



ANALYSE DES PERFORMANCES MECANIQUES DU DOUGLAS

INTEGRATION DES DONNEES MOKUZAI AU SEIN DE LA NF B 52-001

Les premières études de caractérisation du Douglas commencèrent au CTBA avec un prélèvement forêt sur cinq régions (Haute Normandie, Limousin, Bourgogne, Bretagne et Midi Pyrénées). Ce prélèvement assure la traçabilité entre les arbres et les éprouvettes testées. Les informations recueillies entre arbres et performances mécaniques des éprouvettes donnent des indications futures aux propriétaires forestiers pour orienter leur sylviculture.

La répartition des bois fut la suivante pour un nombre d'éprouvettes supérieures à 1900. Deux sections furent testées au cours de ces études (40*100 et 50*150 mm²) provenant de :

- 34 placettes de bois jeunes (moyenne=28 ans), soit 170 arbres
- 14 placettes de bois « âgés » (moyenne = 50 ans), soit 70 arbres

Régions administratives	Age (moyenne)	CV	Largeur moyenne des cernes (mm)	CV
Basse Normandie	40	25%	4.89	25%
Bourgogne	37	33%	5.29	20%
Bretagne	37	31%	5.32	23%
Centre	58	2%	4.77	7%
Haute Normandie	56	31%	3.94	25%
Limousin	37	25%	4.98	24%
Midi-Pyrénées	38	34%	5.13	23%
Total	42	34%	4.95	23%

Les premiers résultats ont permis de proposer des règles simples consignées dans le cahier CTBA N°128 (classes B et S) en 1986. Avec l'avènement de l'espace européen, ces règles furent optimisées en 1992 en fonction de la normalisation européenne pour proposer trois classes (ST I, ST II, ST III) au sein de la norme NF B 52-001 (cf. annexe 1).

Les rendements après vérification des performances mécaniques sont :

- ST I 7%
- ST II 38%
- ST III 22%
- Rejet 33%

Suite au développement des techniques de contrôle et à la maturation des massifs, il a été nécessaire de connaître à nouveau les performances mécaniques. L'étude MOKUZAI (menée



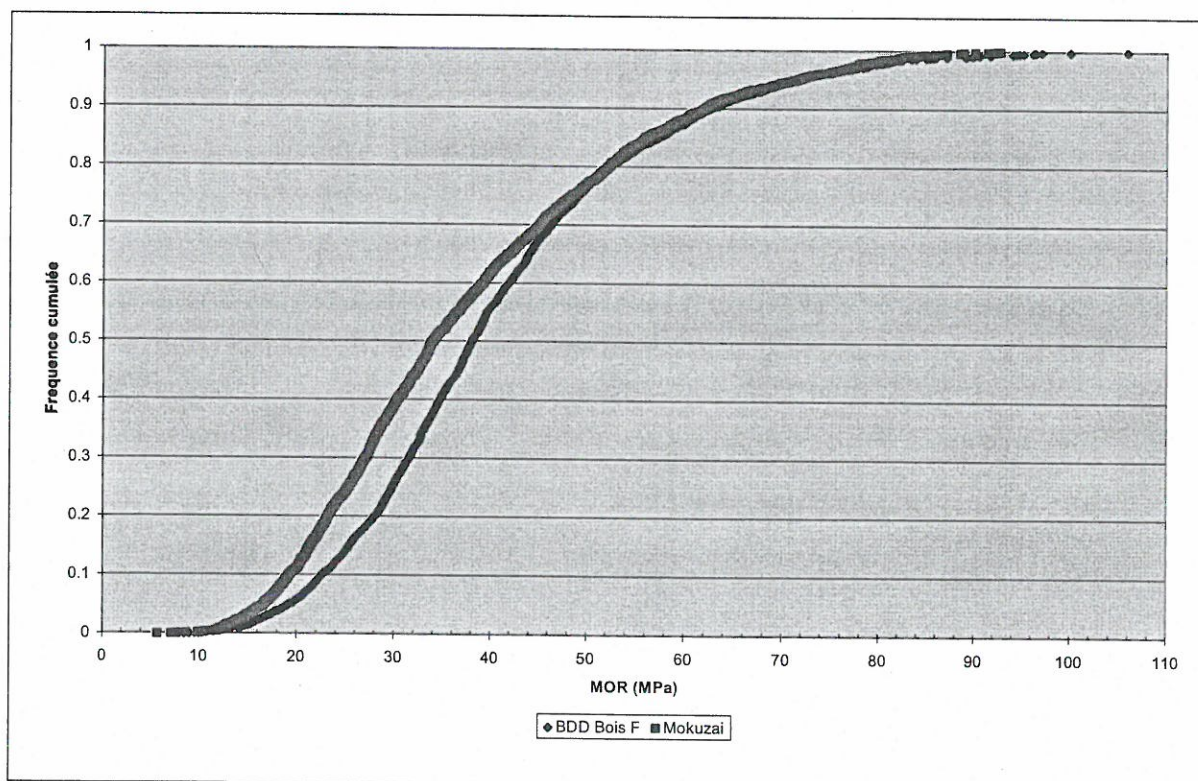
en relation avec FIBRA) nous a permis de prélever les bois directement en scierie (les grumes proviennent de trois départements) tout en gardant une information grume.

Les caractéristiques de l'échantillonnage sont les suivantes pour un nombre d'éprouvettes supérieures à 1900 (une seule section fut testée 50*150 mm²) provenant de :

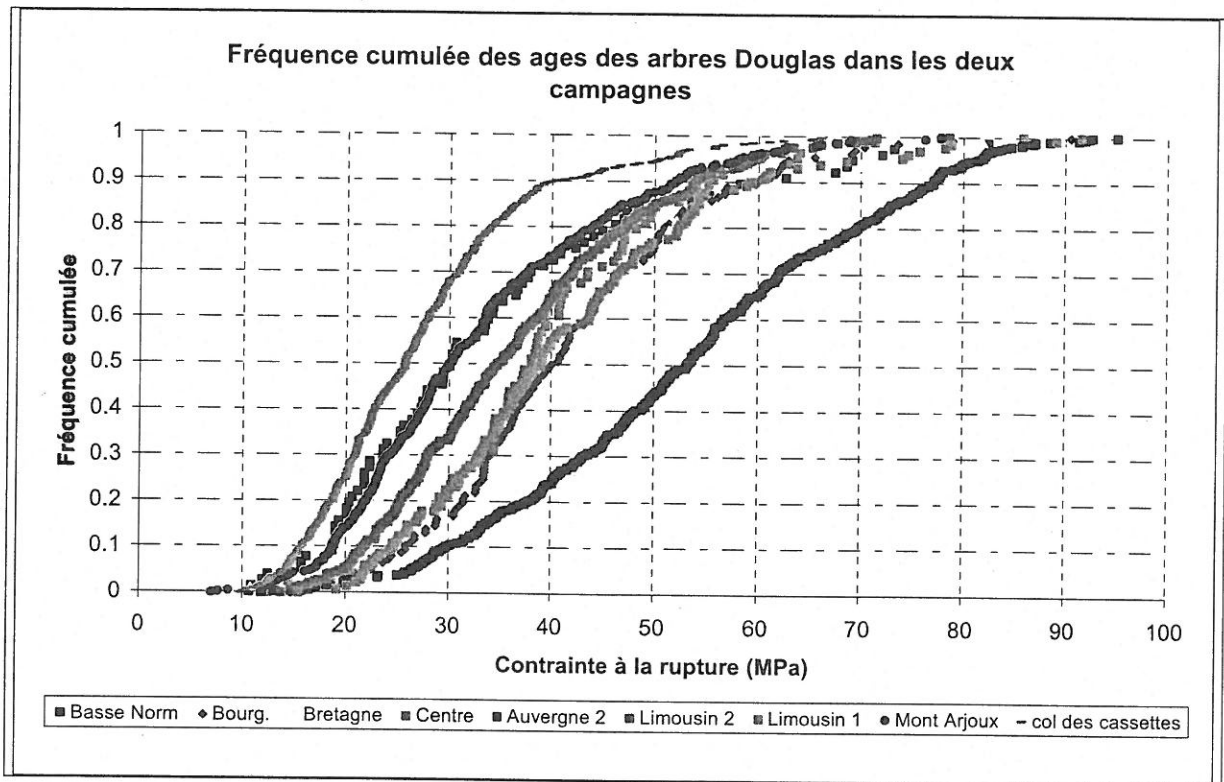
- 3 placettes, soit 124 arbres de bois jeunes (moyenne=34 ans)
- 1 placette, soit 49 arbres de bois « âgés » (moyenne = 55 ans).

Région administratives	Age (moyenne)	CV	Largeur moyenne de cernes (mm)	CV
Auvergne	66	7%	3.80	15%
Limousin	47	4%	5.09	12%
Rhône Alpes (Mont d'Arjoux)	36	5%	5.46	15%
Rhône Alpes (Col des Cassettes)	32	12%	6.20	12%
Total	45	30%	5.12	22%

La figure suivante permet de visualiser les performances mécaniques des deux prélèvements. Toutefois, l'étude MOKUZAI présente des résultats plus faibles que celles des études précédentes dans la première partie de la distribution.



Nous avons effectué les distributions pour chaque région productrice que résume le graphe suivant :



Autant le prélèvement de la région AUVERGNE 2 est très mécaniquement supérieure, autant le prélèvement du col des cassettes pénalise l'essence de par des performances plus faibles.

Le problème de l'échantillonnage est crucial dans ce genre d'étude de caractérisation d'une ressource. C'est pourquoi, lors des nouvelles études, il est nécessaire de :

- choisir un échantillon représentatif de la ressource en imposant des critères de sélection sur les arbres servant aux tests mécaniques
- consacrer le temps nécessaire et
- d'avoir la pleine implication des industriels.



1 Impact des règles NF B 52-001 de 1998

Même si l'étude MOKUZAI avait pour mission de favoriser les machines de classements du douglas, nous avons vérifié si les critères d'estimation visuelles (NF B 52-001 de 1998) s'appliquent toujours.

1.1 Etude MOKUZAI seule

Classement NFB 52001

Classes	Fractile 5% MOR (Mpa)	MOE moyen (Gpa)	Fractile 5% MV (Kg/m3)	Effectifs	Rendements (%)
ST-I	33,0	14,6	434,8	97	5%
ST-II	18,1	12,5	415,6	551	31%
ST-III	15,8	11,0	414,2	679	38%
Rejet	14,4	11,0	419,1	479	27%
TOTAL				1806	100%

Nous pouvons constater que les performances mécaniques en terme de contrainte MOR ne respectent pas les seuils des classes EN 338 :

- ST II, le seuil est de 24 MPa
- ST III, le seuil est de 18 MPa.

1.2 Intégration MOKUZAI avec l'ancienne base

Classement NFB 52001

Classes	Fractile 5% MOR (Mpa)	MOE moyen (Gpa)	Fractile 5% MV (Kg/m3)	Effectifs	Rendements (%)
ST-I	34,0	15,4	435,0	195	5%
ST-II	20,0	13,2	425,0	1041	28%
ST-III	17,6	11,9	419,4	1273	35%
Rejet	15,5	11,5	422,0	1160	32%
TOTAL				3669	100%

Nous pouvons constater à nouveau que les performances mécaniques en terme de contrainte MOR ne respectent pas les seuils des classes EN 338.:



2 Modification des règles NF B 52-001

Nous constatons que l'apport de l'étude MOKUZAI fait baisser les seuils mécaniques à l'issue d'un classement visuel. Deux voies peuvent nous permettre d'en diminuer les conséquences.

- Déclasser les pièces de coeur (élimination des pièces en bois juvénile)
- Etre stricte sur la largeur de cernes

2.1 Déclassement des pièces de coeurs (ST I et ST II vers ST III)

Nous proposons de déclasser des pièces de coeur. Les performances mécaniques par étude sont les suivantes.

2.1.1 MOKUZAI seule

Classement NFB 52001

Classes	Fractile 5% MOR (Mpa)	MOE moyen (Gpa)	Fractile 5% MV (Kg/m3)	Effectifs	Rendements (%)
ST-I	35,0	14,8	456,2	84	5%
ST-II	23,5	13,7	443,0	258	14%
ST-III	16,4	11,1	411,7	984	54%
Rejet	14,4	11,0	419,1	480	27%
TOTAL				1806	100%

Le déclassement permet de rehausser les seuils mécaniques au détriment des rendements.

2.1.2 Après intégration de l'ancienne base

Classement NFB 52001

Classes	Fractile 5% MOR (Mpa)	MOE moyen (Gpa)	Fractile 5% MV (Kg/m3)	Effectifs	Rendements (%)
ST-I	34,4	15,6	438,9	183	5%
ST-II	24,4	13,9	433,0	747	20%
ST-III	17,3	11,8	416,0	1579	43%
Rejet	15,5	11,5	422,0	1160	32%
TOTAL				3669	100%

Le déclassement permet de rehausser les seuils mécaniques au détriment des rendements.



2.2 Rejet de toutes les pièces de cœurs

Classement NFB 52001

Classes	Fractile 5% MOR (MPa)	MOE moyen (GPa)	Fractile 5% MV (Kg/m3)	Effectifs	Rendements (%)
ST-I	34.3	15.8	442.0	174	5%
ST-II	24.5	14.0	433.0	718	20%
ST-III	19.1	12.8	429.0	821	22%
Rejet	16.2	11.9	427.0	1956	52%
TOTAL				2588	100%



3 Limiter les largeurs de cernes et déclasser les pièces de coeurs

Nous proposons un déclassement des pièces de cœur (ST I et ST II vers ST III) et une limitation plus stricte des cernes à 8 mm :

3.1.1 MOKUZAI seule

Critères de classement

Classes	Acc. (mm)	Face (mm)	Face (%)	Rive (mm)	Rive(%)
ST-I	8,0	30,0	0,17	40,00	0,67
ST-II	8,0	50,0	0,50	40,00	0,67
ST-III	8,0	100,0	0,75	40,00	0,67

Classement NFB 52001

Classes	Fractile 5% MOR (Mpa)	MOE moyen (Gpa)	Fractile 5% MV (Kg/m3)	Effectifs	Rendements (%)
ST-I	35,0	14,8	456,2	84	5%
ST-II	23,4	13,8	442,8	256	14%
ST-III	16,5	11,3	413,3	925	51%
Rejet	14,4	10,7	415,6	541	30%
TOTAL				1806	100%

3.1.2 Après intégration de l'ancienne base

Classement NFB 52001

Classes	Fractile 5% MOR (Mpa)	MOE moyen (Gpa)	Fractile 5% MV (Kg/m3)	Effectifs	Rendements (%)
ST-I	34,4	15,6	438,9	183	5%
ST-II	24,4	13,9	433,0	745	20%
ST-III	17,7	11,9	417,6	1520	41%
Rejet	15,4	11,4	419,2	1221	33%
TOTAL				3669	100%

Le déclassement et la limitation des cernes permet d'atteindre les seuils mécaniques au détriment des rendements.



4 Rejet de toutes les pièces de cœur

On garde cependant les largeurs de cernes inférieures ou égales à 8mm.

Classement NFB 52001

Classes	Fractile 5% MOR (MPa)	MOE moyen (GPa)	Fractile 5% MV (Kg/m3)	Effectifs	Rendements (%)
ST-I	34.3	15.8	442.0	174	5%
ST-II	24.7	14.2	436.0	631	17%
ST-III	19.3	13.2	432.9	624	17%
Rejet	16.9	11.9	425.9	22409	61%
TOTAL				2588	100%

5 Conclusions :

Force est de constater que les seuils de la NF B 52-001 ne respectent plus les performances mécaniques des trois classes ST I, ST II, ST III avec l'apport des éprouvettes testées durant l'étude MOKUZAI. Deux raisons coexistent :

- Le prélèvement direct en scierie ne présente que des désavantages car il suffit de tomber sur une parcelle qui présente des arbres de qualités mécaniques médiocres pour faire chuter les rendements.
- Il faudra vérifier si les bois fournis n'ont pas subi des préjudices externes (tempêtes, ...).

Face à la révision de la NF B 52-001, deux stratégies peuvent se négocier :

- France DOUGLAS ne souhaite pas la modification des seuils de la norme avec un risque de pathologies. Le principe de précaution sera appliqué, le CTBA exclura le Douglas de la nouvelle norme.
- France DOUGLAS accepte les modifications mais cela impose des rejets conséquents qui risque de perturber les 1ere transformations des autres essences. Le travail analytique sur les données nous permet de proposer un nouveau tableau du tri par méthode visuelle en :
 - éliminant toutes les pièces de cœurs des catégories ST I et ST II vers ST III.
 - Limitant les largeur de cernes à 8mm

Classe	NF B 52-001 (1998)	NF B 52-001 (2005)
ST I	7%	5 %
ST II	38%	20 %
ST III	22%	41 %
Rejet	33%	33 %



Le problème de l'échantillonnage est crucial dans ce genre d'étude de caractérisation d'une ressource. C'est pourquoi, lors des nouvelles études, il est nécessaire pour obtenir les éprouvettes représentatives d'y consacrer le temps nécessaire et d'avoir la pleine implication des industriels.



6 Annexe 1 : Rappel des règles de classement du douglas selon la NF B 52-001 (douglas) 1998

Classes	ST-I ⁽¹⁾	ST-II	ST-III
CRITERES			
	Largeur des cernes d'accroissement (mm)		
	≤ 8	≤ 10	≤ 12
	Diamètre des nœuds		
Sur la face ⁽²⁾	∅ ≤ 1/6 de l et ≤ 30 mm	∅ ≤ 1/2 de l et ≤ 50 mm	∅ ≤ 3/4 de l et ≤ 100 mm
sur la rive ⁽²⁾	∅ ≤ 2/3 de l'épaisseur de la rive ∅ ≤ 40 mm		
	Fentes ⁽³⁾		
traversantes	longueur ≤ deux fois la largeur de la pièce		longueur ≤ 600 mm
non traversantes	longueur ≤ moitié de la longueur de la pièce		non limitée
	Grosse poche de résine		
	non admise	admise si < 80 mm	
	Entre-écorce		
	non admise		
	Pente de fil (en fraction)		
locale	1:10		1:4
générale	1:14		1:6
	Flaches		
longueur	non admises	< 1/3 de la longueur de la pièce et < 100 cm	
largeur		< 1/3 de l'épaisseur de la rive	
	Altérations biologiques		
bleu - traces de gui	Admis		
piqûres noires	Admises si elles apparaissent sur une seule face		
échauffure	Non admise		
	Déformation maximale en mm pour une longueur de 2 m		
flèche de face (mm)	< 10		< 20
flèche de rive (mm)	< 8		< 12
Gauchissement	1 mm / 25 mm large		2 mm / 25 mm large
Tuilage	pas de restrictions		
<p>1) Pour le Douglas uniquement dans les sections inférieures à 50*150 mm, les pièces contenant de la moelle sont exclues et donc déclassées en ST II. Cette mesure tient compte de la relative jeunesse du massif de cette essence, et pourra donc être révisée lorsque des éléments nouveaux le permettront,</p> <p>2) I = largeur de la pièce, e = épaisseur de la rive,</p> <p>3) La longueur des fentes est liée à l'humidité et par conséquent, les limites données au tableau sont seulement applicables au moment du classement.</p>			



7 Annexe 2 : Rappel des règles de classement du douglas selon la NF B 52-001 (douglas) 2005

Classes	ST-I ⁽¹⁾	ST-II ⁽¹⁾	ST-III
CRITERES			
	Largeur des cernes d'accroissement (mm)		
	≤ 8	≤ 8	≤ 8
	Diamètre des nœuds		
Sur la face ⁽²⁾	∅ ≤ 1/6 de l et ≤ 30 mm	∅ ≤ 1/2 de l et ≤ 50 mm	∅ ≤ 3/4 de l et ≤ 100 mm
sur la rive ⁽²⁾	∅ ≤ 2/3 de l'épaisseur de la rive ∅ ≤ 40 mm		
	Fentes ⁽³⁾		
traversantes	longueur ≤ deux fois la largeur de la pièce		longueur ≤ 600 mm
non traversantes	longueur ≤ moitié de la longueur de la pièce		non limitée
	Grosse poche de résine		
	non admise	admise si < 80 mm	
	Entre- écorce		
	non admise		
	Pente de fil (en fraction)		
locale	1:10	1:4	
générale	1:14	1:6	
	Flaches		
longueur	non admises	< 1/3 de la longueur de la pièce et < 100 cm	
largeur		< 1/3 de l'épaisseur de la rive	
	Altérations biologiques		
bleu - traces de gui	Admis		
piqûres noires	Admises si elles apparaissent sur une seule face		
échauffure	Non admise		
	Déformation maximale en mm pour une longueur de 2 m		
flèche de face (mm)	< 10		< 20
flèche de rive (mm)	< 8		< 12
Gauchissement	1 mm / 25 mm large		2 mm / 25 mm large
Tuilage	pas de restrictions		
<p>1) Pour le Douglas uniquement dans les sections inférieures ou égales à 50*150 mm, les pièces contenant de la moelle sont exclues et donc déclassées en ST III. Cette mesure tient compte de la relative jeunesse du massif de cette essence, et pourra donc être révisée lorsque des éléments nouveaux le permettront,</p> <p>2) l = largeur de la pièce, e = épaisseur de la rive,</p> <p>3) La longueur des fentes est reliée à l'humidité et par conséquent, les limites données au tableau sont seulement applicables au moment du classement.</p>			