

RÉFLEXIONS SUR LE SÉCHAGE NATUREL DU BOIS DE CHÊNE DESTINÉ À LA FABRICATION DE BARRIQUES

N. VIVAS - Y. GLORIES - B. DONÈCHE

DE L'EMPIRISME À LA TECHNOLOGIE

Le bois en grumes, billes ou merrains, débité par fendage ou sciage, présente un taux d'humidité trop élevé (50 à 65 %) pour être utilisé dans des unités de fabrication, que ce soit en menuiserie, charpente, tonnellerie ou construction. En effet, le bois humide ou très vert perd progressivement son eau excédentaire jusqu'à atteindre un taux d'humidité relative en équilibre avec l'hygrométrie ambiante. Lorsque le bois, dit sec, est prêt à être utilisé, son humidité relative varie de 12 à 18 %, selon le site de séchage. Si du bois vert est utilisé pour la fabrication de meubles, de charpentes, d'habitations ou de barriques, il va perdre dans un premier temps son eau excédentaire et va subir dans un deuxième temps des déformations susceptibles de compromettre la solidité, l'étanchéité et l'emploi courant des objets fabriqués.

On comprend donc l'intérêt, en tonnellerie, que peut représenter l'opération du séchage préalable : sans elle, les barriques ne conserveront ni leur dimension, ni leur forme, ni même leur étanchéité à l'égard des liquides qu'elles contiennent (vin, eau-de-vie, brandies, bière, whisky, vinaigre...). Dans la filière-bois, chaque secteur possède des contraintes techniques bien particulières concernant le séchage du bois de feuillus ou de résineux. Il existe un bon nombre de cahiers des charges appliqués à chaque secteur d'activités.

En tonnellerie, il n'existe pas actuellement de données objectives concernant le séchage du bois d'œuvre. Cette opération reste empirique et apparaît plutôt comme une opération de stockage du bois constituant un tampon de matière première pour la fabrication des barriques. L'empirisme a su définir des durées de séchage plus adaptées au rythme de fabrication qu'aux nécessités de séchage du bois. En Charente, la durée de séchage varie de 3 ans pour certains tonneliers à 7 ans pour certaines marques de Cognac ; à Bordeaux, on choisit couramment 1 à 3 ans, en Bourgogne 2 à 5 ans. Dans ce contexte restreint du séchage du bois, il convient de préciser à ce stade que, pour la tonnellerie française, ce sont presque exclusivement des Chênes (*Quercus*) qui sont employés : les plus fréquemment travaillés sont les *Quercus robur* L. et *Quercus petraea* Liebl.

Si le séchage ne constituait qu'une simple opération de perte de l'humidité superflue du bois, alors des techniques artificielles plus rapides pourraient être employées. Des tonneliers, s'inspirant des techniques de séchage en étuve des bois de construction, ont généralisé le séchage artificiel en étuve ; cependant la qualité des vins logés en barriques dont le bois est séché artificiellement ne peut pas rivaliser avec les vins élevés dans des barriques au bois séché naturellement. Toutes les dégustations réalisées montrent que le séchage artificiel confère au vin des caractères de vert, de sève, de sciure, de planche, de l'amertume et peu d'arômes boisés (noix de coco, clou de girofle, vanille, grillé, épice...). L'analyse des extraits de bois de chêne séché artificiellement révèle une plus grande richesse en composés phénoliques de nature ellagique, un extrait sec plus élevé, une moindre richesse en aldéhydes phénols, et en vanilline en particulier. Tous ces résultats (constatations lors des dégustations et observations objectives par analyses) suggèrent fortement que les mécanismes en jeu ne sont pas de même nature. Dans une première démarche, nous nous sommes penchés sur l'effet de la durée du séchage pour un même mode naturel. Nous avons donc conservé deux piles identiques : l'une dans un local couvert, aéré et sec, l'autre à l'extérieur, soumise aux intempéries. Après fabrication des deux lots de barriques, et l'élevage d'un même vin, les résultats organoleptiques obtenus se sont avérés identiques ; la durée de séchage n'était donc pas à l'origine de ces différences. Dans une deuxième série d'expériences, nous avons pensé au rôle du lessivage du bois par les eaux de pluie. Mais là encore, des barriques constituées avec des bois lessivés à l'eau ne donnaient pas des vins dont les caractéristiques organoleptiques se rapprochaient de celles obtenues par séchage naturel ; il faut toutefois noter que les caractères de vert, de sève et d'amertume bien que présents étaient plus discrets que pour un séchage artificiel classique. Une fois encore, les eaux de lessivage ne semblaient pas être à l'origine des différences majeures entre ces deux modes de séchage, bien que le lessivage du bois ait provoqué une atténuation sensible des caractères typiques du séchage artificiel. Ces résultats préliminaires nous ont conduits à conclure que le séchage naturel était le résultat d'une intervention de multiples facteurs naturels, spontanément présents sur le parc à bois, et agissant sur une longue période. Le climat, par son rôle de lessivage, en était certainement un. Mais c'est à Joseph et Marche que notre travail doit son orientation globale.

Ces auteurs charentais ont étudié la composition du bois de Chêne et des eaux-de-vie de vin élevées en fûts. Ils se sont particulièrement intéressés aux coumarines hétérosidiques (scopoline, aesculine) et leurs aglycones correspondants (scopolétine, aesculétine, ombelliférone). Ils observaient alors que le bois séché naturellement renfermait peu de coumarines hétérosidiques, le bois vert leur ayant permis d'isoler et d'identifier ce type de molécules. À partir de ce constat, ils ont émis l'hypothèse de l'intervention de microorganismes (levures, champignons, bactéries) dans la transformation enzymatique des hétérosides que contient naturellement le Chêne. Ces molécules liées à un sucre, généralement le glucose, se révèlent très amères, alors que leur forme libre, non liée au glucose, est plus neutre sur le plan gustatif : la scopolétine et l'aesculétine étaient simplement acidulées. D'autres travaux plus récents ont eu pour objet l'étude de la biodégradation de la lignine de différentes essences *in situ* ; cette voie d'origine microbienne, se réalisant grâce à des enzymes exocellulaires, semble expliquer la libération d'aldéhydes phénols natifs et odorants comme la vanilline. Les voies microbiologiques liées au séchage naturel nous ont paru intéressantes et constituaient à l'époque un sujet original qui n'avait pas fait l'objet de recherches systématiques.

ÉTAT DES CONNAISSANCES

L'observation par microscopie optique a permis de révéler la présence d'un bon nombre d'amas noirâtres et verdâtres en surface du bois, qui peuvent donner en milieu gélosé, après prélèvement aseptique et repiquage, des colonies de champignons pseudolevuriformes et de filaments mycéliens. En

microscopie électronique à balayage, nous avons confirmé l'importance de la flore fongique du bois de chêne ; certaines spores déposées à la surface du bois émettent des mycéliums traçants qui couvrent partiellement la surface des douelles constituant les piles de bois. Les mycéliums se dirigent tous vers des anfractuosités ou des microfissures du bois et pénètrent dans les premiers millimètres de la masse. On peut retrouver, par coupes fines d'épaisseur variable de bois séché, du mycélium jusque dans les gros vaisseaux de bois de printemps. Cette biomasse endogène possède un cycle végétatif complet et forme en profondeur des spores qui, à leur tour, germent et colonisent les simples perforations couvrant la paroi des vaisseaux de bois de printemps. Ainsi, les microorganismes développés ne sont pas seulement répartis en surface mais aussi dans le bois, en conditions favorables pour leur développement. Les couches superficielles de bois sont en effet facilement humectées par les pluies et restent humides plus longtemps qu'à la surface ; elles sont sensiblement moins chaudes et moins froides que la surface, en raison de l'inertie thermique du bois ; en outre, les mycéliums trouvent facilement leur source d'énergie solubilisée à la faveur d'une pluie. Mais le bois renferme un certain nombre de substrats toxiques à l'égard des champignons. La matrice du bois de chêne, constituée de fibres de cellulose, d'hémicellulose et de lignine, est imprégnée de tanins ellagiques ⁽¹⁾, de coumarines et de depsides ⁽²⁾. Ces éléments de nature phénolique possèdent des effets répressifs et inhibiteurs variables en fonction des microorganismes concernés. Si on effectue une sélection des microorganismes retrouvés à la surface des douelles sous la forme de spores, pour les plonger dans un milieu gélosé contenant un extrait à l'eau de chêne vert, on observe que peu de ces champignons, levures et bactéries peuvent se développer spontanément. Une étude écologique, complétée par une identification de la flore fongique caractéristique du séchage naturel du bois de chêne dans le Bordelais, nous a permis de retenir : *Aureobasidium pullulans* comme la principale espèce et *Trichoderma harzianum* et *Trichoderma koningii* comme les principales espèces secondaires. Ces champignons possèdent à la fois la capacité de se développer sur un extrait de bois de chêne vert, de résister à des températures élevées (> 40 °C), de se procurer du glucose emprisonné dans des structures polyphénoliques complexes, et de se contenter d'une hygrométrie relativement faible (35 à 65 %).

La capacité de ces champignons à se développer sur un milieu, dont la seule source de carbone est un tanin ellagique, suggère l'existence d'activités enzymatiques de nature hétérosidasiques ⁽³⁾. Ces enzymes semblent être exocellulaires, car le poids moléculaire des tanins ellagiques ne leur permet pas d'être intégrés dans le cytoplasme des cellules mycéliennes, ou dans leur périplasme pour être hydrolysés et céder de façon intracellulaire le glucose lié. D'ailleurs, le pH optimum de l'activité enzymatique concernée est de l'ordre de 4 et peut être dosé dans des filtrats bruts de culture dont on a éliminé le mycélium par centrifugation. Nous avons distingué trois types d'activités enzymatiques en fonction du substrat intéressé. Une première activité "phénol hétérosidase" permet au champignon de libérer le glucose qui constitue l'armature centrale des ellagitanins. Une deuxième activité "coumarine héthérase" assure la transformation des coumarines hétérosidiques en aglycones et complète l'alimentation en glucose du champignon. Enfin, une troisième activité qualifiée de "aldéhyde phénol synthétase" assure, dans une certaine mesure, la dégradation des lignines et la libération des aldéhydes phénols natifs.

Si les deux premières activités sont à la fois liées à des enzymes assurant l'approvisionnement du mycélium en substrats énergétiques et à la détoxification du milieu, la dernière n'a, semble-t-il, qu'un rôle de détoxification. Très récemment, une équipe de recherche britannique a confirmé (Swann, communication personnelle) nos identifications mycologiques et leur rôle dans les transformations de

(1) Les tanins ellagiques sont des hétérosides phénoliques constitués de phénol simple (acide ellagique) fixé sur une molécule de glucose.

(2) Un depside est un ester entre deux acides phénols ; dans le Chêne et le Châtaignier, on retrouve essentiellement de l'acide digalique.

(3) Enzymes capables d'hydrolyser des substrats contenant un ou plusieurs sucres.

composés phénoliques du bois de chêne lors de son séchage naturel. Des auteurs australiens (Sefton *et al.*) ont également observé lors du séchage naturel une augmentation importante de l'eugénol (principal phénol volatil du chêne à l'odeur de clou de girofle), de la vanilline (principal aldéhyde phénol odorant du chêne) et une augmentation plus aléatoire de la whisky-lactone (gamma-lactone, principal lactone du chêne à l'odeur de noix de coco). Nous constatons actuellement un grand intérêt sur ces travaux, les différents auteurs obtenant des résultats semblables aux nôtres, dans des régions du monde fort différentes.

La mise à jour de mécanismes de type microbiologique dans le processus de séchage naturel nous a conduits à étudier la répartition de la flore au cours du temps. On remarque en effet que les premiers mois de séchage, jusqu'à 12 à 18 mois, la flore du bois est essentiellement représentée par *Aureobasidium pullulans* et *Trichoderma sp.*, mais au-delà de 2 à 3 ans, la flore fongique semble s'inverser au profit d'un nombre plus important d'espèces, qui sont alors caractéristiques des substrats ligneux en décomposition. Il s'agit d'espèces du type *Penicillium*, *Geomicetes*, *Geotrichum*, ainsi qu'un bon nombre d'autres champignons. Sur le plan écologique, tout se passe comme si on évoluait d'une flore lignicole à une flore cellulolytique.

DÉVELOPPEMENTS RÉCENTS ET PROSPECTIVE

Des travaux effectués par nous, très récemment, nous ont permis de mettre en évidence des phénomènes de compétition fort complexes qui peuvent être résumés comme suit : une première vague de microorganismes lignicoles, dont *Aureobasidium pullulans* est le plus représenté, colonise la surface du bois et détoxifie le milieu grâce à un matériel enzymatique adapté ; ensuite les thalles âgés entrent en lyse et libèrent dans le milieu, d'une part un espace pour le développement d'autres spores, d'autre part des déchets endocellulaires et pariétaux qui sont autant de facteurs supplémentaires de croissance (polysaccharides pariétaux, protéines, lipides, acides aminés, peptides...).

Ensuite, une deuxième vague de microorganismes généralement cellulolytiques, dont les *Trichoderma sp.* et les *Penicillium sp.* sont les plus caractéristiques, enrichissent le milieu et entrent en compétition avec le premier type de champignon ; cette flore secondaire possède à la fois un matériel enzymatique apte à la dégradation de la structure du bois de chêne et des activités mycotoxiques susceptibles de détruire les champignons lignicoles les premiers en place. Ces champignons cellulolytiques, plus ou moins sensibles aux composés phénoliques, trouvent sur ce milieu en partie épuré des conditions favorables à leur développement.

En citant ces derniers travaux, on ne peut s'empêcher de faire le lien entre la qualité du vin et le bois de chêne qui servira ultérieurement à son élevage. En effet, le moût de raisin entre spontanément en fermentation ; les sucres sont alors dégradés et donnent de l'éthanol sous l'action de levures fermentaires de l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* ; puis le vin entre en fermentation malolactique sous l'action des bactéries de l'espèce *Leuconostoc oenos* et son acide malique se dégrade pour former de l'acide lactique. Si, après cela, on abandonne le vin fait, il évolue progressivement sous l'effet de bactéries oxydatives (*Acetobacter aceti*) en vinaigre, par oxydation de l'éthanol en acide acétique.

Selon le même schéma, le bois mis à sécher subit d'abord un véritable affinage, pouvant être comparé à une maturation, lié aux premières vagues de champignons lignicoles. Ensuite, si le bois reste abandonné à l'extérieur, il se transforme rapidement en "déchet moisi" sous l'effet d'une nouvelle flore spécifique de ce type de transformation.

En plus de ce phénomène microbiologique, le bois exposé trop longtemps aux intempéries, aux variations de températures, se déforme et se couvre progressivement de fentes de retrait ; la perte de

bois ne se justifie plus sur le plan économique, pas même par un gain qualitatif sensible et appréciable du vin. Nous conseillons alors une durée de séchage raisonnable de 18 à 24 mois sur un parc à bois aéré, avec des piles peu élevées et une aspersion du bois durant les mois les plus secs pour assurer une activité effective des microorganismes implantés. L'emploi d'un levain fongique, produit à partir d'espèces sélectionnées pour leur adaptation et leur efficacité, est envisagé à terme.

N. VIVAS
Tonnellerie DEMPTOS
Détaché à la FACULTÉ D'ŒNOLOGIE
Université de Bordeaux II
351, cours de la Libération
F-33405 TALENCE

Y. GLORIES
Laboratoire de Chimie appliquée
FACULTÉ D'ŒNOLOGIE
Université de Bordeaux II
351, cours de la Libération
F-33405 TALENCE

B. DONÈCHE
Laboratoire de Biochimie appliquée
Unité associée INRA
FACULTÉ D'ŒNOLOGIE
Université de Bordeaux II
351, cours de la Libération
F-33405 TALENCE

BIBLIOGRAPHIE

- JOSEPH (E.), MARCHE (M.). — Contribution à l'étude du vieillissement du cognac. — *Conn. Vigne Vin*, vol. 6, n° 3, 1972, pp. 273-330.
- MARCHE (M.), JOSEPH (E.), GOIZET (A.), AUDEBERT (J.). — Étude théorique sur le cognac et son vieillissement en fûts de chêne. — *Revue française d'Œnologie*, 57, 1975, pp. 1-17.
- RÉMY (B.). — Sylviculture, tonnellerie, œnologie : les bons merrains pour les bons raisins. — *Revue forestière française*, vol. XLIII, n° 4, 1991, pp. 290-300.
- SEFTON (M.A.), FRANCIS (I.L.), POCOCK (K.F.), WILLIAMS (P.J.). — Influence of seasoning on the sensory characteristics and composition of oak extracts. *In* : Proceedings of the International oak Symposium / D. Neel and A. Young Eds. — San Francisco : State University, 1993.
- SEFTON (M.A.), FRANCIS (I.L.), POCOCK (K.F.), WILLIAMS (P.J.). — The influence of natural seasoning on the concentration of eugenol, vanillin and cis and trans β -méthyl- γ octalactone extracted from french and american oak wood. — *Sci. Aliments*, vol. 13, n° 4, 1993, pp. 629-644.
- SWANN (J.S.), REID (K.J.G.), HOWIE (D.), HOWLET (S.P.). — A study of the effects of air and kiln drying of cooperage oakwood. — *In* : Elaboration et connaissance des spiritueux / R. Cantagrel Éd. — Paris : Lavoisier (diffusion), 1993. — pp. 557-561.
- VIVAS (N.). — Le Séchage naturel du bois de chêne destiné à la fabrication des barriques. — Château-Chaintré : Demptos Éd., 1993. — 95 p. (Collection Avenir Œnologie).
- VIVAS (N.), GLORIES (Y.). — Étude de la flore fongique du Chêne *Quercus* sp. caractéristique du séchage naturel des bois destinés à la tonnellerie. — *Cryptogamie Mycologie*, vol. 14, n° 2, 1993, pp. 127-148.
- VIVAS (N.), GLORIES (Y.), DONÈCHE (B.), GUEHO (E.). — Observations sur la microflore du bois de chêne au cours de son séchage naturel. — *Annales des Sciences naturelles Botanique* (Paris), 11, 1991, pp. 149-153.