

SERAM

Date : 20 février 1987

Demandeur : C.I.C.B.L.  
2, rue Henri Barbusse  
13241 MARSEILLE CEDEX 1

ESSAIS MECANIQUES DE BOIS

Les travaux, qui sont à l'origine de ce rapport, ont été effectués en collaboration avec  
l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Centre d'AIX-EN-PROVENCE.

QUALIFICATIONS DE RESINEUX DE LA REGION  
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR

DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES  
MECANIQUES

L'étude dont les résultats sont reportés ci-après concerne la détermination des caractéristiques mécaniques de résineux de la région PACA. Ce travail a été ordonné par le Centre Interprofessionnel de Commercialisation du Bois et du Liège ( CICBL ).

1. RECEPTION DES ECHANTILLONS.

Les échantillons nous ont été livrés le 9 janvier 1987 et ont été stockés dans le laboratoire à une température d'environ 20°.

Ce sont des ébauches de section 2,2 cm x 2,2 cm environ, de longueur 1,5 à 2,2 m environ.

Ils sont tous repérés par une marque contenant le type d'essence ( S : sapin, M : mélèze, PN : pin noir d'Autriche, PC : pin à crochets, PCe : pin cembro, PS : pin sylvestre, PA : pin d'alep ), et la provenance ( AND, CHE, DL, CAB, ISO, MOS, RAY ,REV, UG ) dont la signification ne nous a pas été communiquée.

2. REALISATION DES EPROUVETTES

Les éprouvettes ont été tirées dans les échantillons, parfois avec difficulté compte tenu de ce qu'ils n'avaient pas été prélevés spécialement pour cette étude : il n' a pas toujours été possible d'obtenir des éprouvettes dont l'axe soit parfaitement parallèle au fil du bois, et certaines éprouvettes de grande longueur ne sont pas exemptes de noeuds.

Les éprouvettes ont été usinées suivant les spécifications des normes françaises :

- NF B 51-002 : caractéristiques physiques et mécaniques des bois,
- NF B 51-003 : conditions générales d'essais,
- NF B 51-004 : détermination de l'humidité,
- NF B 51-007 : essai de compression axiale,
- NF B 51-010 : essai de traction perpendiculaire aux fibres,
- NF B 51-011 : essai de fendage,
- NF B 51-012 : essai de cisaillement,
- NF B 51-013 : essai de dureté Monnin.

### 3. REALISATION DES MORS.

Les essais de traction perpendiculaire aux fibres et de fendage nécessitent des mors spéciaux qui ont été réalisés suivant les recommandations des normes concernées.

Les essais de flexion et de dureté Monnin ont été effectués avec des cylindres de diamètre 30 mm, conformes aux normes.

### 4. MACHINES D'ESSAI

L'essai de compression a été réalisé sur une machine d'essai de capacité 500 kN, avec réglage au calibre 50 kN, la sensibilité étant alors de 20 N.

Les autres essais mécaniques ont été réalisés sur une machine spéciale équipée d'un capteur de 250 DaN, la précision de mesure étant de 0,25 DaN.

### 5. HUMIDITE DE REFERENCE

La norme NF B 51-003 fixe les conditions à respecter pour la réalisation des éprouvettes, et définit une humidité de référence de 12 %. Les éprouvettes n'ont pas pu être stabilisées à cette valeur, mais à une valeur moindre variant de 9,7 à 11,5% suivant les échantillons.

L'humidité de chaque échantillon a été mesurée conformément à la norme NF B. 51-004.

DEGRE D'HUMIDITE DES EPROUVETTES

| S-AND  | S-AND | S-CHE  |
|--------|-------|--------|
| 10.7 % | 9.7 % | 10.5 % |

| M-AND  | M- DL  | M-CAB | M-CHE  | M-ISO | M-MOS  | M-RAY  |
|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 10.8 % | 10.1 % | 9.7 % | 10.6 % | 9.9 % | 10.3 % | 10.0 % |

| PN-AND | PN-CAB | PN-ISO | PN-REV | PN-RAY |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 11.5 % | 10.3 % | 10.1 % | 10.1 % | 10.0 % |

| PCe- DL | PCe- DL | PCe-CHE |
|---------|---------|---------|
| 9.0 %   | 9.4 %   | 9.3 %   |

| PC- DL | PC-MOS | PC-CHE |
|--------|--------|--------|
| 10.0 % | 10.5 % | 9.7 %  |

| PS- DL | PS-CAB | PS-CHE | PS-RAY |
|--------|--------|--------|--------|
| 10.6 % | 10.8 % | 9.8 %  | 10.5 % |

| PA- UG | PA- UG | PA- UG |
|--------|--------|--------|
| 11.0 % | 11.0 % | 10.9 % |

## 6. MASSE VOLUMIQUE

La détermination de la masse volumique a été effectuée dans les conditions suivantes :

- réalisation d'éprouvettes calibrées,
- mesure de leurs cotes à 0,05 mm de précision et calcul du volume. L'incertitude obtenue sur le volume est alors de 0,43 cm<sup>3</sup>, soit 0,005 du volume.

## 7. LES RESULTATS DES ESSAIS

Les résultats détaillés figurent en annexe A.

Ils sont présentés sous forme d'un tableau par essence et par type d'essai, chaque tableau indiquant:

- la moyenne arithmétique,
- l'écart type noté  $\sigma$ ,
- le coefficient de variation noté CV exprimé en pourcentage :  $CV = ( 100 \times \sigma ) / \text{moy. arith.}$

En annexe B , les résultats sont présentés de façon à pouvoir comparer les caractéristiques respectives de chaque essence.

### 7.1 COMPRESSION AXIALE

Pour chaque éprouvette, sont calculées :

- la résistance à la compression, exprimée en bars,
- la cote de qualité statique, définie par le rapport

$$St = \frac{C}{100 D}$$

où D représente la masse volumique à l'humidité d'essai.

- la cote de qualité spécifique, définie par le rapport

$$Sp = St / D$$

qui caractérise l'essence en question.

## 7.2 FLEXION STATIQUE

Pour chaque éprouvette sont calculées :

- la fatigue de rupture à la flexion à partir de la formule empirique suivante :

$$F = \frac{3 PL}{2 bh^n}$$

P = charge de rupture de l'éprouvette en DaN,

L = portée en cm,

b = largeur de la section droite en cm,

h = hauteur de la section droite en cm,

n = 9/6 ( 2ème choix : bois de charpente et de menuiserie commune ).

- la cote de flexion :  $\frac{F}{100 D}$

- la cote de ténacité :  $\frac{F}{C}$

C : résistance à la compression.

## 7.3 TRACTION PERPENDICULAIRE AU SENS DES FIBRES

Pour chaque éprouvette sont calculées :

- la résistance à la traction T en DaN,

- la cote d'adhérence :  $\frac{T}{100 D}$

## 7.4 FENDAGE

Pour chaque éprouvette sont calculées :

- la résistance au fendage  $F_{end}$  en DaN par centimètre de largeur d'éprouvette,

- la cote de fissilité :  $\frac{F_{end}}{100 D}$

### 7.5 CISAILLEMENT

Pour chaque éprouvette sont calculées :

- la résistance unitaire Cs

Cs

- la cote de cisaillement :  $\frac{\quad}{100 D}$

### 7.6 DURETE

Pour chaque éprouvette sont calculées :

- la dureté de flanc ( NF B 51-013 ),

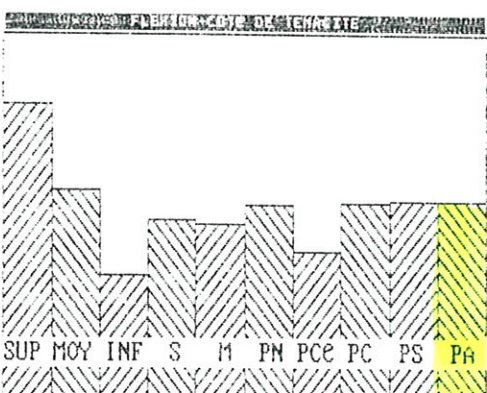
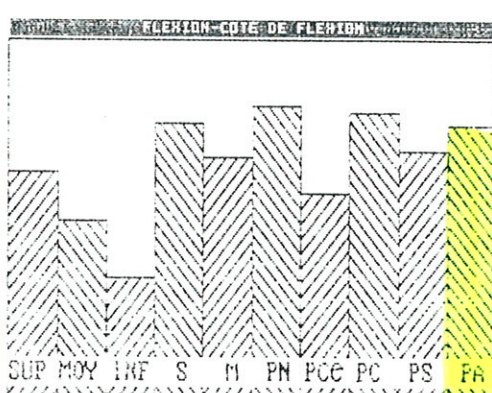
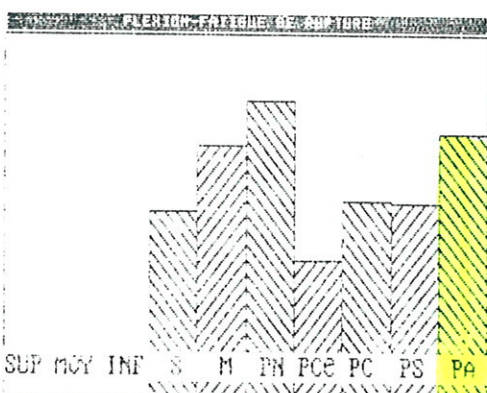
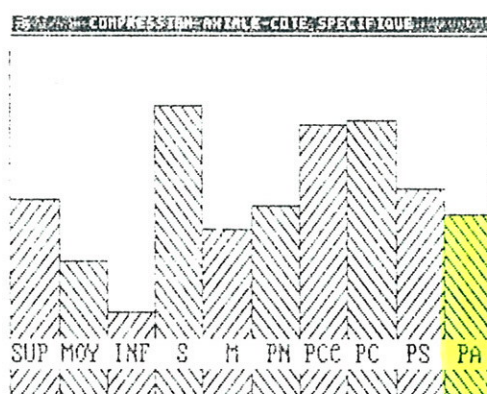
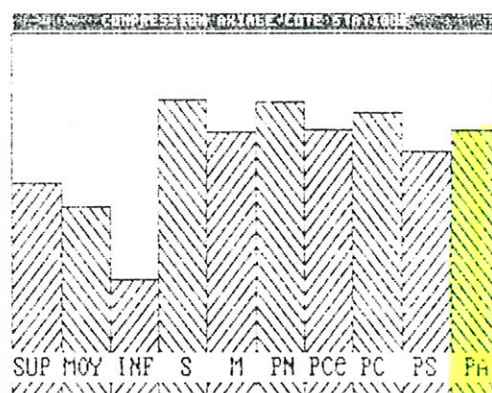
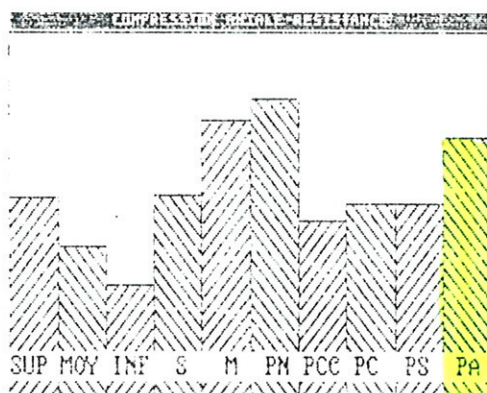
N

- la cote de dureté :  $\frac{\quad}{D^2}$

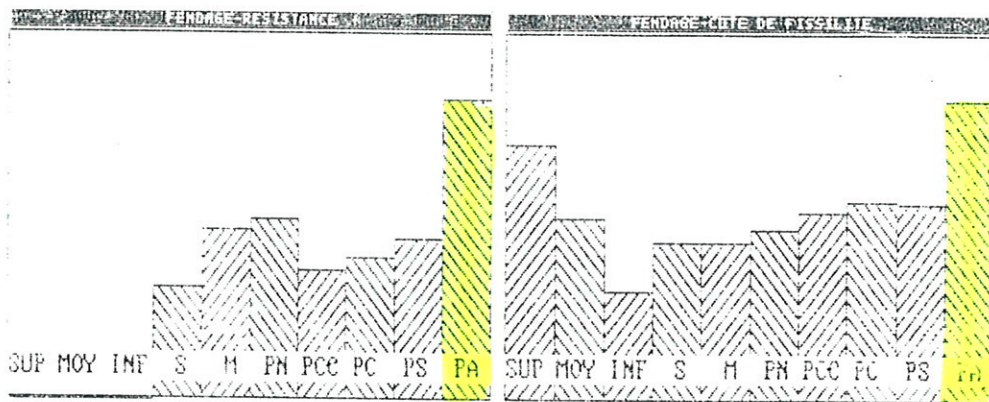
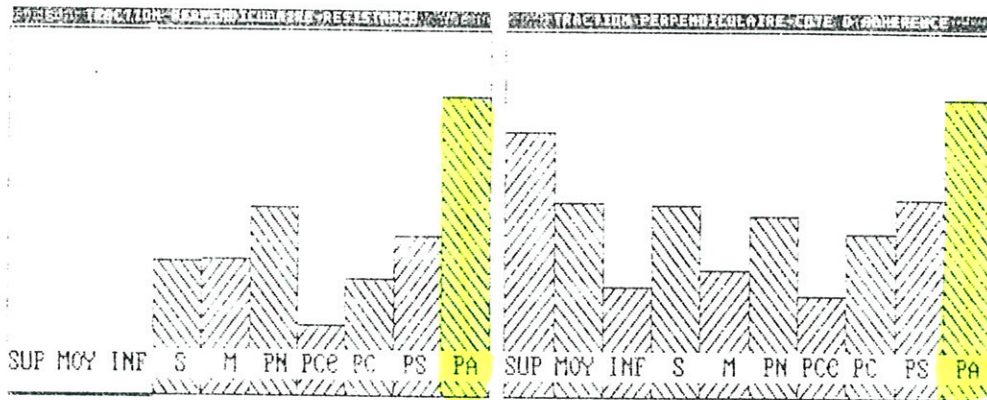
### 8. ANALYSE DES RESULTATS

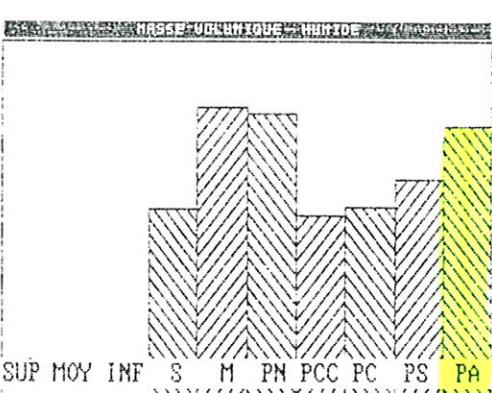
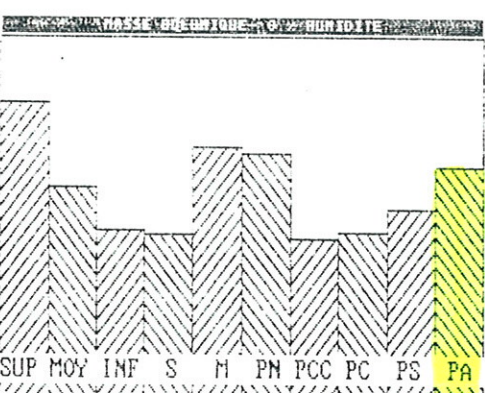
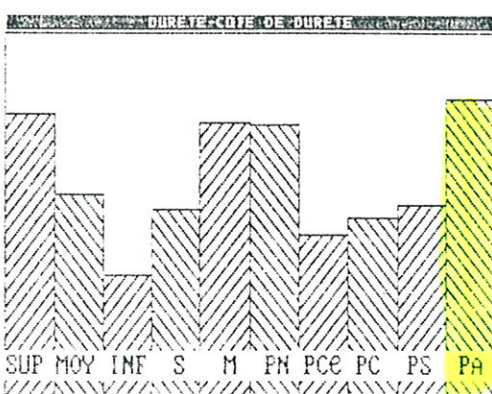
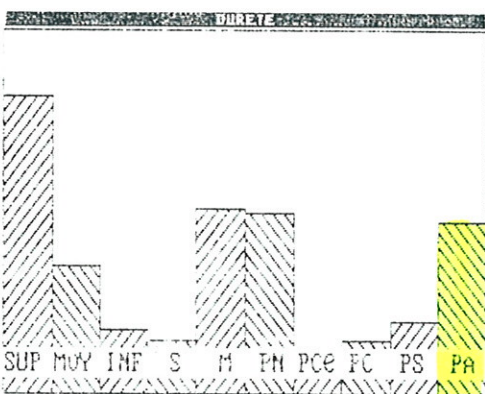
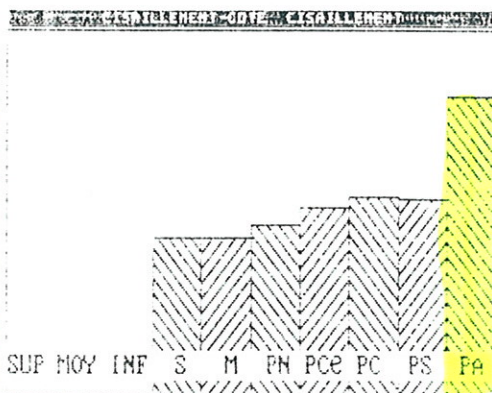
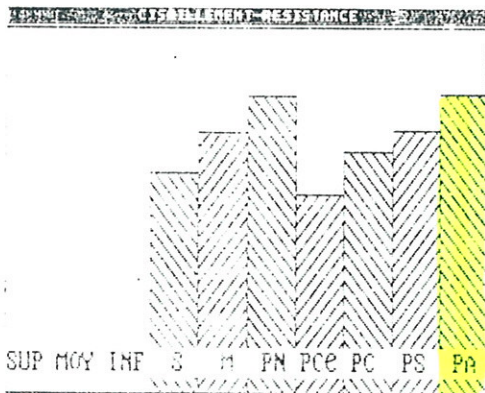
Les résultats sont présentés sous forme de tableaux permettant de comparer les caractéristiques des différentes essences étudiées.

Les trois premières colonnes représentent, lorsque les indications existent, les valeurs correspondant aux catégories, supérieure, moyenne, inférieure telles qu'elles apparaissent dans la norme NF B 51-002, pour une humidité de référence de 15 %.









## 9. CONCLUSIONS

Malgré le petit nombre d'éprouvettes testées, il est possible de faire apparaître les enseignements suivants:

- caractéristiques de cohésion axiale :  
compression, flexion.  
Toutes les essences présentent des caractéristiques comparables, le mélèze, le pin noir et le pin d'alep se classant en premier.

- caractéristiques de cohésion transversale :  
dureté, cisaillement, traction perpendiculaire aux fibres, fendage.  
Le pin cembo présente les caractéristiques les plus faibles.  
Le pin noir et le pin d'alep sont les plus performants; le mélèze et dans une moindre mesure, le pin sylvestre possèdent également de bonnes caractéristiques.

Aix en Provence, le 23 février 1987



A. OTHO

ANNEXE A

SAPIN

COMPRESSION AXIALE

|                  | S-AND  | S-AND  | S-CHE  | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|------------------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE      | 570.37 | 503.70 | 522.22 | 532.10  | 34.41    | 6.5 %  |
| -COTE STATIQUE   | 13.51  | 11.18  | 12.64  | 12.44   | 1.18     | 9.5 %  |
| -COTE SPECIFIQUE | 32.00  | 24.80  | 30.59  | 29.13   | 3.82     | 13.1 % |

FLEXION

|                     | S-AND   | S-AND   | S-CHE   | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
| -FATIGUE DE RUPTURE | 1232.49 | 1069.15 | 1113.69 | 1138.44 | 84.44    | 7.4 %  |
| -COTE DE FLEXION    | 29.19   | 23.72   | 26.95   | 26.62   | 2.75     | 10.3 % |
| -COTE DE TENACITE   | 2.16    | 2.12    | 2.13    | 2.14    | 0.02     | 0.9 %  |

TRACTION PERPENDICULAIRE

|                   | S-AND | S-AND | S-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-------------------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE       | 19.00 | 11.75 | 17.25 | 16.00   | 3.78     | 23.6 % |
| -COTE D ADHERENCE | 0.45  | 0.26  | 0.42  | 0.38    | 0.10     | 26.9 % |

FENDAGE

|                    | S-AND | S-AND | S-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 7.50  | 9.00  | 11.50 | 9.33    | 2.02     | 21.7 % |
| -COTE DE FISSILITE | 0.18  | 0.20  | 0.28  | 0.22    | 0.05     | 24.2 % |

CISAILLEMENT

|                    | S-AND | S-AND | S-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 34.25 | 34.00 | 45.25 | 37.83   | 6.42     | 17.0 % |
| -COTE CISAILLEMENT | 0.18  | 0.20  | 0.28  | 0.22    | 0.05     | 24.2 % |

DURETE

|                 | S-AND | S-AND | S-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-----------------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|
|                 | 1.22  | 1.27  | 1.32  | 1.27    | 0.05     | 3.9 %  |
| -COTE DE DURETE | 6.85  | 6.25  | 7.73  | 6.94    | 0.75     | 10.7 % |

MASSE VOLUMIQUE

|                | S-AND | S-AND | S-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|----------------|-------|-------|-------|---------|----------|-------|
| - 0 % HUMIDITE | 0.38  | 0.41  | 0.38  | 0.39    | 0.02     | 5.0 % |
| - HUMIDE       | 0.42  | 0.45  | 0.41  | 0.43    | 0.02     | 4.6 % |

MELEZE

COMPRESSION AXIALE

|                  | M-AND  | M- DL  | M-CAB  | M-CHE  | M-ISO  | M-MOS  | M-RAY  | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE      | 759.26 | 748.46 | 828.70 | 680.56 | 780.86 | 637.35 | 628.09 | 723.32  | 75.97    | 10.5 % |
| -COTE STATIQUE   | 10.89  | 11.34  | 12.05  | 11.13  | 11.37  | 10.58  | 10.25  | 11.08   | 0.59     | 5.3 %  |
| -COTE SPECIFIQUE | 15.61  | 17.17  | 17.54  | 18.19  | 16.55  | 17.55  | 16.72  | 17.05   | 0.84     | 4.9 %  |

FLEXION

|                     | M-AND   | M- DL   | M-CAB   | M-CHE   | M-ISO   | M-MOS   | M-RAY   | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
| -FATIGUE DE RUPTURE | 1455.23 | 1455.23 | 1952.68 | 1470.07 | 1744.79 | 1180.51 | 1447.80 | 1529.47 | 247.81   | 16.2 % |
| -COTE DE FLEXION    | 20.87   | 22.04   | 28.40   | 24.03   | 25.40   | 19.59   | 23.62   | 23.42   | 2.95     | 12.6 % |
| -COTE DE TENACITE   | 1.92    | 1.94    | 2.36    | 2.16    | 2.23    | 1.85    | 2.31    | 2.11    | 0.20     | 9.6 %  |

TRACTION PERPENDICULAIRE

|                   | M-AND | M- DL | M-CAB | M-CHE | M-ISO | M-MOS | M-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE       | 22.50 | 18.00 | 11.75 | 16.75 | 19.25 | 12.50 | 14.00 | 16.39   | 3.89     | 23.7 % |
| -COTE D ADHERENCE | 0.32  | 0.27  | 0.17  | 0.27  | 0.28  | 0.21  | 0.23  | 0.25    | 0.05     | 20.5 % |

FENDAGE

|                    | M-AND | M- DL | M-CAB | M-CHE | M-ISO | M-MOS | M-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 17.50 | 13.50 | 13.00 | 12.00 | 13.50 | 13.50 | 16.00 | 14.14   | 1.91     | 13.5 % |
| -COTE DE FISSILITE | 0.25  | 0.20  | 0.19  | 0.20  | 0.20  | 0.22  | 0.26  | 0.22    | 0.03     | 13.2 % |

CISAILLEMENT

|                    | M-AND | M- DL | M-CAB | M-CHE | M-ISO | M-MOS | M-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 38.50 | 48.50 | 41.75 | 53.75 | 51.00 | 34.50 | 45.00 | 44.71   | 6.92     | 15.5 % |
| -COTE CISAILLEMENT | 0.25  | 0.20  | 0.19  | 0.20  | 0.20  | 0.22  | 0.26  | 0.22    | 0.03     | 13.2 % |

DURETE

|                 | M-AND | M- DL | M-CAB | M-CHE | M-ISO | M-MOS | M-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|
|                 | 3.40  | 5.60  | 7.50  | 1.94  | 3.90  | 3.30  | 4.80  | 4.35    | 1.81     | 41.7 % |
| -COTE DE DURETE | 6.99  | 12.85 | 15.87 | 5.19  | 8.26  | 9.09  | 12.78 | 10.15   | 3.79     | 37.4 % |

MASSE VOLUMIQUE

|                | M-AND | M- DL | M-CAB | M-CHE | M-ISO | M-MOS | M-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|-------|
| - 0 % HUMIDITE | 0.63  | 0.60  | 0.63  | 0.56  | 0.63  | 0.55  | 0.56  | 0.59    | 0.04     | 6.4 % |
| - HUMIDE       | 0.70  | 0.66  | 0.69  | 0.61  | 0.69  | 0.60  | 0.61  | 0.65    | 0.04     | 6.3 % |

PIN NOIR

COMPRESSION AXIALE

|                  | PN-AND | PN-CAB | PN-ISO | PN-REV | PN-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE      | 719.14 | 748.46 | 695.99 | 905.86 | 847.22 | 783.33  | 89.53    | 11.4 % |
| -COTE STATIQUE   | 11.24  | 11.89  | 12.29  | 13.27  | 12.77  | 12.29   | 0.78     | 6.4 %  |
| -COTE SPECIFIQUE | 17.57  | 18.89  | 21.70  | 19.43  | 19.25  | 19.37   | 1.49     | 7.7 %  |

FLEXION

|                     | PN-AND  | PN-CAB  | PN-ISO  | PN-REV  | PN-RAY  | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| -FATIGUE DE RUPTURE | 1715.09 | 1848.73 | 1603.72 | 1960.10 | 1900.70 | 1805.67 | 144.68   | 8.0 % |
| -COTE DE FLEXION    | 26.80   | 29.37   | 28.32   | 28.71   | 28.65   | 28.37   | 0.96     | 3.4 % |
| -COTE DE TENACITE   | 2.38    | 2.47    | 2.30    | 2.16    | 2.24    | 2.31    | 0.12     | 5.2 % |

TRACTION PERPENDICULAIRE

|                   | PN-AND | PN-CAB | PN-ISO | PN-REV | PN-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE       | 20.75  | 13.25  | 27.00  | 17.50  | 34.00  | 22.50   | 8.16     | 36.3 % |
| -COTE D ADHERENCE | 0.32   | 0.21   | 0.48   | 0.26   | 0.51   | 0.36    | 0.13     | 37.5 % |



FENDAGE

|                    | PN-AND | PN-CAB | PN-ISO | PN-REV | PN-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 11.00  | 13.00  | 13.00  | 17.50  | 20.50  | 15.00   | 3.89     | 25.9 % |
| -COTE DE FISSILITE | 0.17   | 0.21   | 0.23   | 0.26   | 0.31   | 0.23    | 0.05     | 22.1 % |

CISAILLEMENT

|                    | PN-AND | PN-CAB | PN-ISO | PN-REV | PN-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 38.25  | 57.25  | 48.50  | 54.50  | 56.50  | 51.00   | 7.91     | 15.5 % |
| -COTE CISAILLEMENT | 0.17   | 0.21   | 0.23   | 0.26   | 0.31   | 0.23    | 0.05     | 22.1 % |

DURETE

|                 | PN-AND | PN-CAB | PN-ISO | PN-REV | PN-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
|                 | 5.00   | 4.20   | 1.89   | 7.10   | 2.95   | 4.23    | 2.00     | 47.2 % |
| -COTE DE DURETE | 12.21  | 10.60  | 5.89   | 15.23  | 6.70   | 10.13   | 3.88     | 38.3 % |

MASSE VOLUMIQUE

|                | PN-AND | PN-CAB | PN-ISO | PN-REV | PN-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|
| - 0 % HUMIDITE | 0.58   | 0.57   | 0.52   | 0.62   | 0.61   | 0.58    | 0.04     | 7.0 % |
| - HUMIDE       | 0.64   | 0.63   | 0.57   | 0.68   | 0.66   | 0.64    | 0.04     | 7.0 % |

PIN CEMBRO

| COMPRESSION AXIALE |         |         |         |         |          |        |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
|                    | PCe- DL | PCe- DL | PCe-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
| -RESISTANCE        | 530.25  | 438.27  | 421.30  | 463.27  | 58.62    | 12.7 % |
| -COTE STATIQUE     | 11.88   | 11.38   | 10.27   | 11.18   | 0.82     | 7.4 %  |
| -COTE SPECIFIQUE   | 26.61   | 29.57   | 25.04   | 27.07   | 2.30     | 8.5 %  |

| FLEXION             |         |         |         |         |          |        |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
|                     | PCe- DL | PCe- DL | PCe-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
| -FATIGUE DE RUPTURE | 1106.27 | 727.61  | 668.22  | 834.03  | 237.63   | 28.5 % |
| -COTE DE FLEXION    | 24.78   | 18.90   | 16.29   | 19.99   | 4.35     | 21.8 % |
| -COTE DE TENACITE   | 2.09    | 1.66    | 1.59    | 1.78    | 0.27     | 15.2 % |

| TRACTION PERPENDICULAIRE |         |         |         |         |          |        |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
|                          | PCe- DL | PCe- DL | PCe-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
| -RESISTANCE              | 11.50   | 6.25    | 7.50    | 8.42    | 2.74     | 32.6 % |
| -COTE D ADHERENCE        | 0.26    | 0.16    | 0.18    | 0.20    | 0.05     | 25.0 % |

FENDAGE

|                    | PCe- DL | PCe- DL | PCe-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 10.00   | 10.00   | 12.00   | 10.67   | 1.15     | 10.8 % |
| -COTE DE FISSILITE | 0.22    | 0.26    | 0.29    | 0.26    | 0.03     | 13.2 % |

CISAILLEMENT

|                    | PCe- DL | PCe- DL | PCe-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 39.25   | 30.00   | 32.75   | 34.00   | 4.75     | 14.0 % |
| -COTE CISAILLEMENT | 0.22    | 0.26    | 0.29    | 0.26    | 0.03     | 13.2 % |

DURETE

|                 | PCe- DL | PCe- DL | PCe-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
|                 | 1.12    | 0.76    | 1.24    | 1.04    | 0.25     | 24.0 % |
| -COTE DE DURETE | 5.62    | 5.13    | 7.37    | 6.04    | 1.18     | 19.5 % |

MASSE VOLUMIQUE

|                | PCe- DL | PCe- DL | PCe-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|----------------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|
| - 0 % HUMIDITE | 0.41    | 0.35    | 0.38    | 0.38    | 0.03     | 7.6 % |
| - HUMIDE       | 0.45    | 0.38    | 0.41    | 0.41    | 0.03     | 7.5 % |

PIN A CROCHETS

| COMPRESSION AXIALE |        |        |        |         |          |        |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
|                    | PC- DL | PC-MOS | PC-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
| -RESISTANCE        | 500.00 | 553.09 | 478.40 | 510.49  | 38.44    | 7.5 %  |
| -COTE STATIQUE     | 10.96  | 12.91  | 11.65  | 11.84   | 0.99     | 8.4 %  |
| -COTE SPECIFIQUE   | 24.01  | 30.14  | 28.35  | 27.50   | 3.15     | 11.5 % |

| FLEXION             |         |         |         |         |          |        |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
|                     | PC- DL  | PC-MOS  | PC-CHE  | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
| -FATIGUE DE RUPTURE | 1329.01 | 1128.54 | 1135.97 | 1197.84 | 113.66   | 9.5 %  |
| -COTE DE FLEXION    | 29.12   | 26.34   | 27.65   | 27.71   | 1.39     | 5.0 %  |
| -COTE DE TENACITE   | 2.66    | 2.04    | 2.37    | 2.36    | 0.31     | 13.1 % |

| TRACTION PERPENDICULAIRE |        |        |        |         |          |       |
|--------------------------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|
|                          | PC- DL | PC-MOS | PC-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
| -RESISTANCE              | 14.00  | 14.25  | 13.75  | 14.00   | 0.25     | 1.8 % |
| -COTE D ADHERENCE        | 0.31   | 0.33   | 0.33   | 0.32    | 0.02     | 4.8 % |

FENDAGE

|                    | PC- DL | PC-MOS | PC-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 14.00  | 10.50  | 11.00  | 11.83   | 1.89     | 16.0 % |
| -COTE DE FISSILITE | 0.31   | 0.25   | 0.27   | 0.27    | 0.03     | 11.4 % |

CISAILLEMENT

|                    | PC- DL | PC-MOS | PC-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 36.25  | 59.17  | 28.25  | 41.22   | 16.05    | 38.9 % |
| -COTE CISAILLEMENT | 0.31   | 0.25   | 0.27   | 0.27    | 0.03     | 11.4 % |

DURETE

|                 | PC- DL | PC-MOS | PC-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-----------------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
|                 | 1.75   | 0.94   | 1.06   | 1.25    | 0.44     | 35.0 % |
| -COTE DE DURETE | 8.40   | 5.12   | 6.28   | 6.60    | 1.66     | 25.2 % |

MASSE VOLUMIQUE

|                | PC- DL | PC-MOS | PC-CHE | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|----------------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|
| - 0 % HUMIDITE | 0.42   | 0.39   | 0.38   | 0.39    | 0.02     | 5.2 % |
| - HUMIDE       | 0.46   | 0.43   | 0.41   | 0.43    | 0.02     | 5.3 % |

PIN SYLVESTRE

COMPRESSION AXIALE

|                  | PS- DL | PS-CAB | PS-CHE | PS-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|------------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE      | 570.99 | 501.54 | 507.72 | 444.44 | 506.17  | 51.75    | 10.2 % |
| -COTE STATIQUE   | 11.67  | 10.25  | 10.75  | 8.47   | 10.29   | 1.34     | 13.1 % |
| -COTE SPECIFIQUE | 23.85  | 20.97  | 22.76  | 16.14  | 20.93   | 3.40     | 16.3 % |

FLEXION

|                     | PS- DL  | PS-CAB  | PS-CHE  | PS-RAY  | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
| -FATIGUE DE RUPTURE | 1210.21 | 1180.51 | 1128.54 | 1232.49 | 1187.94 | 44.96    | 3.8 %  |
| -COTE DE FLEXION    | 24.73   | 24.14   | 23.89   | 23.49   | 24.06   | 0.52     | 2.2 %  |
| -COTE DE TENACITE   | 2.12    | 2.35    | 2.22    | 2.77    | 2.37    | 0.29     | 12.1 % |

TRACTION PERPENDICULAIRE

|                   | PS- DL | PS-CAB | PS-CHE | PS-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE       | 16.75  | 12.50  | 26.75  | 20.50  | 19.12   | 6.04     | 31.6 % |
| -COTE D ADHERENCE | 0.34   | 0.26   | 0.57   | 0.39   | 0.39    | 0.13     | 33.7 % |

FENDAGE

|                    | PS- DL | PS-CAB | PS-CHE | PS-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 13.00  | 12.00  | 13.00  | 15.50  | 13.37   | 1.49     | 11.2 % |
| -COTE DE FISSILITE | 0.27   | 0.25   | 0.28   | 0.30   | 0.27    | 0.02     | 7.7 %  |

CISAILLEMENT

|                    | PS- DL | PS-CAB | PS-CHE | PS-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 51.25  | 46.67  | 35.50  | 47.00  | 45.10   | 6.73     | 14.9 % |
| -COTE CISAILLEMENT | 0.27   | 0.25   | 0.28   | 0.30   | 0.27    | 0.02     | 7.7 %  |

DURETE

|                 | PS- DL | PS-CAB | PS-CHE | PS-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
|                 | 1.30   | 2.28   | 1.40   | 1.94   | 1.73    | 0.46     | 26.7 % |
| -COTE DE DURETE | 5.43   | 9.53   | 6.28   | 7.05   | 7.07    | 1.77     | 25.0 % |

MASSE VOLUMIQUE

|                | PS- DL | PS-CAB | PS-CHE | PS-RAY | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|
| - 0 % HUMIDITE | 0.44   | 0.44   | 0.43   | 0.48   | 0.45    | 0.02     | 4.3 % |
| - HUMIDE       | 0.49   | 0.49   | 0.47   | 0.52   | 0.49    | 0.02     | 4.5 % |

PIN D'ALEP

COMPRESSION AXIALE

|                  | PA- UG | PA- UG | PA- UG | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|------------------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|
| -RESISTANCE      | 660.49 | 697.53 | 680.56 | 679.53  | 18.54    | 2.7 % |
| -COTE STATIQUE   | 11.15  | 11.56  | 10.92  | 11.21   | 0.33     | 2.9 % |
| -COTE SPECIFIQUE | 18.82  | 19.17  | 17.51  | 18.50   | 0.87     | 4.7 % |

FLEXION

|                     | PA- UG  | PA- UG  | PA- UG  | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
| -FATIGUE DE RUPTURE | 1655.69 | 1455.23 | 1715.09 | 1608.67 | 136.16   | 8.5 %  |
| -COTE DE FLEXION    | 27.95   | 24.12   | 27.51   | 26.53   | 2.09     | 7.9 %  |
| -COTE DE TENACITE   | 2.51    | 2.09    | 2.52    | 2.37    | 0.25     | 10.4 % |

TRACTION PERPENDICULAIRE

|                   | PA- UG | PA- UG | PA- UG | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|-------------------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE       | 31.50  | 40.50  | 35.00  | 35.67   | 4.54     | 12.7 % |
| -COTE D ADHERENCE | 0.53   | 0.67   | 0.56   | 0.59    | 0.07     | 12.5 % |



FENDAGE

|                    | PA- UG | PA- UG | PA- UG | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|
| -RESISTANCE        | 25.00  | 27.00  | 23.00  | 25.00   | 2.00     | 8.0 % |
| -COTE DE FISSILITE | 0.42   | 0.45   | 0.37   | 0.41    | 0.04     | 9.7 % |

CISAILLEMENT

|                    | PA- UG | PA- UG | PA- UG | Moyenne | $\sigma$ | CV     |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| -RESISTANCE        | 60.25  | 42.75  | 51.25  | 51.42   | 8.75     | 17.0 % |
| -COTE CISAILLEMENT | 0.42   | 0.45   | 0.37   | 0.41    | 0.04     | 9.7 %  |

DURETE

|                 | PA- UG | PA- UG | PA- UG | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|-----------------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|
|                 | 4.10   | 3.90   | 4.20   | 4.07    | 0.15     | 3.8 % |
| -COTE DE DURETE | 11.68  | 10.72  | 10.81  | 11.07   | 0.53     | 4.8 % |

MASSE VOLUMIQUE

|                | PA- UG | PA- UG | PA- UG | Moyenne | $\sigma$ | CV    |
|----------------|--------|--------|--------|---------|----------|-------|
| - 0 % HUMIDITE | 0.54   | 0.55   | 0.56   | 0.55    | 0.01     | 2.6 % |
| - HUMIDE       | 0.59   | 0.60   | 0.62   | 0.61    | 0.02     | 2.6 % |

**ANNEXE B**

COMPRESSION AXIALE-RESISTANCE

|            | S      | M      | PN     | PCe    | PC     | PS     | PA     |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Moyenne    | 532.10 | 723.32 | 783.33 | 463.27 | 510.49 | 506.17 | 679.53 |
| Ecart Type | 34.41  | 75.97  | 89.53  | 58.62  | 38.44  | 51.75  | 18.54  |
| CV         | 6.5 %  | 10.5 % | 11.4 % | 12.7 % | 7.5 %  | 10.2 % | 2.7 %  |

COMPRESSION AXIALE-COTE STATIQUE

|            | S     | M     | PN    | PCe   | PC    | PS     | PA    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Moyenne    | 12.44 | 11.08 | 12.29 | 11.18 | 11.84 | 10.29  | 11.21 |
| Ecart Type | 1.18  | 0.59  | 0.78  | 0.82  | 0.99  | 1.34   | 0.33  |
| CV         | 9.5 % | 5.3 % | 6.4 % | 7.4 % | 8.4 % | 13.1 % | 2.9 % |

COMPRESSION AXIALE-COTE SPECIFIQUE

|            | S      | M     | PN    | PCe   | PC     | PS     | PA    |
|------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| Moyenne    | 29.13  | 17.05 | 19.37 | 27.07 | 27.50  | 20.93  | 18.50 |
| Ecart Type | 3.82   | 0.84  | 1.49  | 2.30  | 3.15   | 3.40   | 0.87  |
| CV         | 13.1 % | 4.9 % | 7.7 % | 8.5 % | 11.5 % | 16.3 % | 4.7 % |

FLEXION-FATIGUE DE RUPTURE

|            | S       | M       | PN      | PCe    | PC      | PS      | PA      |
|------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Moyenne    | 1138.44 | 1529.47 | 1805.67 | 834.03 | 1197.84 | 1187.94 | 1608.67 |
| Ecart Type | 84.44   | 247.81  | 144.68  | 237.63 | 113.66  | 44.96   | 136.16  |
| CV         | 7.4 %   | 16.2 %  | 8.0 %   | 28.5 % | 9.5 %   | 3.8 %   | 8.5 %   |

FLEXION-COTE DE FLEXION

|            | S      | M      | PN    | PCe    | PC    | PS    | PA    |
|------------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Moyenne    | 26.62  | 23.42  | 28.37 | 19.99  | 27.71 | 24.06 | 26.53 |
| Ecart Type | 2.75   | 2.95   | 0.96  | 4.35   | 1.39  | 0.52  | 2.09  |
| CV         | 10.3 % | 12.6 % | 3.4 % | 21.8 % | 5.0 % | 2.2 % | 7.9 % |

FLEXION-COTE DE TENACITE

|            | S     | M     | PN    | PCe    | PC     | PS     | PA     |
|------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Moyenne    | 2.14  | 2.11  | 2.31  | 1.78   | 2.36   | 2.37   | 2.37   |
| Ecart Type | 0.02  | 0.20  | 0.12  | 0.27   | 0.31   | 0.29   | 0.25   |
| CV         | 0.9 % | 9.6 % | 5.2 % | 15.2 % | 13.1 % | 12.1 % | 10.4 % |

TRACTION PERPENDICULAIRE-RESISTANCE

|            | S      | M      | PN     | PCe    | PC    | PS     | PA     |
|------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Moyenne    | 16.00  | 16.39  | 22.50  | 8.42   | 14.00 | 19.12  | 35.67  |
| Ecart Type | 3.78   | 3.89   | 8.16   | 2.74   | 0.25  | 6.04   | 4.54   |
| CV         | 23.6 % | 23.7 % | 36.3 % | 32.6 % | 1.8 % | 31.6 % | 12.7 % |

TRACTION PERPENDICULAIRE-COTE D ADHERENCE

|            | S      | M      | PN     | PCe    | PC    | PS     | PA     |
|------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Moyenne    | 0.38   | 0.25   | 0.36   | 0.20   | 0.32  | 0.39   | 0.59   |
| Ecart Type | 0.10   | 0.05   | 0.13   | 0.05   | 0.02  | 0.13   | 0.07   |
| CV         | 26.9 % | 20.5 % | 37.5 % | 25.0 % | 4.8 % | 33.7 % | 12.5 % |

FENDAGE-RESISTANCE

|            | S      | M      | PN     | PCe    | PC     | PS     | PA    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Moyenne    | 9.33   | 14.14  | 15.00  | 10.67  | 11.83  | 13.37  | 25.00 |
| Ecart Type | 2.02   | 1.91   | 3.89   | 1.15   | 1.89   | 1.49   | 2.00  |
| CV         | 21.7 % | 13.5 % | 25.9 % | 10.8 % | 16.0 % | 11.2 % | 8.0 % |

FENDAGE-COTE DE FISSILITE

|            | S      | M      | PN     | PCe    | PC     | PS    | PA    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Moyenne    | 0.22   | 0.22   | 0.23   | 0.26   | 0.27   | 0.27  | 0.41  |
| Ecart Type | 0.05   | 0.03   | 0.05   | 0.03   | 0.03   | 0.02  | 0.04  |
| CV         | 24.2 % | 13.2 % | 22.1 % | 13.2 % | 11.4 % | 7.7 % | 9.7 % |

CISAILLEMENT-RESISTANCE

|            | S      | M      | PN     | PCe    | PC     | PS     | PA     |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Moyenne    | 37.83  | 44.71  | 51.00  | 34.00  | 41.22  | 45.10  | 51.42  |
| Ecart Type | 6.42   | 6.92   | 7.91   | 4.75   | 16.05  | 6.73   | 8.75   |
| CV         | 17.0 % | 15.5 % | 15.5 % | 14.0 % | 38.9 % | 14.9 % | 17.0 % |

CISAILLEMENT-COTE CISAILLEMENT

|            | S      | M      | PN     | PCe    | PC     | PS    | PA    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Moyenne    | 0.22   | 0.22   | 0.23   | 0.26   | 0.27   | 0.27  | 0.41  |
| Ecart Type | 0.05   | 0.03   | 0.05   | 0.03   | 0.03   | 0.02  | 0.04  |
| CV         | 24.2 % | 13.2 % | 22.1 % | 13.2 % | 11.4 % | 7.7 % | 9.7 % |

DURETE

|            | S     | M      | PN     | PCe    | PC     | PS     | PA    |
|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Moyenne    | 1.27  | 4.35   | 4.23   | 1.04   | 1.25   | 1.73   | 4.07  |
| Ecart Type | 0.05  | 1.81   | 2.00   | 0.25   | 0.44   | 0.46   | 0.15  |
| CV         | 3.9 % | 41.7 % | 47.2 % | 24.0 % | 35.0 % | 26.7 % | 3.8 % |

DURETE-COTE DE DURETE

|            | S      | M      | PN     | PCe    | PC     | PS     | PA    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Moyenne    | 6.94   | 10.15  | 10.13  | 6.04   | 6.60   | 7.07   | 11.07 |
| Ecart Type | 0.75   | 3.79   | 3.88   | 1.18   | 1.66   | 1.77   | 0.53  |
| CV         | 10.7 % | 37.4 % | 38.3 % | 19.5 % | 25.2 % | 25.0 % | 4.8 % |

MASSE VOLUMIQUE- 0 % HUMIDITE

|            | S     | M     | PN    | PCe   | PC    | PS    | PA    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Moyenne    | 0.39  | 0.59  | 0.58  | 0.38  | 0.39  | 0.45  | 0.55  |
| Ecart Type | 0.02  | 0.04  | 0.04  | 0.03  | 0.02  | 0.02  | 0.01  |
| CV         | 5.0 % | 6.4 % | 7.0 % | 7.6 % | 5.2 % | 4.3 % | 2.6 % |

MASSE VOLUMIQUE- HUMIDE

|            | S     | M     | PN    | PCe   | PC    | PS    | PA    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Moyenne    | 0.43  | 0.65  | 0.64  | 0.41  | 0.43  | 0.49  | 0.61  |
| Ecart Type | 0.02  | 0.04  | 0.04  | 0.03  | 0.02  | 0.02  | 0.02  |
| CV         | 4.6 % | 6.3 % | 7.0 % | 7.5 % | 5.3 % | 4.5 % | 2.6 % |

