

# Impact des éclaircies tardives sur le risque de roulures dans les taillis de châtaignier

TELECHARGEMENT GRATUIT SUR LE SITE  
[www.foretpriveefrancaise.com](http://www.foretpriveefrancaise.com)

## COMPLEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

*Cousseau Guillaume*

*Etudiant FIF-ENGREF 2003-2006 (14<sup>ème</sup> promotion)*

Stage encadré par le FOGEFOR de référence de l'Aisne,  
le SUF-IDF, le Groupe de Travail National Châtaignier

*Projet réalisé en 2006 avec la collaboration de*

## Sommaire

<b>Sommaire .....</b>	<b>1</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>1- Etude de la roulure en Limousin (IDF, C. Riboulet, 1990).....</b>	<b>3</b>
1.1- Les objectifs.....	3
1.2- La zone d'étude .....	3
1.3- Méthodologie et protocole.....	4
1.4- Description de l'échantillonnage.....	4
1.5- Résultats .....	5
1.5.1- Le taux de roulure en Limousin.....	5
1.5.2- La variabilité spatiale de la roulure .....	6
1.5.3- Distribution des placettes suivant le taux de roulure.....	6
1.5.4- Distribution de la hauteur de propagation de la roulure .....	7
1.5.5- Analyses des variables – Relation roulure, station, peuplement .....	7
1.5.6- Un outil d'évaluation économique .....	8
1.6- Discussion.....	9
<b>2- Etude de la roulure en Bretagne (G. Pichard, 1989) .....</b>	<b>10</b>
2.1- Contexte.....	10
2.2- La zone d'étude .....	10
2.3- Le jeu de données disponibles.....	10
2.4- Les résultats .....	11
2.4.1- L'impact de la roulure en Bretagne .....	11
2.4.2- La distribution spatiale de la roulure en Bretagne.....	12
2.4.3- La roulure et les variables dendrométriques.....	12
2.4.4- La roulure et l'humus .....	14
2.5- Discussion : clé de risque .....	14
<b>3- La résistance mécanique radiale, la largeur de cernes et la roulure .....</b>	<b>16</b>
3.1- Contexte.....	16
3.2- Méthodologie.....	16
3.3- Résultats .....	17
3.4- Conclusion.....	19



## Introduction

Trois "nouvelles" études viennent s'ajouter à la littérature actuelle.

Les deux premières ont été réalisées en Limousin par Christian Riboulet (expert forestier) et le SUF-IDF et en Bretagne par Gilles Pichard (technicien CRPF). C'est sans conteste parmi les études les plus importantes (160 placettes). Leur particularité réside dans leur approche globale (étude roulure, station, peuplement). Elles ne cherchent pas à expliquer les mécanismes conduisant à la roulure mais tentent de mettre en avant les facteurs qui la prédisposent au sein d'une région.

La troisième fut réalisée par Guillaume Cousseau et Ernst Zürcher en juillet 2005 à la Haute école d'architecture, de génie civil et du Bois à Bienne (Suisse). Elle a pour objectif de faire le lien entre les propriétés mécaniques et la roulure.

## Remerciements

Nous tenons à nouveau à remercier sincèrement Gilles Pichard, technicien forestier au CRPF Ile et Vilaine de nous avoir confié les données patiemment accumulées depuis 15 ans.

Par ailleurs, nous saluons et remercions Askolds Vilks, maître de conférence à l'Université de Limoges d'avoir conservé durant plusieurs années ces précieuses données acquises dans le cadre de l'étude de la roulure en Limousin. Enfin, nous portons notre reconnaissance à Christian Riboulet pour sa participation à la discussion et à la critique des résultats obtenus puis à l'aide fournie dans l'initiation du projet « l'impact des éclaircies sur le risque de roulure ».

## 1- Etude de la roulure en Limousin (IDF, C. Riboulet, 1990)

Cette étude fut lancée en 1987 en Limousin par l'Institut pour le Développement Forestier. La mise en œuvre technique fut réalisée par Christian Riboulet, expert forestier à Limoges. Celle-ci s'arrêta avant son terme au début des années 1990. Depuis cette date, les données acquises (55 placettes), n'avaient fait l'objet d'aucune analyse. C'est par hasard que le dossier fut ré-ouvert en 2003 sous la suggestion d'Askolds Vilks, Maître de conférence à l'Université de Limoges, disposant du jeu de données.

Nous avons effectué (Guillaume Cousseau et Jean Lemaire du SUF-IDF) l'analyse statistique en 2004-2005.

### 1.1- Les objectifs

Les objectifs de cette vaste entreprise étaient multiples et complémentaires :

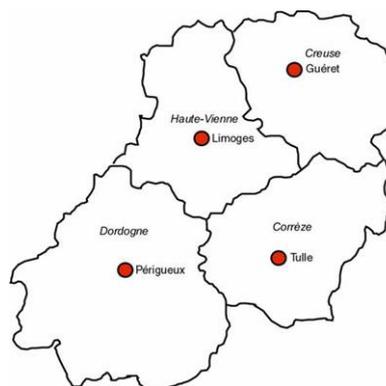
- (1) Appréhender la fréquence et la répartition de la roulure dans les peuplements de châtaignier en Limousin ;
- (2) Identifier des paramètres stationnels susceptibles d'expliquer la roulure ;
- (3) Identifier l'influence des paramètres dendrométriques ;
- (4) Dans le cadre de l'élaboration d'outils simplifiés de gestion forestière comme le catalogue de station peut-on déterminer des critères aisément utilisables sur le terrain ?

### 1.2- La zone d'étude

L'étude s'est effectuée sur **55 placettes** réparties au sein de 5 départements ; la Haute-Vienne, la Corrèze, la Creuse, la Dordogne et la Charente (cf. Tableau n°1).

Tableau n 1 : Distribution des placettes par département

Département	Nombre de placettes
Haute-Vienne	30
Creuse	11
Corrèze	7
Dordogne	5
Charente	2
Total	55



### 1.3- Méthodologie et protocole

L'échantillonnage ne répond pas à des exigences précises mais résulte des opportunités de terrain (disponibilité du matériel, accord du propriétaire...). Il n'y a **pas eu de stratification** de l'échantillonnage en fonction de l'âge ou du type de station.

Le protocole très complet peut être résumé de la façon suivante. Trois étapes sont nécessaires pour la réalisation d'une placette (cf. Figure n°1) (environ une semaine de travail) :

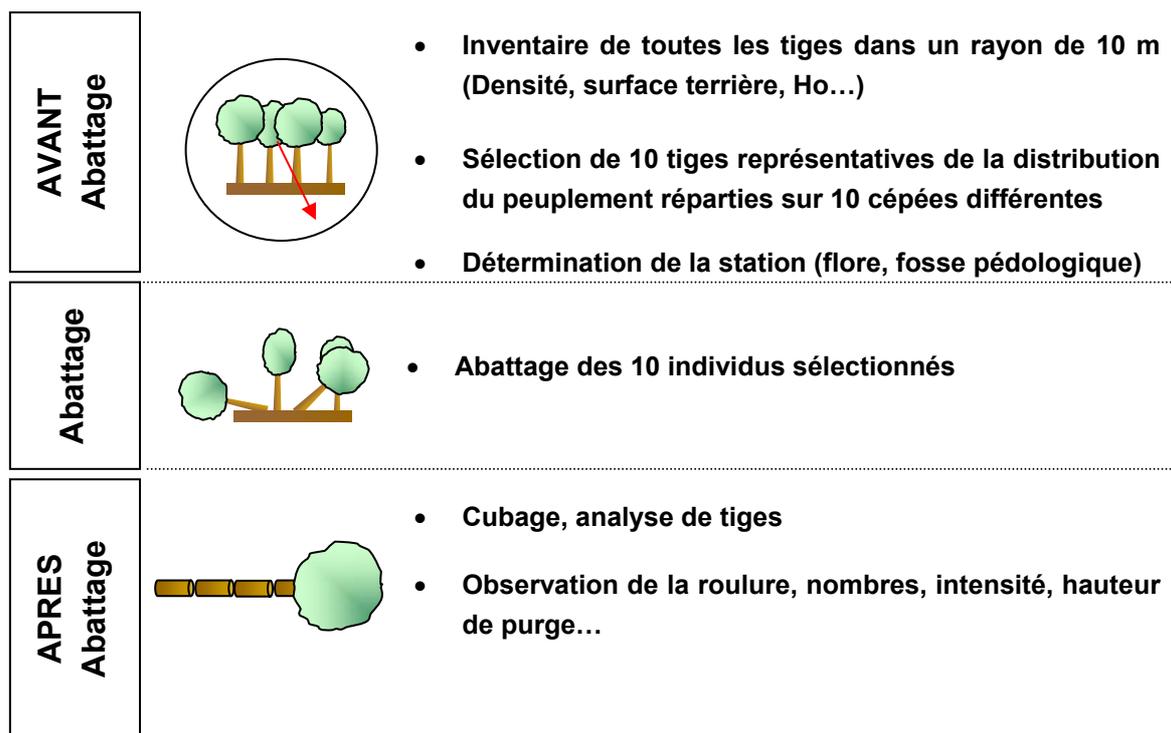


Figure n°1 : Protocole utilisé dans le cadre de l'étude en Limousin

Le protocole de l'étude « Quel est l'impact des éclaircies sur le risque de rouleur ? » répond aux mêmes principes que ce dernier.

### 1.4- Description de l'échantillonnage

L'étude a porté sur des **taillis non éclaircis** dont l'âge était compris entre **25 et 45 ans**. La densité est toujours supérieure à 1000 tiges/ha démontrant ainsi **l'absence de sylviculture**. L'amplitude des circonférences moyennes est alors restreinte et se répartit normalement entre **30 et 55 cm**. Les placettes se distribuent équitablement dans les **quatre premières classes de fertilité** (cf. Figure n°2).

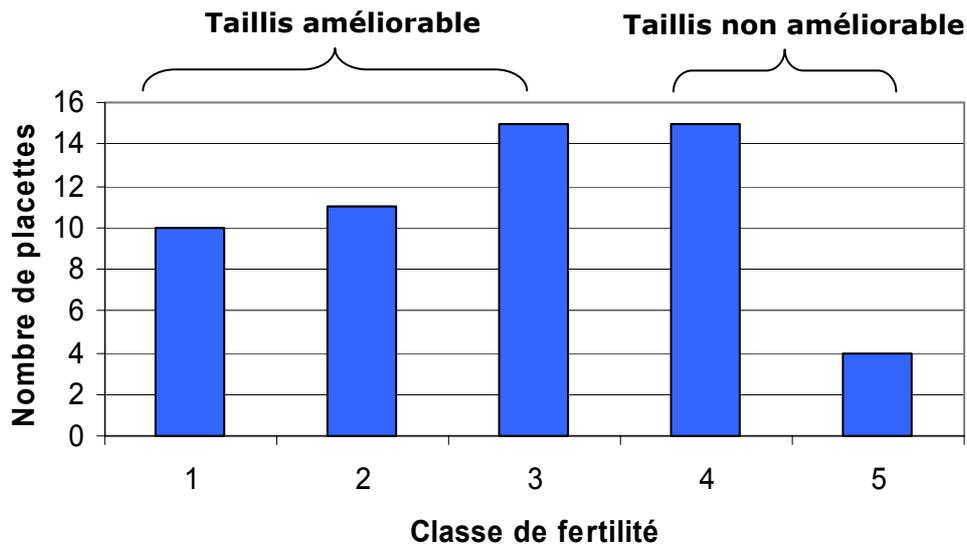


Figure n°2 : Distribution des placettes suivant l'indice de fertilité. Nota : Classe 1 : « Bonne fertilité », Classe 2 à 3 : « Fertilité moyenne », Classe 4 et 5 : « Stations médiocres aux potentiels limités ».

## 1.5- Résultats

### 1.5.1- Le taux de roulure en Limousin

Tableau n°2 : Taux moyen de roulure en Limousin

	Proportion de la roulure en Limousin
Effectifs	55
Moyenne	32%
Coefficient de variation	87%
Minimum	0%
Maximum	100%

En moyenne, **32% des tiges sont roulées** (cf. Tableau n°2). Ce résultat est cohérent avec l'étude de Chanson (1988) rapportant que 28% de tiges sont roulées en Limousin. Le coefficient de variation observé, 87%, étaye la bibliographie en démontrant que la **roulure est un phénomène variable**.

Cette même étude (Chanson, 1988) mettait en évidence **une forte variabilité géographique**. Il est intéressant de vérifier ce fait entre les départements.

### 1.5.2- La variabilité spatiale de la roulure

En effet, la moyenne dissimule d'importantes disparités (cf. Figure n°3). Le taux de roulure observé en Corrèze atteint 70%. En revanche, le taux de roulure oscille entre 20 et 35% en Creuse, Haute-Vienne et Dordogne.

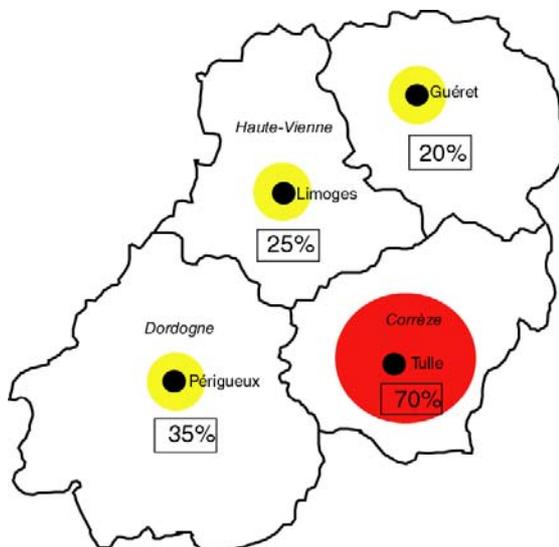


Figure n°3 : Effet régional sur le taux de roulure (n=55)

Comme il est exposé dans la première partie du présent rapport, le châtaignier est très lié à l'histoire des hommes et à leurs usages. Cela est d'autant plus vrai dans les régions où cette essence est implantée depuis longtemps, comme en Limousin. Le « feuilardage<sup>1</sup> » par exemple peut conduire à surexploitation de la ressource du sol et à l'épuisement des souches. **L'histoire des peuplements** est une hypothèse vraisemblable pour expliquer la variabilité de la roulure.

### 1.5.3- Distribution des placettes suivant le taux de roulure

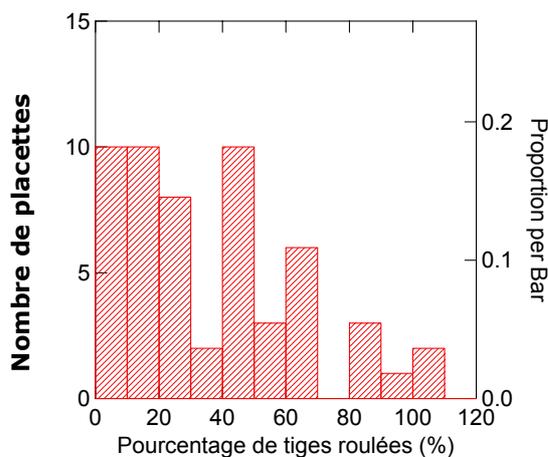


Figure n°4 : Distribution de la roulure en Limousin (n=55)

<sup>1</sup> Taillis à très courte rotation dont les perches sont destinées à être fendues. Les lattes obtenues sont alors utilisées pour le cerclage (décoratif) des barriques.

La roulure est **récurrente** dans les taillis de châtaignier (cf. Figure n°4). **Moins de 20% des placettes sont indemnes de roulures**. La proportion d'arbres roulés est supérieure à 10% dans environ 60% des cas. On remarquera la distribution suivie par la roulure. Cette dernière ne suit pas une loi normale comme bon nombre de variables biologiques.

### 1.5.4- Distribution de la hauteur de propagation de la roulure

Au-delà de la proportion d'arbres roulés, c'est la hauteur de purge qui importe lors de la commercialisation de bois. La figure ci-dessous fait figurer la distribution de la hauteur de la roulure.

	Hauteur moyenne
n	127
Minimum	0,1 m
Maximum	3,7 m
Moyenne	0,896 m
CV %	79%

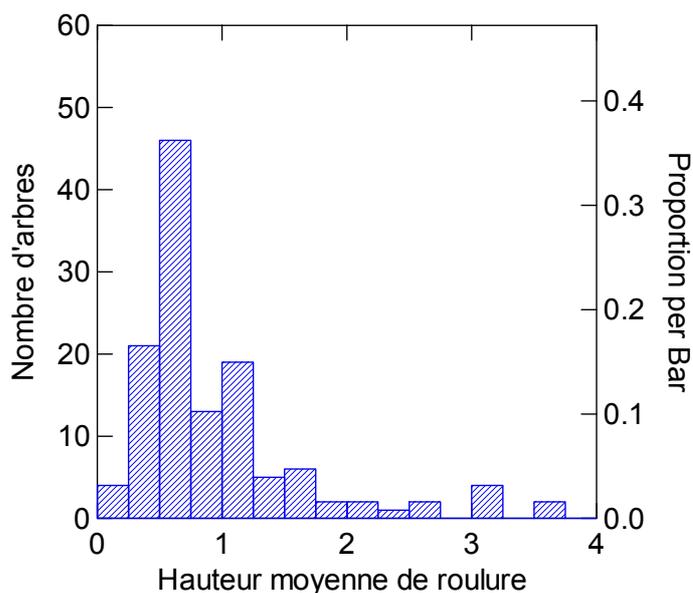


Figure n°5 : Distribution de la hauteur de propagation de la roulure.

La hauteur moyenne de purge est d'environ 90 cm (cf. Figure n°5). Elle peut se propager dans l'arbre jusqu'à une hauteur de 3,7 m. **La hauteur de roulure n'excède pas 1 m dans 66% des cas.**

### 1.5.5- Analyses des variables – Relation roulure, station, peuplement

Après les différentes étapes traditionnelles de traitements statistiques (ACP, régression, etc.) **aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre les variables dendrométriques, les variables stationnelles et la roulure.**

Le graphique suivant l'illustre (cf. Figure n°6).

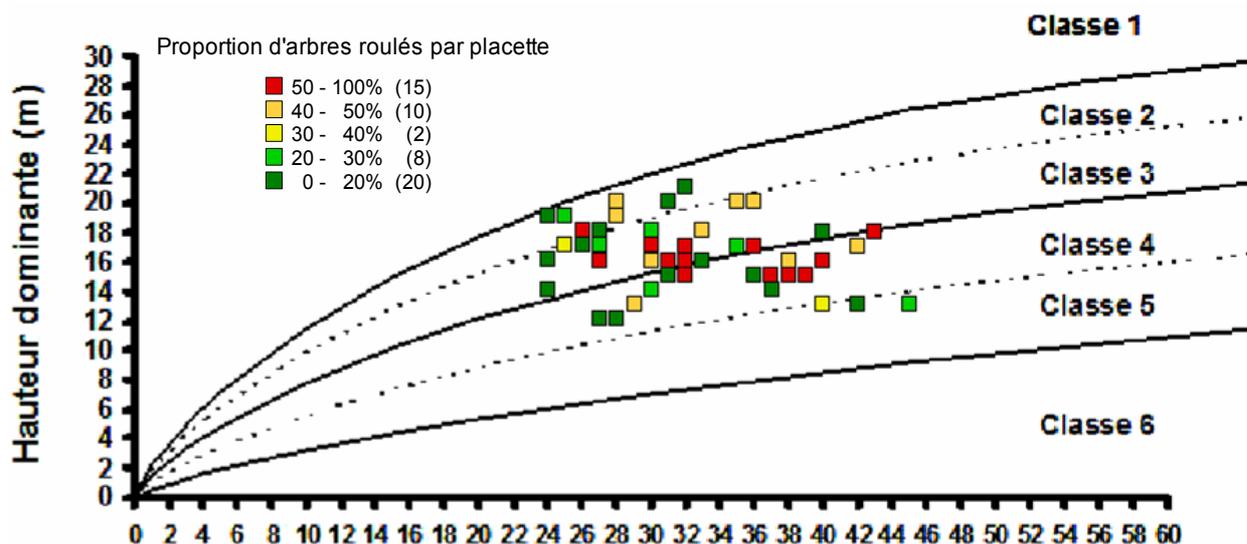


Figure n°6 : Fréquence de la roulerie en fonction de l'âge et de l'indice de fertilité en Limousin

Cette étude, au regard des précédentes menées dans ce sens, confirme la **difficulté d'établir les relations dans le système peuplement-station-roulerie**.

### 1.5.6- Un outil d'évaluation économique

A défaut de comprendre les mécanismes et d'identifier les facteurs qui prédisposent à la roulerie, l'étude de Christian Riboulet et du SUF-IDF apporte un nouvel élément. Elle permet d'évaluer la proportion de volume roulé à partir de l'observation des culées. En effet, il existe une **relation directe et linéaire entre la proportion d'arbres roulés et la proportion de volume roulé** (cf. Figure n°7).

La figure suivante met en relation la proportion d'arbres roulés et la proportion de volume roulé.

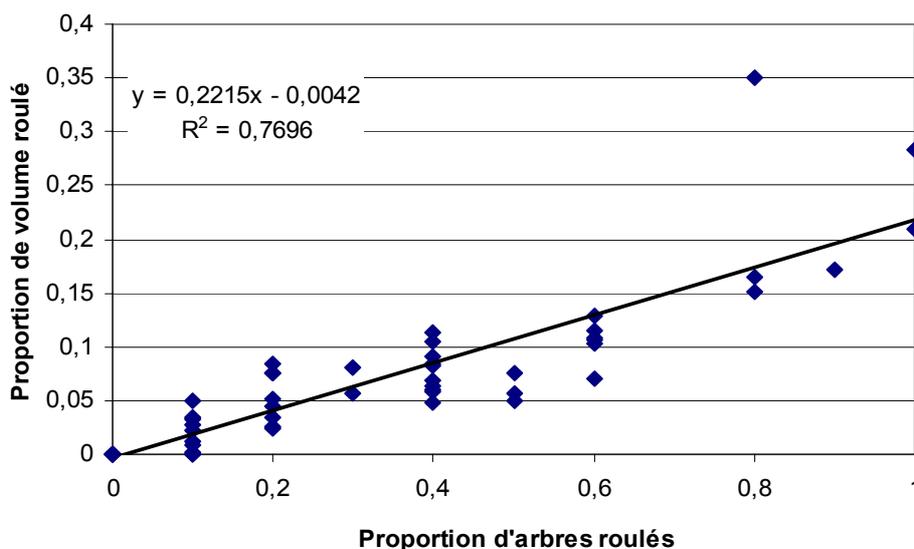


Figure n°7 : Relation entre la proportion d'arbres roulés et la proportion de volume roulé.

En évaluant la proportion d'arbres roulés sur le parterre de la coupe, on peut estimer la proportion moyenne de volume roulé et ainsi approcher la perte de valeur économique. La relation est simple, il suffit d'affecter à la proportion d'arbres roulés le facteur 0,22.

Ainsi,

$$\text{Proportion de volume roulé} = \text{Proportion d'arbre roulé} \times 0,22$$

Cette relation simple permet d'évaluer très rapidement la perte de volume provoqué par la roulure dans un lot de bois. Elle constitue un repère rationalisant l'estimation de la perte de valeur économique.

## 1.6- Discussion

Cette étude ambitieuse ne permet pas d'identifier les facteurs prédisposant la présence de roulure dans les taillis de châtaignier en Limousin. Aucun facteur ne ressort de l'analyse. En Limousin, au regard des résultats, on ne peut pas prévoir a priori la roulure à partir des paramètres stationnels et sylvicoles. Au regard de ce conséquent travail et de l'importance de l'échantillonnage (n=55 placettes), l'absence de résultats nous interpelle. Pourquoi aucune relation n'a pu être identifiée entre la station, le peuplement et la roulure alors qu'elle est souvent admise ?

Plusieurs réponses sont possibles :

- La méthodologie employée peut être discutée. Faut-il échantillonner par strates ? L'échantillonnage « opportuniste » est-il une bonne solution ?
- L'amplitude des âges n'était pas assez importante pour voir apparaître une tendance.
- Il est probable que l'effet stationnel soit dissimulé par un autre facteur. Les taillis non éclaircis sont sous contraintes. Il est probable que la concurrence s'exerçant très tôt dans la vie du peuplement homogénéise les conditions de croissance et annihile l'effet d'autres variables.

## 2- Etude de la roulure en Bretagne (G. Pichard, 1989)

### 2.1- Contexte

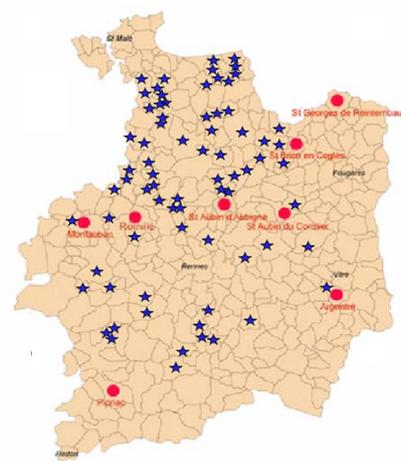
Depuis le début des années 1990, Gilles Pichard, technicien au CRPF du département d'Ile et Vilaine, a observé l'incidence de la roulure sur les peuplements de châtaignier en **Bretagne** à la faveur des exploitations et de ses tournées de terrain. Les observations étaient effectuées soit sur le parterre de la coupe soit sur place de dépôts. **106 placettes** ont été réalisées et réparties entre les quatre départements bretons.

Comme pour l'étude en Limousin, nous avons effectué (Jean Lemaire, du SUF-IDF, et Guillaume Cousseau) l'analyse statistique en 2005.

### 2.2- La zone d'étude

Tableau n°3 : Distribution départementale des placettes de l'étude Bretagne

Département	Nombre de placettes	%
Côtes d'Armor (22)	17	16%
Finistère (29)	4	4%
Ile et Vilaine (35)	76	72%
Morbihan (56)	5	5%
Inconnu	4	4%
TOTAL	106	100%



Prêt de  $\frac{3}{4}$  des placettes ont été réalisées dans le département de l'Ile et Vilaine (cf. Tableau n°3). La répartition des placettes au sein de ce département figure ci-contre.

### 2.3- Le jeu de données disponibles

A partir de ces relevés, 11 variables ont été définies. Certaines données sont manquantes. Le tableau ci-dessous fait figurer le jeu de données disponibles (cf. Tableau n°3).

Tableau n°4 : Jeu de données disponibles pour l'étude en Bretagne

	Roulure	Age	Volume moyen	Structure du peuplement	Précédents culturaux	Humus	Texture du sol	Structure du sol	Profondeur du sol	Hydromorphie	Géologie
Roulure	105										
Age	104	105									
Volume moyen	76	75	76								
Structure du peuplement	104	104	76	105							
Précédents culturaux	84	86	60	85	86						
Humus	97	97	72	97	81	98					
Texture du sol	103	102	74	102	84	96	103				
Structure du sol	83	84	56	83	71	80	83	84			
Profondeur du sol	88	89	60	88	75	85	88	81	89		
Hydromorphie	102	102	73	102	85	97	102	84	89	103	
Géologie	97	97	69	97	81	91	95	79	83	95	98

## 2.4- Les résultats

### 2.4.1- L'impact de la roulerie en Bretagne

Tableau n°5 : Taux moyen de roulerie observé en Bretagne.

	Proportion de la roulerie en Bretagne	Proportion de la roulerie en Limousin
Effectifs	105	55
Moyenne	26.5%	32%
Coefficient de variation	88%	87%
Minimum	0%	0%
Maximum	100%	100%

Le taux moyen de roulerie observé dans un peuplement en Bretagne est d'environ 26% (cf. Tableau n°5). Cette donnée est cohérente avec les données bibliographiques (Bonenfant, 1985). On notera la similarité entre les deux coefficients de variation des peuplements bretons et limousins.

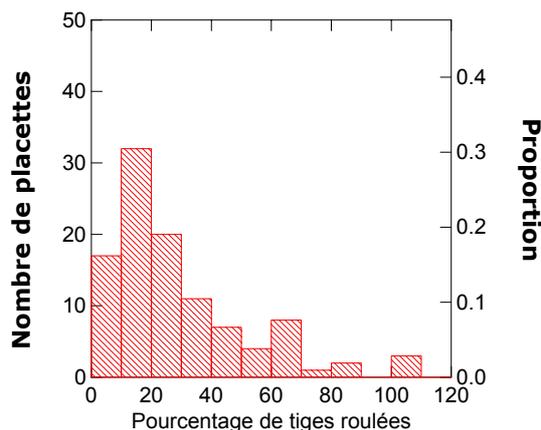


Figure n°8 : La distribution des placettes suivant le taux de roulerie

Seulement **10% des placettes sont indemnes de roulerie** (cf. Figure n°8). Comme en Limousin, 60% des placettes ont plus de 10% d'arbres roulés. La fréquence de la roulerie dans cette région est loin d'être anecdotique. La distribution est semblable à celle observée en Limousin.

## 2.4.2- La distribution spatiale de la roulure en Bretagne

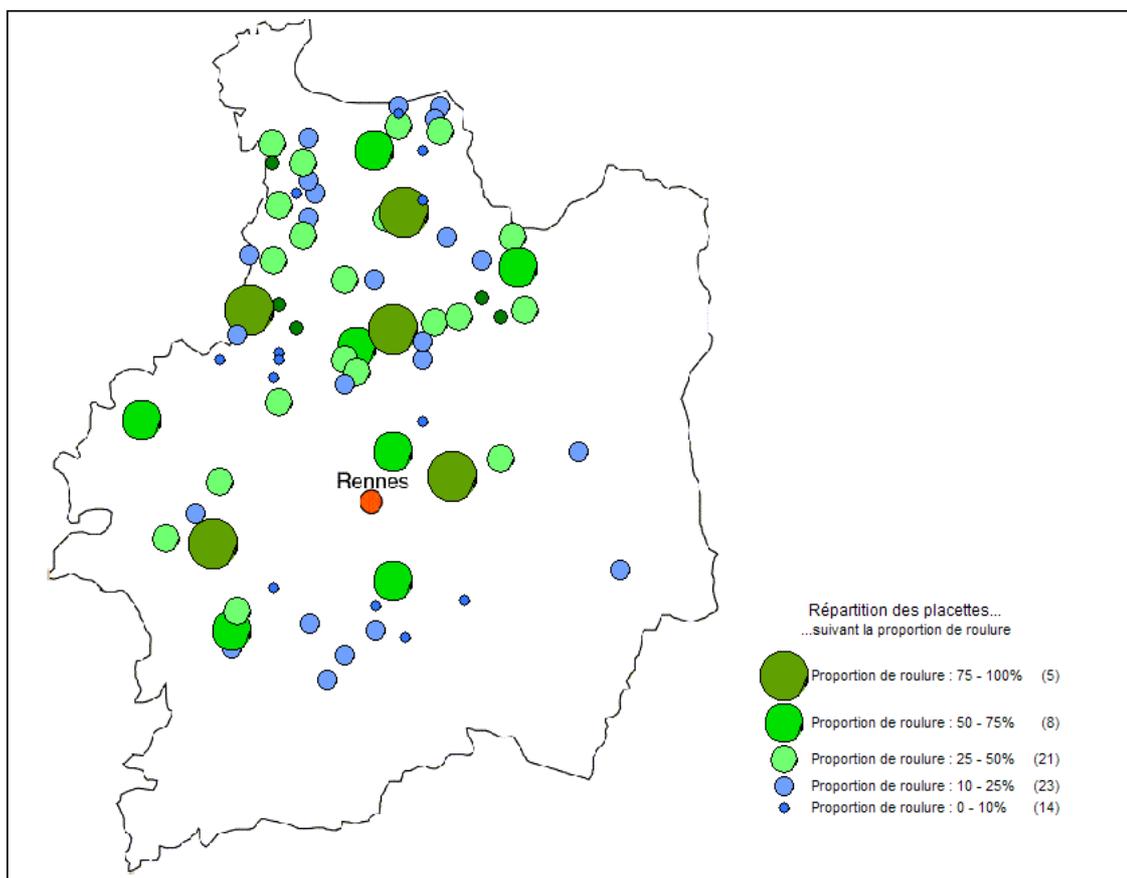


Figure n°9 : Distribution de la roulure dans le département de l'Ille et Vilaine (n=76)

### La roulure se distribue aléatoirement dans le département.

Il n'y a pas de différence observée entre les peuplements continentaux et proches de la côte maritime (cf. Figure n°9). La situation géographique de la placette ne semble pas être un facteur discriminant le risque de roulure.

La roulure est nettement présente dans les peuplements bretons toutes caractéristiques confondues. Seulement 10% des peuplements sont indemnes. Sa répartition ne semble pas être géographiquement pré-déterminée.

## 2.4.3- La roulure et les variables dendrométriques

A l'aide des outils statistiques usuels, plusieurs relations entre les caractéristiques stationnelles, les paramètres dendrométriques et la roulure ont été identifiés : l'âge, l'origine du peuplement, l'humus. Ces trois variables sont **indépendantes**.

### 2.4.3.1- Les effets de l'âge sur la roulure

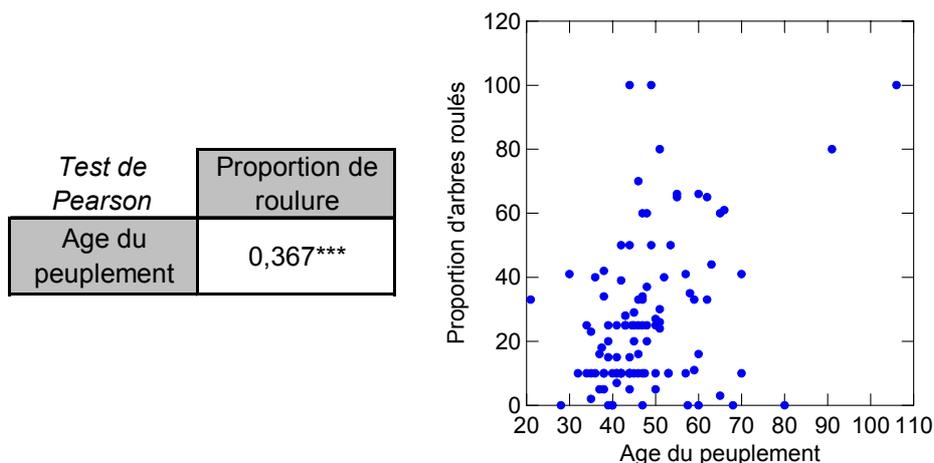


Figure n°10 : L'effet de l'âge sur le risque de roulure en Bretagne

**La proportion d'arbres roulés est d'autant plus forte que l'âge du peuplement est élevé.**

C'est un fait bien connu et largement rapporté dans la bibliographie.

### 2.4.3.2- Les effets de l'origine du peuplement

Lors de ses relevés, Gilles Pichard a qualifié et classé la structure du peuplement en quatre catégories : (1) Futaie et alignement, (2) Futaie sur souche, (3) Taillis (vieilli), (4) Taillis sous Futaie.

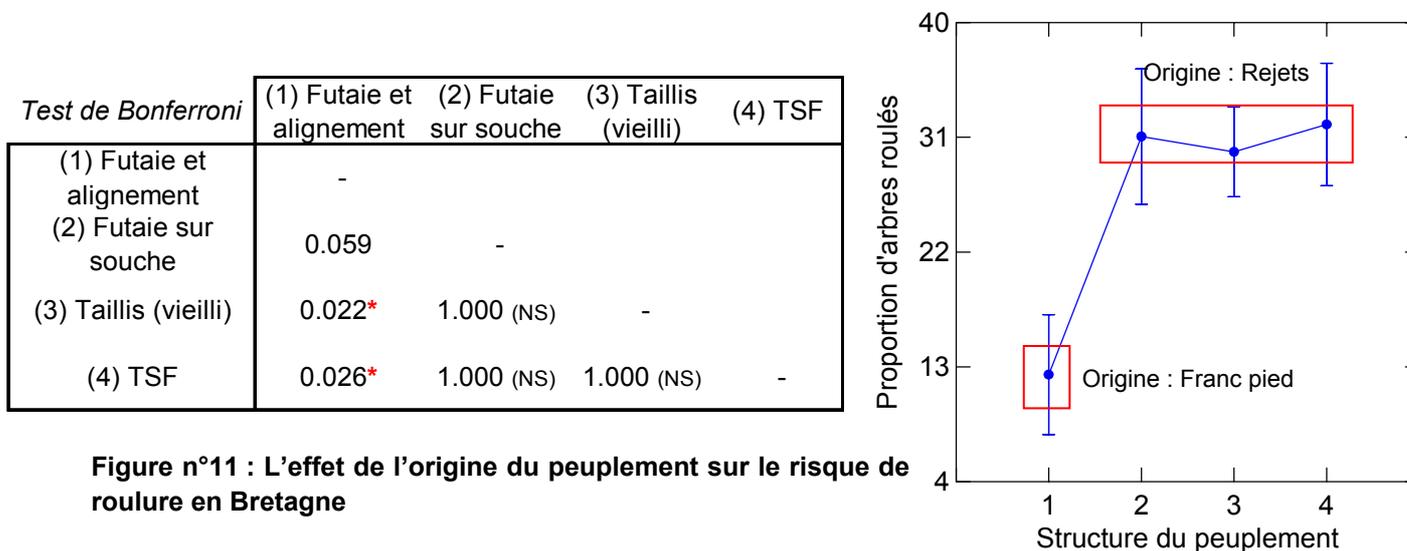


Figure n°11 : L'effet de l'origine du peuplement sur le risque de roulure en Bretagne

On observe une différence significative de sensibilité à la roulure en fonction de l'origine des tiges (cf. Figure n°11).

**Les arbres issus de rejets, quel que soit le mode de gestion appliqué (taillis ou TSF, taillis vieilli), sont plus sensibles à la roulure que les arbres issus de franc pieds.**

C'est aussi un fait reconnu dans la bibliographie. La valeur moyenne de la roulure est d'environ 12% pour les arbres de franc pied et de 30% pour les arbres issus de rejets.

### 2.4.4- La roulure et l'humus

Les humus sont nommés à partir de la classification précédemment en vigueur.

Test de Bonferroni	(1) Mull à Mull acide	(2) Mull Moder à Moder	(3) Dysmoder à mor
(1) Mull à Mull acide	-		
(2) Mull Moder à Moder	0.033*	-	
(3) Dysmoder à mor	0.000***	0.032*	-

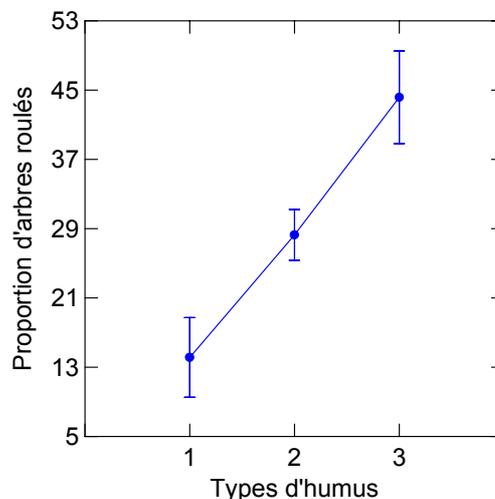


Figure n°12 : L'effet des humus sur le risque de roulure en Bretagne

L'humus influence fortement la proportion d'arbres roulés (cf. Figure n°12).

**La proportion de tiges roulées augmente significativement en fonction de l'acidité de la station.**

Les peuplements installés sur des stations dont l'humus est de type "Dysmoder à mor" se caractérisent par une forte proportion de roulure alors que les peuplements installés sur les humus de type "Mull à Mull acide" sont moins affectés par la roulure.

L'influence de la fertilité de la station est empiriquement reconnue mais n'avait jamais été démontré aussi nettement.

### 2.5- Discussion : clé de risque

L'étude menée par Gilles Pichard nous apporte de précieuses informations sur l'effet de l'âge, de l'humus ou bien encore de l'origine des tiges. L'analyse croisée de l'humus et de l'âge pour les peuplements issus de rejets nous permet d'établir la clé de risque suivante (cf. Tableau n°6) :

Tableau n°6 : Clé d'évaluation du risque de roulure en Bretagne en fonction de l'humus et de l'âge.

		Classe d'humus				
		Eumull à Dysmull	Dysmull à Hemimoder	Eumoder	Dysmoder à MOR	Moyenne
Classe d'âge	Mois de 40 ans	10% (n=12)	26% (n=7)	13% (n=7)	(n=1)	15% (n=27)
	40 à 50 ans	20% (n=9)	15% (n=8)	24% (n=18)	43% (n=12)	27% (n=47)
	Plus de 50 ans	12% (n=10)	46% (n=5)	44% (n=12)	55% (n=4)	36% (n=31)
	Moyenne	14% (n=31)	27% (n=20)	28% (n=37)	44% (n=17)	26% (n=105)

En complément du tableau, l'analyse multivariée permet d'établir des modèles de prévision de la roulure. Leur fiabilité est médiocre. La variabilité expliquée par ces modèles est bien souvent inférieure à 30%.

En revanche, on peut noter la relation existant entre l'âge et la proportion d'arbres roulés pour l'humus de type moder : **Proportion d'arbres roulés :  $1,51 \times \text{Age} - 44$**  (32% de la variabilité de la roulure est expliqué). Ce modèle est très proche de celui rapporté dans la littérature par Bonenfant (1985). Ce dernier détermine la relation suivante à partir de 24 peuplements répartis en Bretagne : **Proportion d'arbres roulés :  $1,46 \times \text{Age} - 45,05$** .

### 3- La résistance mécanique radiale, la largeur de cernes et la roulure

Les deux précédentes études et cette dernière partie nous conduiront logiquement à nous interroger sur l'impact des éclaircies sur le risque de roulure.

#### 3.1- Contexte

Quelques d'études ont porté sur la relation entre les propriétés mécaniques du bois et le risque de roulures (Chanson, ...). L'étude présentée ci-après tente de **comprendre la relation entre la résistance mécanique tangentielle et la largeur de cernes**. Elle fut réalisée dans le cadre du stage FIF-ENGREF à l'étranger (Cousseau, 2005) et encadrée par Ernst Zürcher, professeur à la Haute Ecole à Bienne en Suisse.

Cette étude complète un vaste programme de recherche lancé en 2003 en Suisse destiné à étudier l'effet de la date d'abattage sur les caractéristiques mécaniques du bois.

L'étude a porté sur l'analyse de 96 individus issus d'un taillis de châtaignier de 50 ans situé au sud des Alpes suisses à Bellinzona (cf. Tableau n°7).

**Tableau n°7 : Caractéristiques du peuplement**

Altitude	280 à 300 m	Géologie	Roche silicatée
Exposition	NNE	Humus	Mull
Pente	50 à 90 %	Type de peuplement	Taillis
Région naturelle	Alpes du Sud	Structure	Régulière
Température moyenne	12°C	Hauteur moyenne du peuplement	16 à 20 m
Pluviométrie annuelle	1 700 mm	Diamètre	20 à 30 cm

#### 3.2- Méthodologie

Pour chaque individu, une rondelle est prélevée à 50 cm du sol (cf. Figure n°13 ). Une éprouvette (cf. Figure n°13) est extraite dans le sens radial de chacune de ces rondelles en dehors de la zone roulée. Les éprouvettes sont usinées et placées dans le dispositif « Test Expert ». Ce test nous informe de la force (F) nécessaire pour engendrer la rupture. La largeur de cerne est mesurée pour chaque éprouvette.

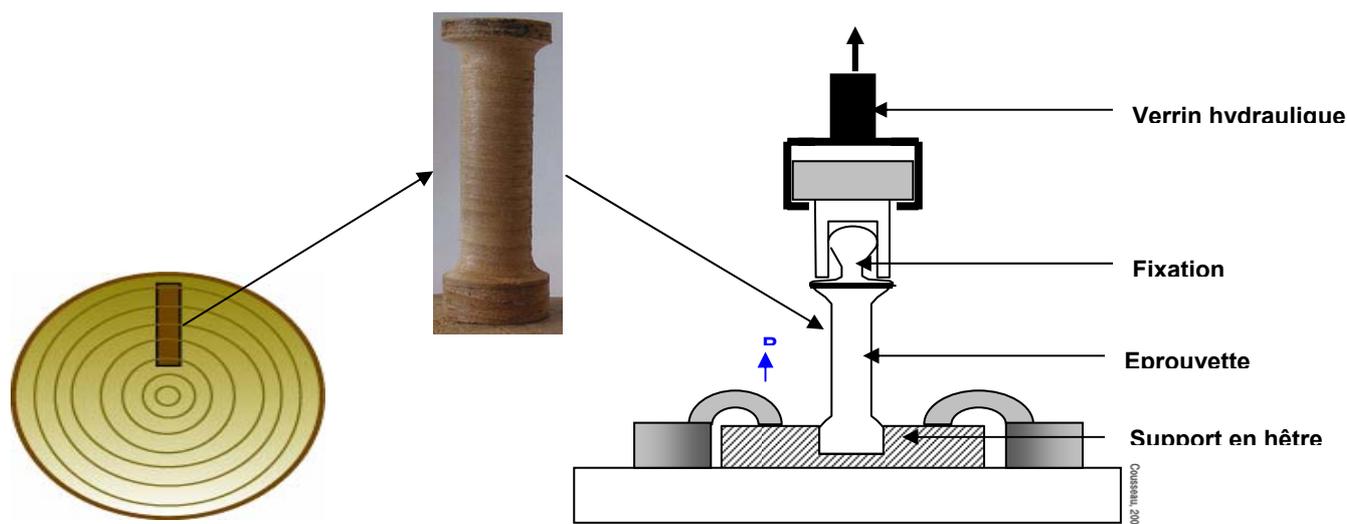


Figure n°13 : Méthodologie employée pour tester la résistance mécanique radiale.

### 3.3- Résultats

Chez le châtaignier, contrairement aux chênes, **la densité est indépendante de la largeur de cerne**. C'est un fait déjà observé dans la littérature (Arnold M., Sell J., 1997). Au-delà de 4 mm d'accroissement radial, la densité et la largeur de cernes sont parfaitement déconnectées (cf. Figure n°14).

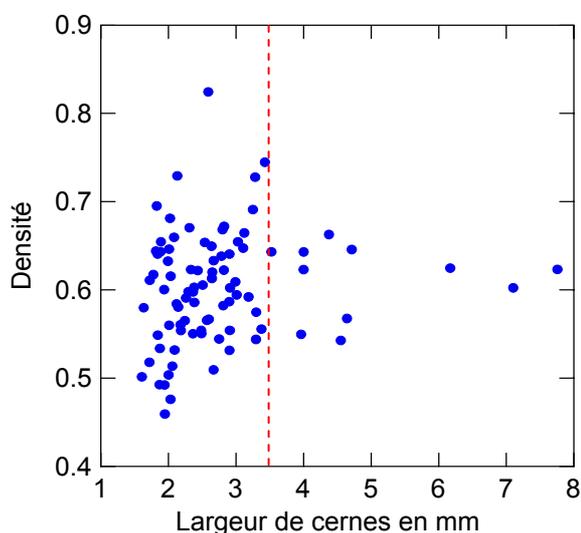


Figure n°14 : La relation entre la densité (en  $\text{g/cm}^3$ ) et la largeur de cernes (en mm).

La **résistance à la rupture dans le sens radial est dépendante de la largeur de cerne**. La **résistance à la rupture est d'autant plus élevée que l'accroissement radial est fort**. Les arbres dont l'accroissement radial moyen est supérieur à 4 mm (cf. Figure n°15) ont une valeur de résistance radiale 20% supérieure à la moyenne.

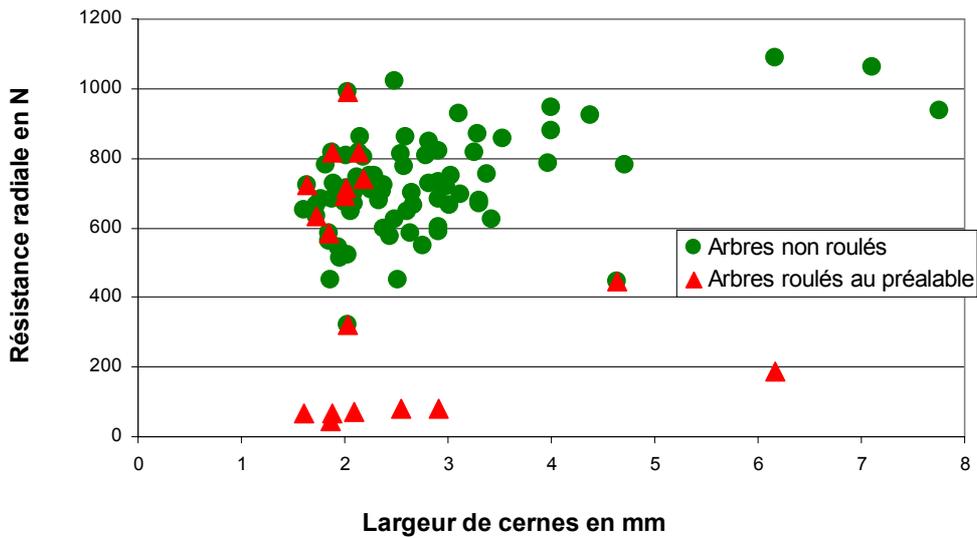


Figure n°15 : L'effet de largeur de cernes sur la résistance mécanique radiale.

22% des individus étudiés présentent une roulure sur la rondelle. Ainsi, on observe que la plupart d'entre eux (73%) se caractérisent par un accroissement radial inférieur à 4 mm. Fonti (2003) met en évidence une relation similaire.

A nouveau, l'accroissement est mis en cause dans le risque d'apparition de la roulure.

### 3.4- Conclusion

L'étude de Gilles Pichard nous confirme l'effet aggravant de **l'âge**. Elle met en avant **l'effet prédisposant de l'humus** ou de **l'origine des tiges** bien souvent admis mais non démontré. L'analyse croisée de l'âge et de l'humus nous permet d'évaluer la proportion d'arbres roulés. **Une clé d'évaluation du risque de roulure est initiée.**

L'étude en Limousin ne permet pas d'identifier l'effet de certains facteurs a priori reconnus comme prédisposant dans d'autres régions. En revanche, un **outil d'évaluation économique est amorcé**. En effet, la proportion d'arbres roulés est très nettement liée à la proportion de volume roulé.

Au-delà de l'âge, de l'origine du peuplement, de la fertilité, **la vitesse de croissance** semble influencer nettement le risque de roulure. Plusieurs éléments vont dans ce sens. Il semble exister un seuil au-delà duquel le risque de roulure est diminué. Le seuil d'accroissement radial de 4 mm est évoqué à deux reprises à partir d'études aux méthodologies différentes (Fonti, 2003, Cousseau et Zürcher, 2005)

## Listes des figures et des tableaux

n° du tableau	Titres des tableaux	n° de page
Tableau n 1	Distribution des placettes par département	3
Tableau n°2	Taux moyen de roulure en Limousin	5
Tableau n°3	Distribution départementale des placettes de l'étude Bretagne	10
Tableau n°4	Jeu de données disponibles pour l'étude en Bretagne	10
Tableau n°5	Taux moyen de roulure observé en Bretagne.	11
Tableau n°6	Clé d'évaluation du risque de roulure en Bretagne en fonction de l'humus et de l'âge.	14
Tableau n°7	Caractéristiques du peuplement	16

n° du tableau	Titres des figures	n° de page
Figure n°1	Protocole utilisé dans le cadre de l'étude en Limousin	4
Figure n°2	Distribution des placettes suivant l'indice de fertilité	5
Figure n°3	Répartition géographique de la roulure en Limousin (n=55)	6
Figure n°4	Distribution de la roulure en Limousin (n=55)	6
Figure n°5	Distribution de la hauteur de propagation de la roulure.	7
Figure n°6	Fréquence de la roulure en fonction de l'âge et de l'indice de fertilité en Limousin	8
Figure n°7	Relation entre la proportion d'arbres roulés et la proportion de volume roulé.	8
Figure n°8	La distribution des placettes suivant le taux de roulure	11
Figure n°9	Distribution de la roulure dans le département de l'Ile et Vilaine (n=76)	12
Figure n°10	L'effet de l'âge sur le risque de roulure en Bretagne	13
Figure n°11	L'effet de l'origine du peuplement sur le risque de roulure en Bretagne	13
Figure n°12	L'effet des humus sur le risque de roulure en Bretagne	14
Figure n°13	Méthodologie employée pour tester la résistance mécanique radiale.	17
Figure n°14	La relation entre la densité (en g/cm <sup>3</sup> ) et la largeur de cernes (en mm).	17
Figure n°15	L'effet de largeur de cernes sur la résistance mécanique radiale.	18

