

# Conséquences du vieillissement du bois de chêne sessile (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) sur sa perception esthétique par les utilisateurs

Michela Zanetti<sup>a</sup>, Frédéric Mothe<sup>a\*</sup>, André Merlin<sup>b</sup>, Gérard Janin<sup>c</sup>,  
Gilles Le Moguédec<sup>a</sup> et Joaquim Goncalvez<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt-Bois, (LERFOB, UMR INRA-ENGREF 1092), Équipe de Recherches sur la Qualité des Bois, INRA - Nancy, 54280 Champenoux, France

<sup>b</sup> Université Henri Poincaré – Nancy 1, Faculté des sciences, LERMAB UMR INRA 1093, BP 239 54506 Vandoeuvre, France

<sup>c</sup> Universidade de BRASILIA, Faculdade de Tecnologia, Departamento engenharia Florestal, Caixa Postal : 04357, 70919-970 Brasilia, Brasil

(Reçu le 9 juillet 2001; accepté le 19 décembre 2001)

**Résumé** – Les effets d'un vieillissement du bois de chêne sessile sur sa perception esthétique ont été évalués au moyen de deux enquêtes concernant les mêmes éprouvettes, avant et après qu'elles avaient subi un cycle de vieillissement UV artificiel de 500 h. Une cinquantaine de personnes a participé à chacune des deux enquêtes, basées sur la comparaison par paires de 34 planchettes. Chaque paire a été caractérisée avant et après vieillissement par les écarts de couleur moyenne, d'homogénéité de couleur et de différents descripteurs du dessin entre les deux planchettes. Deux modèles établis par régression logistique ont été proposés pour expliquer le choix des utilisateurs à partir des caractéristiques d'une paire d'éprouvettes données, vieilles ou non vieilles. Pour le bois non vieilli, la première enquête montre que, lorsqu'on leur demande de choisir entre deux éprouvettes de chêne, les utilisateurs préfèrent celle dont la couleur est la plus claire, la plus rosée, la plus saturée et la plus homogène et dont les cernes sont les plus larges. La perception par les utilisateurs du bois vieilli est sensiblement différente : ceux-ci basent toujours leur appréciation sur les différences de clarté, de tonalité et d'homogénéité de la couleur mais la saturation et le dessin n'interviennent plus dans leur choix.

**bois / *Quercus petraea* / couleur / esthétique / enquête**

**Abstract** – Consequences of weathering on the users' aesthetic perception of oak wood (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). The effects of weathering on the aesthetic perception of oak wood (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) were assessed through interviews realised on the same specimens before and after 500 hours of artificial UV weathering. About fifty people participated to each inquiry, regarding 17 pairs of pieces. Each pair was characterised before and after weathering by the difference of mean colour, colour variations and several ring pattern descriptors between both pieces. Two logistic regression models were proposed to explain the users' choices through those measurements performed on weathered or non-weathered pairs of samples. The first inquiry, regarding non-weathered samples, showed that the users choose among two samples the one with the lightest, the more red, saturated and homogeneous colour and with the largest ring width. Regarding weathered samples, the users' perception is slightly different: they still choose considering lightness, hue and colour homogeneity differences but no more considering saturation or ring width.

**wood / *Quercus petraea* / colour / aesthetic / survey**

## 1. INTRODUCTION

Le chêne est la première essence feuillue en France, principalement le chêne sessile (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) et le chêne pédonculé (*Quercus robur* L.). Ces deux essences occupent une place très importante dans l'industrie du tranchage et sont très recherchées en ébénisterie et menuiserie. Il s'ensuit que, outre les qualités liées à ses caractéristiques physiques, mécaniques, chimiques et anatomiques, l'aspect joue un rôle fondamental pour définir la qualité de bois de chêne dans ses utilisations les plus nobles.

L'identification objective des caractéristiques les plus appréciées du matériau bois a une grande importance économique. C'est pourquoi plusieurs chercheurs se sont intéressés récemment à ce sujet au moyen d'enquêtes menées par questionnaire ou par comparaison de paires. Swearingen et al. [13] ont étudié l'appréciation par des professionnels et des consommateurs de placages de quatre essences (chênes et érables) ayant subi ou non un traitement de finition. Ils montrent que le classement des essences dépend en particulier du traitement de finition. Pakarinen [11] a cherché à comprendre ce qui rend le bois attractif pour des consommateurs finlandais par rapport à

\* Correspondance et tirés-à-part

Tél. : 03 83 39 41 45 ; fax : 03 83 39 40 69 ; e-mail : mothe@nancy.inra.fr

d'autres matériaux utilisés en ameublement. Ils montrent que, en plus des notions de sécurité et de respect de l'environnement qui sont associées au matériau bois, l'aspect joue un rôle important sur la perception et les goûts des utilisateurs.

Pour mieux comprendre le rôle de la couleur comme facteur de qualité du bois de chêne, Mazet et Janin [8] ont mené une enquête par comparaison de paires de placages chez des professionnels du bois français et italiens, d'où il ressort que la clarté et l'homogénéité de clarté sont appréciés par la majorité mais que l'appréciation de la teinte dépend du rôle ou de l'origine des professionnels. Avec la même méthode d'enquête appliquée à des frises de chêne massif, Marchal et Mothe [6] ont établi une hiérarchie des critères de choix exprimés par des consommateurs et des professionnels du bois français : la clarté et l'homogénéité de la teinte se classent juste après la nodosité et l'orientation du débit. D'autres enquêtes menées en France sur le bois de chêne de haute qualité ([5], [10]) ont montré que les bois clairs et à grain fin (c'est-à-dire à faible largeur de cerne) sont en général les plus appréciés.

La couleur du bois n'est pas immuable et est susceptible de varier sous l'action de facteurs liés à l'environnement comme l'humidité, la température, la lumière solaire et la pollution. Le vieillissement du bois dû à l'action des facteurs environnementaux est une des causes de détérioration de sa surface.

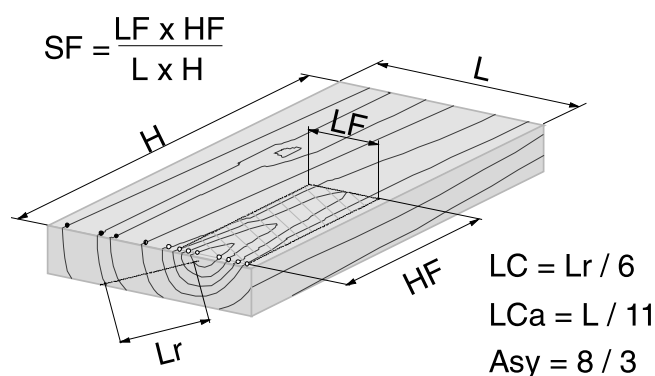
En ébénisterie et en menuiserie d'intérieur, la principale cause de vieillissement du bois est la lumière. Hon et Ifju [4] ont démontré que le rayonnement UV pénètre dans le bois jusqu'à une profondeur de 75  $\mu\text{m}$  alors que la lumière solaire visible pénètre au moins jusqu'à 200  $\mu\text{m}$ . Si l'on considère l'action de la lumière sur l'évolution de la couleur de la surface du bois, les altérations de l'aspect de la surface diffèrent d'une essence à l'autre : d'une façon générale, les bois clairs jaunissent alors que les bois foncés brunissent ou se décolorent. Le résultat macroscopique de l'interaction bois/lumière est le même pour toutes les essences : le bois perd sa couleur d'origine.

Les objets en bois sont sujets à vieillissement et subissent en conséquence une altération de leur couleur initiale. Jusqu'à présent, aucun auteur ne s'est intéressé aux conséquences de ce vieillissement sur la perception du bois par les utilisateurs. L'objectif de ce travail est donc de déterminer au moyen d'une enquête comment les utilisateurs du bois perçoivent une surface de chêne sessile et comment le vieillissement du bois influence leur choix.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'échantillonnage utilisé dans cette étude provient de 34 planches de chêne sessile (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), chacune issue d'un arbre différent. Ces 34 chênes ont été prélevés dans 15 forêts françaises réparties entre l'Est et l'Ouest de la France pour les besoins d'une étude générale sur la qualité du chêne. Une enquête préliminaire sur la perception esthétique de ces planches de chêne avait alors été effectuée [10].

Une planchette de dimension 135  $\times$  205  $\times$  7 mm a été découpée dans chacune des 34 planches, puis rabotée pour en rafraîchir la surface et obtenir une bonne planéité.



**Figure 1.** Caractérisation du dessin d'une planchette : largeur de cerne LC (mesurée ici sur 6 cernes de la section transversale), largeur de cerne apparente LCa (mesurée sur les 11 cernes visibles à l'extrémité de la planchette), coefficient d'asymétrie Asy (rapport entre les 8 cernes apparents sur la partie droite et les 3 cernes apparents sur la partie gauche), largeur LF, hauteur HF et surface SF de la zone de flamme.

Après avoir caractérisé le dessin et la couleur initiale des planchettes, une première enquête de perception a été effectuée. Les planchettes ont alors subi un cycle de vieillissement accéléré et leur aspect « vieilli » a de nouveau été caractérisé objectivement (par des mesures de couleur uniquement) puis subjectivement au moyen d'une seconde enquête.

### 2.1. Mesures effectuées sur les planchettes

Parmi les 34 planchettes utilisées 22 étaient débitées sur faux quartier, 6 sur dosse et 6 sur quartier. Pour caractériser le dessin de façon indépendante du type de débit, la largeur de cerne et la largeur de cerne apparente ont été mesurées. La largeur de cerne (LC) est mesurée classiquement sur la section transversale des éprouvettes, perpendiculairement aux limites de cernes. La largeur de cerne apparente (LCa) est le rapport de la largeur de la planchette au nombre de limites de cernes visibles à la surface, compté sur l'une des extrémités de la planchette.

Pour essayer de quantifier l'hétérogénéité du dessin, deux types de critères ont été calculés (figure 1) :

- deux mesures de largeur de cerne apparente ont été effectuées sur les deux demi-largeurs de chaque planchette. Le rapport (Asy) entre la plus grande et la plus faible des deux mesures exprime en partie l'asymétrie du dessin<sup>1</sup> ;

- une zone rectangulaire a été définie sur chaque planchette de dosse ou de faux quartier pour englober les cernes dont le dessin se présente sous la forme d'arcatures (zone de dosse pure, ou « flamme »). La largeur (LF), la hauteur (HF) et la surface relative (SF) de cette zone, estimée par le produit de LF et HF rapporté à la surface totale de la planchette, ont été mesurées.

La couleur des éprouvettes a été caractérisée dans le système CIE-Lab 1976 pour un illuminant de type A (lumière artificielle d'une lampe à filament chauffant) et l'observateur standard de 10° (angle d'ouverture du champ de vision).

<sup>1</sup> L'impression d'asymétrie peut aussi résulter d'une différence d'hétérogénéité de largeurs de cernes entre les parties droite et gauche de la planchette que le critère Asy ne permet pas de quantifier.

On obtient ainsi une représentation de la couleur dans le repère cartésien ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) :

- la clarté (ou luminance)  $L^*$  (variant de 0 pour le noir à 100 pour le blanc) ;
- $a^*$  (négatif pour le vert, positif pour le rouge) ;
- $b^*$  (négatif pour le bleu, positif pour le jaune).

Cependant, cette représentation cartésienne n'est pas recommandée lorsqu'il s'agit de comparer des couleurs [7]. Ainsi, une couleur caractérisée par un  $a^*$  élevé n'apparaîtra pas forcément plus rouge qu'une couleur présentant un  $a^*$  plus faible. Nous lui avons donc préféré la représentation cylindrique dans le repère  $L^* C^* h^*$ , en calculant les deux coordonnées suivantes à partir de  $a^*$  et  $b^*$  :

- la saturation  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ , exprimant la pureté de la couleur (nulle pour les gris, maximale pour les couleurs pures) ;
- l'angle de teinte  $h^* = \arctan(b^*/a^*)$ , exprimant la tonalité (plutôt rosée près de  $0^\circ$ , plutôt jaune près de  $90^\circ$ ).

Ces mesures de couleur ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotocolorimètre HUNTER Lab COLOR QUEST à sphère d'intégration (géométrie de mesure  $0^\circ/8^\circ$  permettant l'éclairage diffus des échantillons et la lecture de la lumière réfléchie à  $8^\circ$  par rapport à la normale). Dans les conditions utilisées, chaque mesure ponctuelle de couleur s'appliquait à une surface de  $2,6 \text{ cm}^2$ .

Afin de caractériser la couleur d'une planchette et son hétérogénéité, 12 mesures ont été réalisées sur chaque planchette. Les valeurs moyennes  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$  des douze mesures ainsi que les écarts-types correspondants  $\sigma L^*$ ,  $\sigma C^*$ ,  $\sigma h^*$  ont été calculés pour chaque éprouvette.

Ces mesures de couleur ont été effectuées une première fois sur les planchettes non vieilles puis répétées à l'identique sur les planchettes vieilles. Dans chaque cas, les mesures ont précédé de quelques jours la phase d'enquête.

## 2.2. Cycle de vieillissement

Afin de reproduire de façon accélérée les mécanismes du photovieillessement naturel, les éprouvettes ont été soumises à un cycle d'irradiation de 500 h dans une enceinte de vieillissement de construction artisanale équipée de 6 tubes fluorescents (3 tubes Philips TL03, dont le spectre d'émission est centré à  $420 \text{ nm}$  avec une largeur à mi-hauteur d'environ  $30 \text{ nm}$ , et 3 tubes Philips TL09, de spectre d'émission centré à  $360 \text{ nm}$  pour une largeur d'environ  $60 \text{ nm}$ ). Bien qu'il n'existe aucune norme réglementant ce type d'expériences, les nombreux travaux antérieurs réalisés dans le laboratoire avec ce dispositif ont permis d'établir avec une marge de sécurité importante le temps d'irradiation nécessaire pour atteindre un état stationnaire (500 h).

## 2.3. Enquêtes

Les deux enquêtes menées avant et après vieillissement des éprouvettes ont été effectuées suivant la même procédure basée sur la comparaison d'échantillons par paires. Cette méthode, facile à mettre en œuvre, permet de multiplier le nombre d'objets présentés sans pour cela trop fatiguer le participant. La comparaison ne s'applique à chaque fois qu'à deux éprouvettes, sans nécessiter de se référer à toutes les autres [7].

La répartition des 34 planchettes en 17 paires n'a pas été effectuée au hasard mais en appariant autant que possible les planchettes présentant un dessin similaire (notamment par la localisation et les dimensions de la zone de « flamme »). L'objectif était d'éviter que le dessin, supposé ne pas être affecté par le vieillissement, intervienne de façon prépondérante dans la perception des paires les plus dissemblables. Cette particularité de l'échantillonnage devra être prise en compte dans l'analyse des résultats.

**Tableau I.** Nombre de personnes interrogées au cours des deux enquêtes effectuées.

	1 <sup>re</sup> enquête (avant vieillissement)		2 <sup>e</sup> enquête (après vieillissement)	
Nombre de personnes total :	51	14 femmes 37 hommes	46	11 femmes 35 hommes
Nombre de personnes connaissant le bois <sup>(1)</sup> :	26	5 femmes 21 hommes	25	6 femmes 19 hommes

<sup>(1)</sup> Personnes ayant répondu affirmativement à la question « Estimez-vous connaître le matériau bois ? »

Les 17 paires d'éprouvettes ont été présentées à chaque individu dans un ordre établi au hasard mais identique pour tous les entretiens. Les conditions d'éclairage (correspondant à un illuminant A) ainsi que la disposition des deux planchettes ont été contrôlées autant que possible. Il était simplement demandé à la personne interrogée d'effectuer un choix esthétique, sans plus de précision, entre la planchette 1 et la planchette 2 de chaque paire ; l'acceptation ou le rejet des deux n'était pas permise. La durée d'un entretien était de 4 à 10 minutes.

La première enquête a concerné 51 personnes ; la seconde enquête, effectuée 3 mois plus tard sur les éprouvettes vieilles, a concerné 46 personnes dont 36 avaient déjà participé à la première enquête. Les deux enquêtes ont été effectuées par du personnel et des étudiants de la Faculté de Sciences de l'Université Henri Poincaré de Nancy et de l'INRA de Nancy-Champenoux. Une description sommaire de ces deux populations est présentée dans le *tableau I*. On notera la très nette prédominance des hommes dans ces populations, ce qui a probablement eu des conséquences sur les résultats. Le nombre de femmes est cependant trop réduit pour qu'il soit possible de quantifier d'éventuelles différences de comportements entre hommes et femmes.

Au cours de la première enquête, 9 personnes ont été interrogées deux fois à plusieurs heures d'intervalle afin de tester la répétabilité de leurs réponses : le taux de concordance (nombre de choix identiques / nombre de choix total) était en moyenne de 78 % et variait de 59 à 100 % suivant les individus.

Pour expliquer le choix des juges et l'effet du vieillissement de la surface sur la perception, nous avons choisi d'effectuer une régression linéaire logistique (procédure LOGISTIC du logiciel SAS 6.12 [12]), particulièrement indiquée pour ce type de données binaires (choix de l'éprouvette 1 ou 2 de la paire considérée) [1].

Le modèle utilisé pour estimer la probabilité  $P_i$  de choisir la planchette 1 d'une paire  $i$  se présente sous la forme suivante :

$$\text{logit}(P_i) = \log(P_i / (1 - P_i)) = \alpha + X_i \beta + \varepsilon_i$$

où :  $X_i$  est un vecteur de variables explicatives constitué par différence entre les mesures  $X_{i1}$  et  $X_{i2}$  effectuées sur les planchettes 1 et 2 de la paire  $i$  :  $X_i = X_{i1} - X_{i2}$  ;

$\alpha$  est une constante,  $\beta$  un vecteur de paramètres et  $\varepsilon_i$  l'erreur résiduelle.

La fonction logit permet de transformer la variable à expliquer (une probabilité variant entre 0 et 1) en une variable susceptible d'obéir à une loi normale (variant entre  $-\infty$  et  $+\infty$ ).

Ceci nous conduit à fixer la constante  $\alpha$  à 0. En effet, le vecteur  $X_i$  serait nul pour une paire constituée de deux planchettes identiques, or la probabilité de choisir l'une plutôt que l'autre doit être dans ce cas de 50 %, ce qui donne  $\text{logit}(P_i) = 0$ .

Par construction, certaines de ces variables sont fortement corrélées entre elles, ce qui risque d'entraîner une instabilité des estimations. Un test de colinéarité (effectué suivant les critères de Belsey, Kuh et Welsch [2] (dans [12]) avec la procédure de régression

**Tableau II.** Valeurs moyennes, minimales, maximales et écarts-types des mesures de couleur et de dessin effectuées sur les 34 planchettes avant vieillissement.

Variable		Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type	CV (%)
Clarté	L*	68,27	65,16	73,74	1,99	2,9
Composante rouge - vert	a*	12,10	11,31	13,36	0,46	3,8
Composante jaune - bleu	b*	24,53	23,60	25,49	0,53	2,2
Saturation	C*	27,31	26,16	28,41	0,60	2,2
Angle de teinte (°)	h*	63,80	62,11	65,41	0,78	1,2
Hétérogénéité de clarté	$\sigma L^*$	1,56	0,65	2,75	0,46	29,5
Hétérogénéité de saturation	$\sigma C^*$	0,74	0,46	1,10	0,17	23,0
Hétérogénéité de teinte (°)	$\sigma h^*$	0,44	0,27	0,83	0,13	29,5
Largeur de cerne (mm)	LC	1,82	0,95	3,08	0,60	33,0
Largeur de cerne apparente (mm)	LCa	7,56	3,57	15,10	3,06	40,5
Asymétrie du dessin	Asy	2,44	1,00	6,67	1,12	45,9
Largeur de la flamme (cm)	LF	5,66	0,00	13,50	3,43	60,6
Hauteur de la flamme (cm)	HF	14,92	0,00	20,50	7,78	52,1
Surface relative de la flamme (cm <sup>2</sup> )	SF	0,37	0,00	1,00	0,25	67,6

**Tableau III.** Valeurs moyennes, minimales, maximales et écarts-types de la valeur absolue des différences entre les planchettes 1 et 2 des 17 paires de planchettes avant vieillissement.

Variable		Valeur absolue des différences entre planchettes 1 et 2				
		Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type	CV (%)
Clarté	L*	2,13	0,43	8,37	1,87	87,8
Composante rouge - vert	a*	0,57	0,02	1,53	0,43	75,4
Composante jaune - bleu	b*	0,57	0,03	1,43	0,42	73,7
Saturation	C*	0,71	0,01	1,65	0,54	76,1
Angle de teinte (°)	h*	0,94	0,06	2,34	0,67	71,3
Hétérogénéité de clarté	$\sigma L^*$	0,59	0,08	1,44	0,38	64,4
Hétérogénéité de saturation	$\sigma C^*$	0,19	0,03	0,54	0,15	78,9
Hétérogénéité de teinte (°)	$\sigma h^*$	0,16	0,01	0,48	0,11	68,8
Largeur de cerne (mm)	LC	0,57	0,05	1,43	0,44	77,2
Largeur de cerne apparente (mm)	LCa	2,66	0,40	7,55	1,90	71,4
Asymétrie du dessin	Asy	1,15	0,24	4,42	1,00	87,0
Largeur de la flamme (cm)	LF	1,66	0,00	6,50	1,93	116,3
Hauteur de la flamme (cm)	HF	2,12	0,00	11,50	3,52	166,0
Surface relative de la flamme (cm <sup>2</sup> )	SF	0,16	0,00	0,54	0,18	112,5

linéaire multiple REG de SAS [12]) nous a amenés à éliminer plusieurs variables. En définitive seules 9 variables ont été introduites dans les régressions logistiques : la clarté (L\*), la saturation (C\*), la teinte (h\*), les hétérogénéités de clarté ( $\sigma L^*$ ) et de saturation ( $\sigma C^*$ ), la largeur de cerne (LC), l'asymétrie du dessin (Asy) et la largeur de la flamme (LF). Le modèle de régression estimant la probabilité  $P_i$  en fonction de ces 9 variables a ensuite été optimisé par élimination progressive des variables les moins significatives suivant la méthode de sélection descendante.

Cette procédure a été appliquée de façon identique et indépendante aux deux jeux de données correspondants aux enquêtes effectuées avant et après le vieillissement des éprouvettes.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

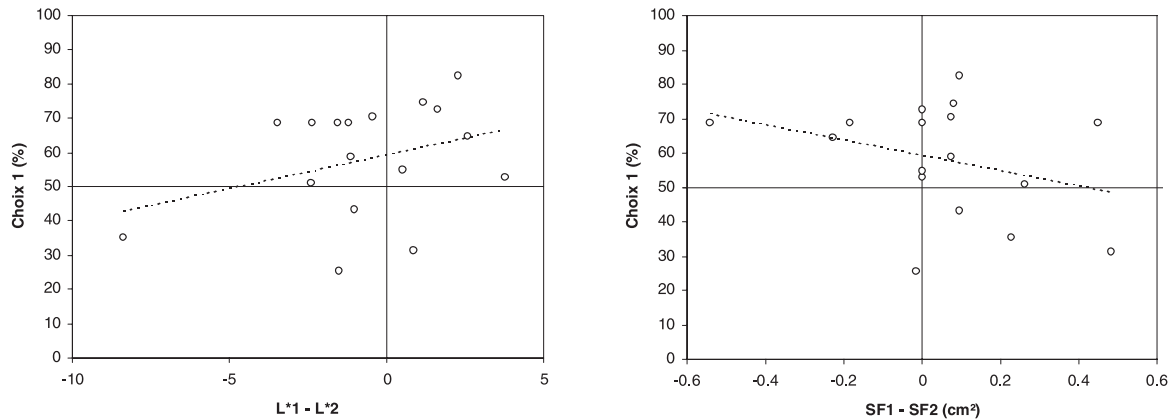
#### 3.1. Analyse de la couleur initiale et du dessin

La variabilité des mesures de couleur et de dessin caractérisant les 34 planchettes est décrite par le *tableau II*.

Les moyennes des écarts-types  $\sigma L^*$ ,  $\sigma C^*$  et  $\sigma h^*$  traduisent la variabilité des 12 mesures de couleur effectuées sur chaque planchette. Si l'on se réfère à la variabilité entre éprouvettes décrite par les coefficients de variation et écarts-types de L\*, C\* et h\* (colonnes de droite du *tableau II*) on peut constater que la clarté et surtout la saturation varient sensiblement à la surface d'une planchette (par exemple, l'écart-type entre planchettes de la saturation est de 0,60 alors que l'écart-type moyen entre les 12 mesures d'une même planchette est de 0,74). En revanche, l'angle de teinte paraît relativement homogène dans une planchette (écart-type entre planchettes de  $h^* = 0,78^\circ$ ,  $\sigma h^*$  moyen =  $0,44^\circ$ ).

Le *tableau III* décrit les différences (en valeur absolue<sup>2</sup>) entre les deux éprouvettes de la même paire. Si l'on compare les écarts-types obtenus dans les deux jeux de données (*tableaux II et III*), on constate que l'essentiel de la variabilité de la couleur est conservée sur les paires, alors que les différences de dessin entre deux éprouvettes de la même paire sont

<sup>2</sup> Le choix de l'échantillon 1 de chaque paire étant arbitraire chacune des différences peut être positive ou négative selon la paire considérée.



**Figure 2.** Relation entre le pourcentage de choix exprimé pour la planchette 1 de chaque paire et la différence de clarté ( $L^*1 - L^*2$ ) ou de surface relative de la flamme ( $SF1 - SF2$ ) entre les planchettes 1 et 2 (chaque point représente une paire de planchettes).

**Tableau IV.** Modèle logistique appliqué à la première enquête, avant vieillissement (les variables explicatives sont des différences absolues entre éprouvettes 1 et 2 de chaque paire).

Variable	Degrés de liberté	Estimation du paramètre	Erreur standard	Probabilité critique	
Clarté	$L^*$	1	0,1800	0,0377	0,0001
Angle de teinte (°)	$h^*$	1	-0,2644	0,0669	0,0001
Largeur de cerne (mm)	LC	1	0,3297	0,1108	0,0029
Hétérogénéité de saturation	$\sigma C^*$	1	-0,9573	0,3757	0,0108
Saturation	$C^*$	1	0,2370	0,0944	0,0120

nettement inférieures à l'écart-type observé sur la population complète. Ceci est une conséquence du choix que nous avons fait d'apparier préférentiellement les éprouvettes présentant des dessins similaires, mais indépendamment de leur couleur.

### 3.2. Perception du bois non vieilli par les utilisateurs (première enquête)

Parmi les 867 réponses analysées (17 paires  $\times$  51 juges), 506 (58 %) ont été exprimées pour l'élément 1 et 361 (42 %) pour l'élément 2 des paires. Idéalement, la proportion devrait être de 50 % dans les deux cas puisque la numérotation des éléments a été effectuée au hasard. Cependant, aucune des variables descriptives dont nous disposons ne met en évidence de liaison significative entre la différence observée entre l'éprouvette 1 et 2 et le choix exprimé qui permette d'expliquer ce choix préférentiel (figure 2). L'ordre de présentation – fixe dans notre protocole – ne semble pas non plus en cause puisque ce sont les paires présentées en position 6, 7, 8 et 1 qui présentent le plus fort déséquilibre en faveur de l'éprouvette 1 (l'éprouvette 1 des 8 premières paires présentées a été préférée à 63 % en moyenne contre 58 % pour les 8 dernières paires).

L'analyse logistique, conduite suivant la procédure exposée précédemment, montre pourtant que la couleur a joué un rôle important dans le choix exprimé (tableau IV). Quatre des 5 variables entrées dans le modèle concernent la couleur. Les

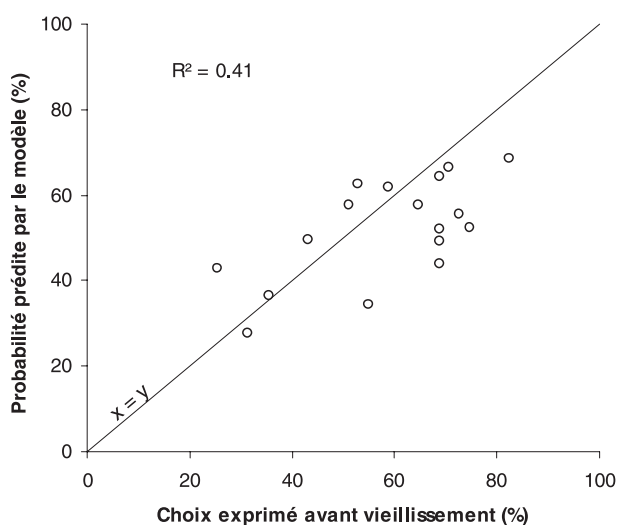
variables  $L^*$  et  $h^*$  (clarté et angle de teinte) sont les seules à présenter une probabilité critique inférieure à 1 %. Les signes des paramètres associés à ces variables permettent de conclure que les juges ont préféré l'éprouvette la plus claire, la plus rosée, la plus saturée et la plus homogène du point de vue de la saturation parmi les deux planchettes qui leur étaient présentées.

En ce qui concerne le dessin, seule la largeur de cerne semble être intervenue, les planchettes ayant une forte largeur de cerne étant préférentiellement choisies. Il s'agit d'un résultat surprenant dans la mesure où l'on considère généralement que les utilisateurs privilégient les chênes à cernes fins [5, 6]. Cependant, les éprouvettes ayant été appariées selon leur dessin, on peut suspecter qu'une différence de largeur de cerne se traduise par une orientation différente des débits [3] : l'éprouvette qui présente les accroissements les plus larges devant être plus proche d'un débit sur quartier que sa voisine pour que les deux dessins soient identiques. Cet effet de la largeur de cerne pourrait donc en réalité signifier que les juges ont préféré les éprouvettes dont l'orientation se rapprochait le plus du débit sur quartier.

Par ailleurs, la concordance entre la probabilité estimée par le modèle et le choix observé n'est que de 58,6 %, ce qui signifie probablement que d'autres critères importants (tels que la présence de défauts localisés, le « grain », la rugosité...) ont influencé le choix des juges. Le modèle permet néanmoins d'estimer avec une précision acceptable les choix exprimés par les juges (figure 3).

**Tableau V.** Valeurs moyennes, minimales, maximales et écarts-types des mesures de couleur effectuées sur les 34 planchettes après vieillissement.

Variable		Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type	CV (%)
Clarté	L*	60,80	55,97	65,35	2,03	3,3
Composante rouge - vert	a*	14,69	13,94	15,54	0,41	2,8
Composante jaune - bleu	b*	29,70	27,81	31,82	0,90	3,0
Saturation	C*	33,13	31,39	35,25	0,92	2,8
Angle de teinte (°)	h*	63,67	62,36	64,91	0,64	1,0
Hétérogénéité de clarté	$\sigma L^*$	1,22	0,39	2,60	0,41	33,6
Hétérogénéité de saturation	$\sigma C^*$	0,64	0,23	2,08	0,33	51,6
Hétérogénéité de teinte (°)	$\sigma h^*$	0,59	0,25	0,89	0,13	22,0

**Figure 3.** Relation entre le pourcentage de choix exprimé pour la planchette 1 de chaque paire avant vieillissement (première enquête) et la probabilité calculée à partir du modèle logistique (chaque point représente une paire de planchettes).

### 3.3. Évolution de la couleur sous l'effet du vieillissement

Les mesures de couleur effectuées sur les planchettes après un cycle de vieillissement UV de 500 heures sont reportées dans le *tableau V*.

En comparant ces résultats au *tableau II*, nous constatons que, sous l'effet du vieillissement, les planchettes se sont fortement assombries ( $L^*$  décroît de plus de 7 unités) et que leur couleur est devenue plus saturée ( $C^*$  augmente de 6 unités). La variation de saturation est d'autant plus marquée que les planchettes sont claires, ce qui se traduit par une inversion de la relation entre  $L^*$  et  $C^*$  dont la pente devient nettement positive après vieillissement (*figure 4*).

En ce qui concerne l'hétérogénéité (partie de droite de la *figure 4*), le vieillissement a eu des effets complexes : les variations de clarté ( $\sigma L^*$ ) se sont souvent atténuées (ce qui est conforme aux observations de Mazet et al. [9] concernant des placages de chêne) alors que les variations de teinte ( $\sigma h^*$ ) ont dans l'ensemble augmenté. L'hétérogénéité de saturation ( $\sigma C^*$ ), qui était initialement assez bien corrélée à  $\sigma L^*$ , est res-

tée globalement constante à l'exception de quelques éprouvettes qui semblent avoir varié de façon chaotique dans un sens ou dans l'autre sans pour autant se distinguer visuellement par un aspect caractéristique.

Bien que la couleur ait beaucoup évolué avec le vieillissement, les différences entre les échantillons 1 et 2 de la même paire restent en moyenne assez proches de ce qu'elles étaient avant vieillissement (*tableaux III et VI*) : les différences de clarté sont restées stables, les différences de teinte se sont légèrement réduites alors que les différences de saturation ont augmenté.

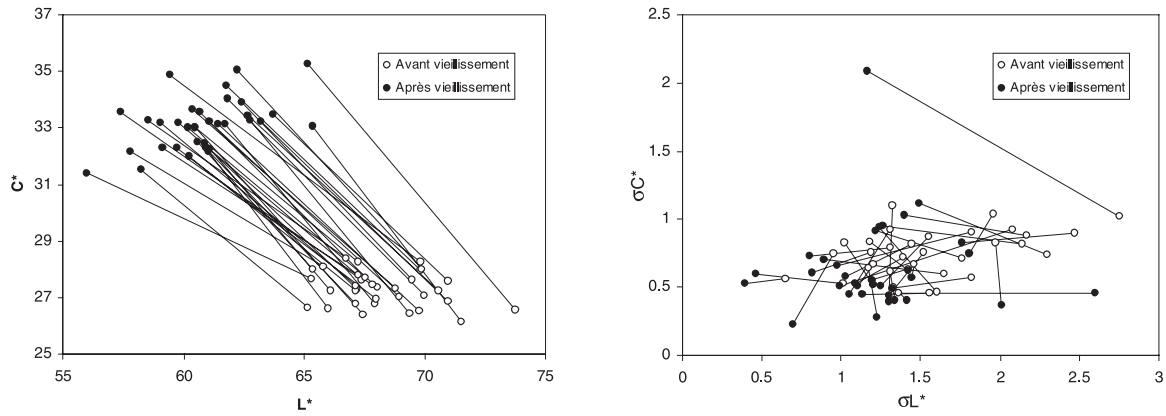
### 3.4. Évolution de la perception après vieillissement des éprouvettes (seconde enquête)

Pour estimer la variation de la perception après le vieillissement nous avons d'abord mis en relation la proportion de choix exprimée pour la planchette 1 des mêmes paires avant et après vieillissement (*figure 5*).

Même si l'on n'observe pas de bouleversement spectaculaire, il apparaît que les préférences des juges ont sensiblement varié entre les deux enquêtes. On notera en particulier que l'une des éprouvettes qui recueillait 43 % des choix dans la première enquête a été presque unanimement rejetée dans la seconde. Il s'agit d'une planchette sur laquelle une tâche claire, peu marquée initialement, est devenue bien plus apparente sous l'effet du vieillissement. Du point de vue des mesures, cela se traduit par une forte augmentation de l'hétérogénéité de clarté, contraire à la tendance générale. Il faut noter que l'on obtient un graphique quasiment identique à la *figure 5* si l'on ne tient compte que des 36 juges qui ont participé aux deux enquêtes (le coefficient de régression entre les choix moyens exprimés par l'ensemble des juges et ceux de la sous-population des 36 juges communs est supérieur à 0,96 dans les deux enquêtes). Les différences entre les enquêtes menées avant et après vieillissement ne s'expliquent donc pas par le fait que les populations de juges sont partiellement différentes.

Le biais observé dans la première enquête en faveur de l'échantillon 1 s'est légèrement réduit ici : parmi les 782 réponses analysées (17 paires  $\times$  46 juges), 425 (54 %) ont été exprimées pour l'échantillon 1 et 357 (46 %) pour l'échantillon 2 des paires.

L'analyse logistique effectuée sur cette seconde enquête conduit aux résultats présentés par le *tableau VII*. La *figure 6* montre que le modèle est plus efficace que lors de la première enquête, bien qu'il présente encore une marge d'erreur assez



**Figure 4.** Évolution avec le vieillissement de la clarté ( $L^*$ ), de la saturation ( $C^*$ ), de l'hétérogénéité de clarté ( $\sigma L^*$ ) et de saturation ( $\sigma C^*$ ) pour les 34 planchettes (chaque planchette est représentée par un bipoint).

**Tableau VI.** Valeurs moyennes, minimales, maximales et écarts-types de la valeur absolue des différences de couleur entre les planchettes 1 et 2 des 17 paires après vieillissement.

Variable		Valeur absolue des différences entre planchettes 1 et 2				
		Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type	CV (%)
Clarté	$L^*$	2,32	0,53	5,20	1,49	64,2
Composante rouge - vert	$a^*$	0,56	0,02	1,29	0,38	67,9
Composante jaune - bleu	$b^*$	0,87	0,09	2,47	0,59	67,8
Saturation	$C^*$	0,95	0,05	2,76	0,63	66,3
Angle de teinte (°)	$h^*$	0,71	0,10	1,92	0,52	73,2
Hétérogénéité de clarté	$\sigma L^*$	0,46	0,04	1,70	0,46	100,0
Hétérogénéité de saturation	$\sigma C^*$	0,37	0,01	1,68	0,40	108,1
Hétérogénéité de teinte (°)	$\sigma h^*$	0,14	0,00	0,41	0,11	78,6

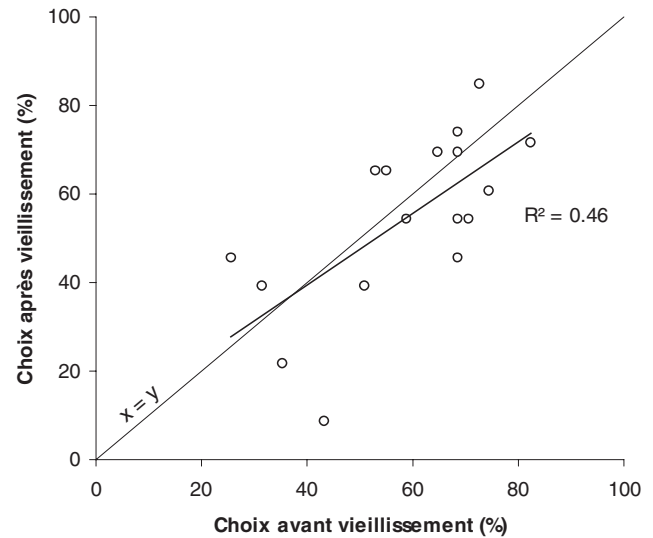
importante (concordance entre probabilités estimées et choix observés : 63,1 %).

On constate que la clarté et l'angle de teinte restent, malgré le vieillissement, des critères déterminants pour la perception de la surface. L'hétérogénéité de clarté  $\sigma L^*$  intervient en 3<sup>e</sup> position, remplaçant ainsi  $\sigma C^*$  qui semble assez mal refléter l'impression visuelle d'hétérogénéité sur les bois vieillis. Le choix des juges ne dépend plus de la saturation dont l'effet est probablement masqué par la clarté, corrélée à la saturation sur les bois vieillis comme nous l'avons observé.

En définitive, lorsqu'il s'agit de choisir entre deux éprouvettes, celle qui est restée la plus claire, la plus rosée et la plus homogène en clarté après vieillissement a été préférée. L'importance accordée par les juges aux dégradations de la couleur a conduit à éliminer le seul critère lié au dessin (LC) qui paraissait jouer un rôle sur les bois non vieillis.

#### 4. CONCLUSIONS

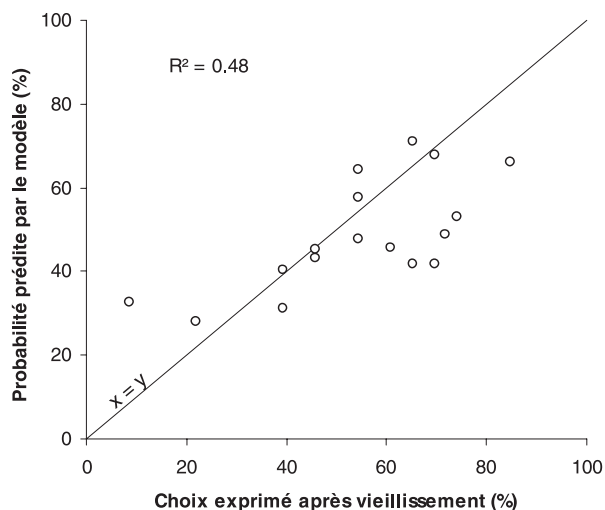
Les deux enquêtes effectuées sur des échantillons de chêne sessile (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) avant et après un cycle de vieillissement ont montré que la couleur est un critère important qui conditionne les choix des utilisateurs.



**Figure 5.** Relation entre le pourcentage de choix exprimé pour la planchette 1 de chaque paire dans les deux enquêtes menées avant et après vieillissement (chaque point représente une paire de planchettes).

**Tableau VII.** Modèle logistique appliqué à la seconde enquête, après vieillissement (les variables explicatives sont des différences absolues entre éprouvettes 1 et 2 de chaque paire).

Variable		Degrés de liberté	Estimation du paramètre	Erreur standard	Probabilité critique
Clarté	L*	1	0,2647	0,0438	0,0001
Angle de teinte (°)	h*	1	-0,7726	0,1357	0,0001
Hétérogénéité de clarté	$\sigma L^*$	1	-0,3924	0,1208	0,0012



**Figure 6.** Relation entre le pourcentage de choix exprimé pour la planchette 1 de chaque paire après vieillissement (seconde enquête) et la probabilité calculée à partir du modèle logistique (chaque point représente une paire de planchettes).

La première enquête menée avant le vieillissement montre que, lorsqu'on leur demande de choisir entre deux éprouvettes de chêne, les personnes interrogées préfèrent – par ordre d'importance décroissante – celle dont la couleur est la plus claire, la plus rosée, la plus saturée et la plus homogène. Le dessin des limites de cernes intervient également dans l'appréciation des juges qui choisissent plutôt les éprouvettes dont les cernes sont les plus larges. Cependant le protocole utilisé dans cette enquête, conçu pour amplifier l'effet de la couleur, ne permet pas d'étudier précisément le rôle du dessin.

Le cycle de vieillissement UV artificiel de 500 h qui a ensuite été appliqué aux éprouvettes a provoqué des changements de couleur remarquables : les bois sont devenus plus sombres, de couleur plus saturée et se sont homogénéisés du point de vue de la clarté.

La seconde enquête, menée alors sur les éprouvettes vieilles a montré une évolution sensible de la perception des utilisateurs. Ceux-ci basent toujours leur appréciation sur les différences de clarté, de tonalité et d'homogénéité de la couleur mais la saturation et le dessin n'interviennent plus dans leur choix.

Les variations de couleur subies par le bois jointes aux différences de comportement des utilisateurs conduisent à des différences importantes dans l'appréciation des mêmes surfaces de chêne massif avant et après vieillissement.

**Remerciements :** Nous tenons à remercier ici l'ensemble des personnes de l'INRA et de l'Université Henri Poincaré de Nancy qui ont bien voulu nous accorder un peu de leur temps pour participer à ces enquêtes. Nos remerciements vont aussi aux techniciens de l'ERQB pour leur aide et leurs conseils.

## RÉFÉRENCES

- [1] Agresti A., *Categorical Data Analysis*, University of Florida, Gainesville, Florida, John Wiley & Sons 1990, 558 p.
- [2] Belsey D.A., Kuh E., Welsch R.E., *Regression diagnostics*, New York, John Wiley & Sons, Inc 1980 (dans [12]).
- [3] De Framond L., *Figurations et qualité d'aspect des placages de Chêne français*. Mémoire de 3<sup>e</sup> année ENITEF - D.E.A. Sciences du Bois, Université de Nancy I, Station de Recherches sur la Qualité des Bois, INRA-CRF, Nancy – Champenoux, Octobre 1990, 60 p.
- [4] Hon D., Ifju G., *Measuring penetration of light into wood by detection of photo-induced free radicals*, *Wood Science* 11 (1978) 118–127.
- [5] Janin G., Ningre F., Mothe F., Imhoff A., *Les aspects des débits de Chênes guidant le choix des professionnels du bois : résultats d'enquête. Troisième journée professionnelle filière bois « L'aspect du bois de Chêne et le classement »*, ENSAM, Clunay, 12 février 1992, 8 p.
- [6] Marchal R., Mothe F., *Appréciation du bois de chêne (Quercus robur L., Quercus petraea Liebl.) par les consommateurs et les professionnels français du bois*, *Ann. Sci. For.* 51 (1994) 213–231.
- [7] Mazet J.F., *Couleur et qualité des placages de chêne et étude de leur comportement photochimique*. Thèse de doctorat, Université Nancy I, 1988, 136 p.
- [8] Mazet J.F., Janin G., *La qualité de l'aspect des placages de chênes : mesures de couleur et critères d'appréciation des professionnels français et italiens*, *Ann. Sci. For.* 47 (1990) 255–268.
- [9] Mazet J.F., Triboulot-Trouy M.C., Merlin A., Janin G., Déglise X., *Modification de la couleur du bois de chêne européen exposé à la lumière solaire*, *Ann. Sci. For.* 50 (1993) 119–146.
- [10] Nepveu G., *Rapport final de la Convention ONF-INRA 1992-1996 « Sylviculture et Qualité du bois de Chêne (Chêne rouvre) »*. Document ERQB 1998/1, 71 p.
- [11] Pakarinen T., *Success factors of wood as a furniture material*, *For. Prod. J.* 49 (1999) 79–85.
- [12] SAS Institute Inc., *SAS/STAT User's Guide Version 6*, 4th edition, Vol. 2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1989, 846 p.
- [13] Swearingen K.A., Hansen E.N., Reeb J.E., *Customer preference for Pacific Northwest hardwoods*, *For. Prod. J.* 48 (1998) 29–33.