (Botanique)*, 13^e série, 11, 149-153.
- VIVAS N., 1993a. *Le séchage naturel du bois de chêne destiné à la fabrication de barriques*. Demptos ed., Bordeaux. diffusion, Avenir (Enologie, Château Chaintré).
- VIVAS N., 1993b. Les phénomènes liés à la maturation du bois de chêne pendant son séchage. *Rev. (Enol.)*, **70**, 17-21.
- VIVAS N. et GLORIES Y., 1993a. Étude de la flore fongique du chêne (*Quercus sp.*) caractéristique du séchage naturel des bois

destinés à la tonnellerie. *Cryptogamie Mycol.*, **14**, 127-148.

VIVAS N. et GLORIES Y., 1993b. Sistema de secado de maderá de roble para toneleria. *Viti. Vini.*, **4**, 5-6, 47-50.

VIVAS N. et GLORIES Y. 1996. Étude et optimisation des phénomènes impliqués dans le séchage naturel du bois de chêne. *Rev. Fr. Œnol.*, **158**, 28-35.

VIVAS N., GLORIES Y., BOURGEOIS G., PLANET L., VITRY C. et BARBE B., 1996. Origine de la vescaline et de la castaline du bois de cœur de *Quercus petraea* Liebl. In : *Polyphénols communication 96*. J. VERCAUTEREN, C. CHEZE, M.C. DUMON, J.F. WEBER (eds.), Groupe polyphénols, Bordeaux, 41-42.

VIVAS N., GLORIES Y. et DONECHE B. 1996. Réflexions sur le séchage naturel du bois de chêne destiné à la fabrication de barriques. *Rev. For. Fr.*, **XI.VIII**, 4, 348-352.

WEGER L.A., BOXTEL R., BURG B., GRUTERS R.A., GEELS F.P., SCHIPPERS B. and LUGTENGERG B., 1986. *J. Bacteriol.*, **165**, 585-595.

WOOD R., 1951. The control of diseases of lettuce by the use of antagonistic organisms. I- The control of *Botrytis cinerea*. *Ann. Appl. Biol.*, **38**, 203-207.

WYLLIE T.D. and MORENHOUSSÉ L.G., 1977. *Mycotoxic fungi, mycotoxine and mycotoxicoses*. Vol I, II, III. Dekker ed., New-york.