

ÉTUDE SOMMAIRE DU TYPE DE LOI DE DISTRIBUTION DE CERTAINS PARAMÈTRES RADICULAIRES

PAR

D. PICARD*

RÉSUMÉ

Il apparaît, à partir de prélèvements faits sur une jachère à Panicum maximum « Adiopodoumé » dans l'horizon 20-40 cm, que les valeurs des poids secs et surfaces diamétrales d'échantillons de racines prélevées à l'aide d'une sonde à carotter ne sont pas distribuées normalement.

La comparaison de séries de mesures à l'aide de tests statistiques n'est donc pas possible directement.

Cependant, une opération simple, comprenant une translation suivie d'une transformation en logarithme décimal, permet de rapprocher suffisamment ces distributions de celles de lois normales pour utiliser alors les tests et mettre en évidence l'étroite liaison qui existe entre poids sec et surface diamétrale à un instant donné et pour un horizon donné.

SUMMARY

From samples taken from a fallow field of Panicum maximum « Adiopodoumé » (level: 20 to 40 centimeters) it appears that the values of the dry weights and of the diametral surfaces of roots, cut off with a boring-machine, are not normally distributed.

Therefore, a comparison by means of statistical tests between series of measures is not directly possible. However, a simple process, consisting in a translation and then a transformation into decimal logarithm, enables us to reduce these distributions to patterns similar enough to the normal ones, and then to apply the tests and bring out the close connection that exists between the dry weight and the diametral surface at a given time and for a given level.

INTRODUCTION.

Un moyen de suivre l'évolution du système racinaire d'une plante cultivée en plein champ et soumise à différents traitements peut être de prélever des carottes de terre à des niveaux variables, de déterrer les racines (BONZON et PICARD, à paraître) puis de mesurer certains paramètres sur les échantillons obtenus, la surface diamétrale (BONZON 1964) et le poids sec par exemple.

* Chargé de recherche. — Laboratoire d'Agronomie. Centre O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire).

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 17518, ex 2

Classe : A

L'utilisation des tests statistiques pour comparer des séries de mesures demande l'étude du type de loi de distribution de ces paramètres. Ce genre d'étude, pourtant indispensable, semble rarement entrepris.

A cet effet, deux cent carottes ont été prélevées entre 20 et 40 cm de profondeur dans une jachère à *Panicum maximum* variété Adiopodoumé, implantée par bouturage à 40 cm \times 40 cm en Juillet 1964. Les trous, dispersés sur 0,5 ha environ ont été creusés au centre des carrés. Les surfaces diamétrales et les poids secs ont été mesurés pour ces 200 échantillons.

I. DISTRIBUTION DES SURFACES DIAMÉTRALES.

Les deux cent valeurs mesurées vont de 0,6 à 17,9 cm². Le regroupement en classes d'intervalle 2 cm² donne la distribution indiquée au tableau 1 (fig. 1).

Les caractéristiques en sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \text{moyenne } \bar{x}_1 &= 7,03 \\ \text{écart-type } s_1 &= 2,96. \end{aligned}$$

Centre de classes	Limites de classe x_1	Effectif	$y_1 = \frac{x_1 - \bar{x}_1}{s_1}$
	0		-2,37
1	2	2	-1,70
3	4	32	-1,02
5	6	44	-0,35
7	8	51	0,33
9	10	44	1,00
11	12	15	1,68
13	14	7	2,35
15	16	3	3,03
17	18	2	3,71

La valeur de χ^2 :

$$\chi^2 = 14,54$$

est supérieure à celle de $\chi^2_{0,05}$ pour 4 d.d.l. :

$$\chi^2_{0,05} = 9,49.$$

Les moments des 2^e, 3^e et 4^e ordres sont :

$$m_2 = 8,77$$

$$m_3 = 76,91$$

$$m_4 = 674,53.$$

Les coefficients de Pearson,

$$b_1 = 0,42$$

$$b_2 = 3,07$$

indiquent que la loi de distribution s'apparente à une loi de Pearson de type I_i (MORICE et CHARTIER 1954) :

$$y = y_0 \left(1 - \frac{x}{\alpha_1}\right)^{m_1} \left(1 - \frac{x}{\alpha_2}\right)^{m_2}.$$

TABLEAU I

Distribution des surfaces diamétrales

DISTRIBUTION DES SURFACES DIAMÉTRALES

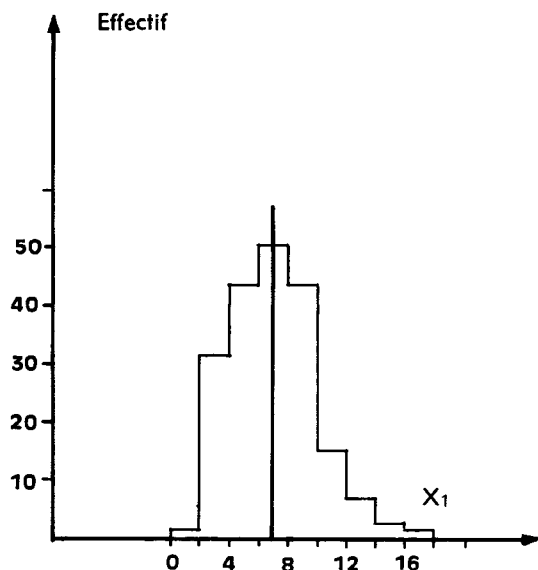


Fig. 1. — Distribution de x_1 .

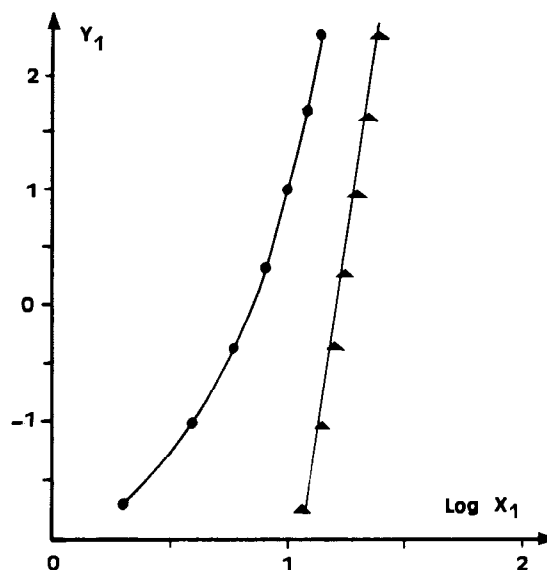


Fig. 2. — Ajustement de x_1 à la loi normale réduite.

Toutefois il semble possible qu'une transformation du type :

$$y'_1 = a_1 \log (x_1 + x_0) + c_1$$

où a_1 , c_1 et x_0 sont des paramètres constants, permette de se ramener à une distribution normale.

Les paramètres a_1 , c_1 et x_0 se détermineront par une méthode graphique comparable à celle utilisée pour ajuster une loi de Galton à une distribution observée (MORICE et CHARTIER 1954).

Sur un graphique, $\log x_1$ est porté en abscisse, y_1 en ordonnée (fig. 2). x_0 est la constante qui, ajoutée à x_1 , amène la transformation en droite de la courbe (y_1 , x_1) originelle.

Les constantes a_1 et c_1 se calculent alors en prenant les valeurs de 2 points particuliers sur la droite.

$$\begin{aligned} x_0 &= 10 \\ a_1 &= 13,3 \\ c_1 &= 16,3 \\ y'_1 &= 13,3 \log (x_1 + 10) - 16,3. \end{aligned}$$

La variable y_1 ainsi définie suit la loi normale réduite (tableau 2). En effet la nouvelle valeur obtenue pour χ^2 :

$$\chi^2 = 5,95$$

est très inférieure à la valeur de $\chi^2_{0,1}$ pour 4 d. d. l. :

$$\chi^2_{0,1} = 7,78.$$

x_1	$y_1 = \frac{x_1 - \bar{x}_1}{s_1}$	y'_1
0	-2,37	-2,93
2	-1,70	-1,88
4	-1,02	-0,98
6	-0,35	-0,21
8	0,33	0,47
10	1,00	1,08
12	1,68	1,63
14	2,35	2,14
16	3,03	2,60
18	3,71	3,03

Pour la commodité du calcul, une transformation légèrement différente a été appliquée aux deux cent données :

$$y'_1 = 1000 \log (x_1 + 10) - 1000.$$

Les caractéristiques de la distribution de y'_1 (tableau III, fig. 3) sont :

$$\bar{y}'_1 = 224,25$$

$$s'_1 = 72,83.$$

TABLEAU II
Ajustement à la loi normale réduite.

Centre de classe	Limites de classe y'_1	Effectif
	0	
25	50	1
75	100	5
125	150	30
175	200	38
225	250	51
275	300	48
325	350	18
375	400	6
425	450	3

TABLEAU III
Distribution de
 $y'_1 = 1000 \log (x_1 + 10) - 1000.$

DISTRIBUTION DES SURFACES DIAMÉTRALES

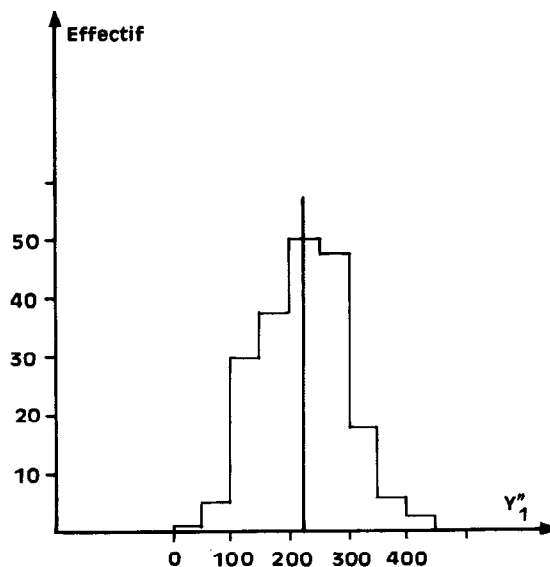


Fig. 3. — Distribution de y'_1 .

Centre de classe	Limites de classe x_2	Effectif	$y_2 = \frac{x_2 - \bar{x}_2}{s_2}$
	0		-1,96
10		8	
	20		-1,40
30		33	
	40		-0,83
50		48	
	60		-0,27
70		49	
	80		0,30
90		26	
	100		0,86
110		16	
	120		1,43
130		11	
	140		1,99
150		5	
	160		2,56
170		2	
	180		3,12
190		2	
	200		3,69

TABLEAU IV
Distribution des poids secs.

II. DISTRIBUTION DES POIDS SECS.

Les résultats obtenus avec les poids secs sont analogues aux précédents. Les valeurs mesurées vont de 3, 4 à 182,2 mg ; elles ont été regroupées en classes d'intervalle 20 mg.

Les caractéristiques de la distribution (tableau 4, fig. 4) sont :

$$\bar{x}_2 = 69,5$$

$$s_2 = 35,4.$$

La valeur de χ^2 :

$$\chi^2 = 17,03$$

est supérieure à celle de $\chi^2_{0,05}$ pour 5 d.d.l. :

$$\chi^2_{0,05} = 11,07.$$

La distribution observée n'est donc pas celle de la loi normale réduite.

Les moments des 2^e, 3^e et 4^e ordre sont :

$$m_2 = 1\ 253$$

$$m_3 = 38\ 930$$

$$m_4 = 5\ 067\ 100.$$

Les coefficients de Pearson :

$$b_1 = 0,77$$

$$b_2 = 3,23$$

indiquent que la courbe de distribution des poids secs s'apparente aussi à une loi de Pearson de type I_1 (MORICE et CHARTIER 1954). Cependant une transformation analogue à celle utilisée pour les surfaces diamétrales la ramènera à la courbe de la loi normale réduite.

$$y'_2 = a_2 \log (x_2 + x'_0) + c_2.$$

L'étude graphique (fig. 5) donne :

$$x'_0 = 200$$

$$a_2 = 16,7$$

$$c_2 = 40,4$$

$$y'_2 = 16,7 \log (x_2 + 200) - 40,4.$$

La variable y' suit la loi normale réduite (tableau V).

La valeur de χ^2 :

$$\chi^2 = 8,08$$

est très supérieure à celle de $\chi^2_{0,1}$ pour 5 d.d.l. :

$$\chi^2_{0,1} = 9,24.$$

DISTRIBUTION DES POIDS SECS

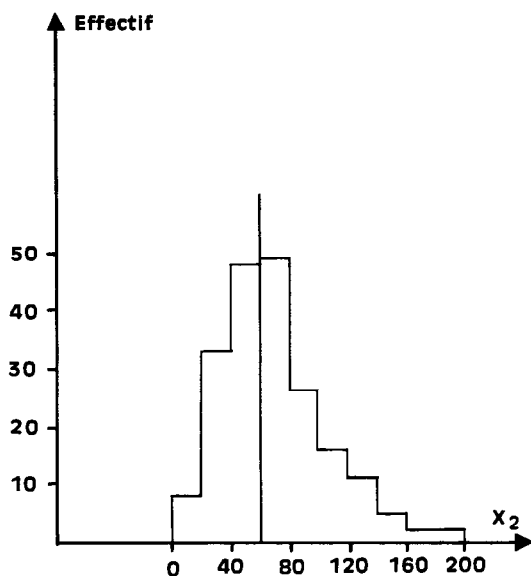


Fig. 4. — Distribution de x_2 .

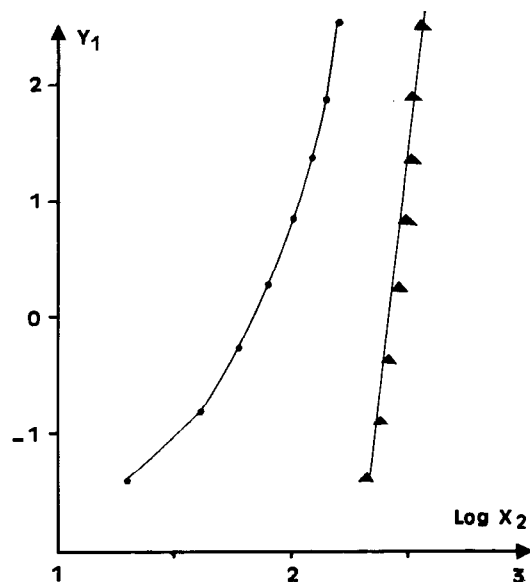


Fig. 5. — Ajustement de x_2 à la loi normale réduite.

Limites de classes x_2	$y_2 = \frac{x_2 - \bar{x}_2}{s_2}$	y'_2
0	-1,96	-1,98
2	-1,40	-1,30
4	-0,83	-0,66
6	-0,27	-0,08
8	0,30	0,45
10	0,86	0,96
12	1,43	1,42
14	1,99	1,86
16	2,56	2,28
18	3,12	2,66
20	3,69	3,04

TABLEAU V
Ajustement à la loi normale réduite.

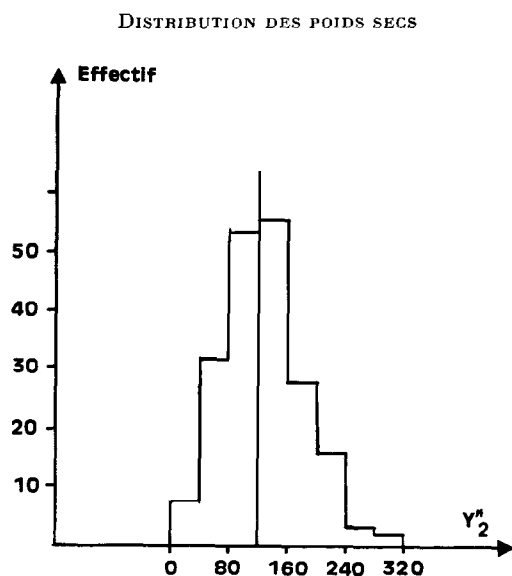


Fig. 6. — Distribution de y''_2 .

Centres de classe	Limites de classes y''_2	Effectif
	0	
20	40	8
60	80	32
100	120	54
140	160	56
180	200	28
220	240	16
260	280	4
300	320	2

TABLEAU VI
Distribution de
 $y''_2 = 1000 \log (x_2 + 200) - 2400$.

Là encore, pour la commodité du calcul, une transformation légèrement différente a été appliquée aux 200 données :

$$y'_2 = 1000 \log (x_2 + 200) - 2300.$$

Les caractéristiques de la distribution de y_2 (tableau VI-fig. 6) sont :

$$\bar{y}_2'' = 127,6$$

$$s_2'' = 55,0.$$

III. CORRÉLATION SURFACE DIAMÉTRALE — POIDS SEC. RÉGRESSION.

Sur les données brutes une étude graphique (fig. 7) montre une liaison étroite entre poids sec et surface diamétrale.

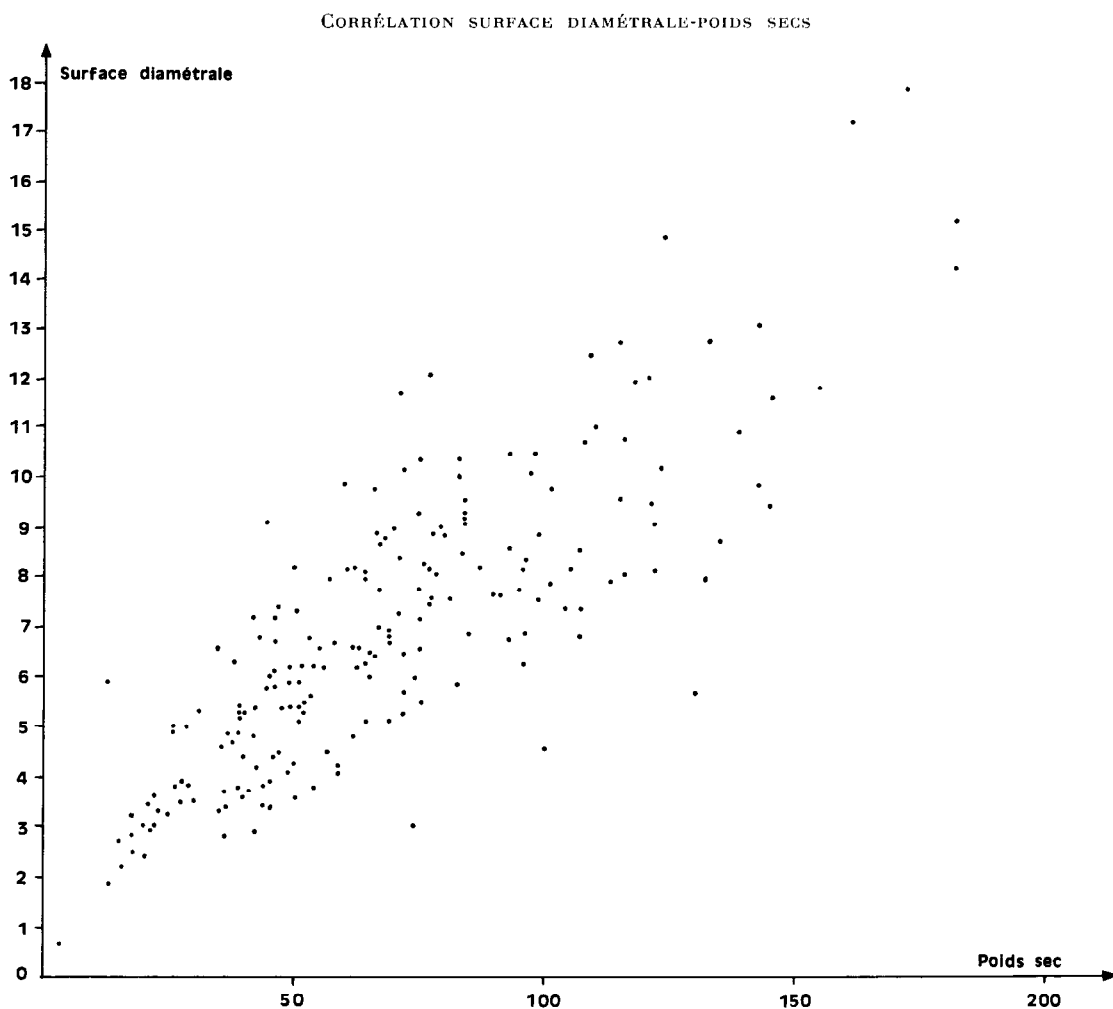


Fig. 7. — Corrélation surface diamétrale-poids sec.

L'aspect du nuage de points, de moins en moins dense lorsque poids sec et surface diamétrale croissent, suggère lui même une transformation logarithmique des paramètres.

Le tableau de corrélation des données transformées y_1' et y_2' est le suivant (tableau VII).

	SURFACE DIAMÉTRALE										
	centres de classes	25	75	125	175	225	275	325	375	425	Total
POIDS SEC	20	1	3	3		1					8
	60		2	16	12	2					32
	100			10	20	18	6				54
	140			1	5	21	23	6			56
	180					9	12	5	2		28
	220						7	5	3		16
	260							2		2	4
	300								1	1	2
Total	1	5	30	38	51	48	18	6	3		

TABLEAU VII
Corrélation poids sec — surface diamétrale.

Le coefficient de corrélation obtenu est positif et hautement significatif :

$$r = 0,61.$$

La droite de régression poids sec / surface diamétrale a pour équation (fig. 8) :

$$y'' = 0,59 y_1'' - 4,7.$$

La « linéarité » de cette droite a été testée (tableau VIII) :

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Carré moyen
Régression linéaire.....	153,50	1	153,50
Écart par rapport à la ligne droite.....	98,39	7	14,06
Total entre classes.....	251,89	8	3,15
Erreur.....	9 332,89	191	48,86
Total général.....	9 584,78	199	48,16

TABLEAU VIII
Test de linéarité.

Le carré moyen de l'écart par rapport à la ligne droite est très inférieur au carré moyen de l'erreur. Ceci pourrait provenir de la forme elliptique accusée du nuage de points. Le calcul des équations des axes de l'ellipse et l'ajustement consécutif à ce calcul sortent du cadre de cette étude.

La droite de régression surface diamétrale / poids sec a pour équation (fig. 8) :

$$y_1'' = 0,63 y_1' + 144.$$

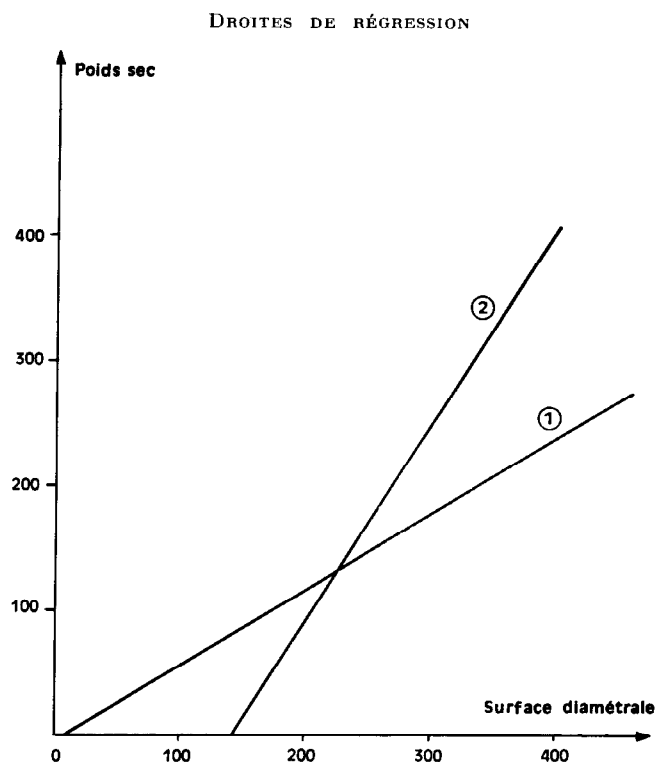


Fig. 8. — Droites de régression.

1. Poids sec / surface diamétrale
2. Surface diamétrale / poids sec.

Le test de linéarité se présente comme le précédent.

La position de ces deux droites par rapport à l'origine des axes (fig. 8) pourrait indiquer qu'une erreur systématique a été commise sur la mesure des surfaces diamétrales sans que le classement relatif des différentes valeurs ait été modifié.

Les positions relatives des deux droites confirment la corrélation existant entre surface diamétrale et poids sec.

CONCLUSION

Les paramètres surface diamétrale et poids sec mesurés sur des échantillons de racines prélevés par carottage dans un même horizon de sol sont distribués selon deux lois comparables, lois de Pearson de type I_1 . Une transformation simple permet de les ramener à la loi normale réduite.

Cependant les paramètres des transformations, déterminés par méthode graphique, dépendent des conditions d'expérience, en particulier de la plante choisie, de l'âge de cette plante, de la nature du sol, de la profondeur à laquelle sont prélevés les échantillons.

Dans le cas général, une transformation logarithmique permettra d'assurer une indépendance de la variance et de la moyenne et une constance de la variance suffisantes pour pouvoir utiliser les tests statistiques à la comparaison de séries de mesures.

BIBLIOGRAPHIE

BONZON (B.), 1964. — Description et mode d'utilisation d'un appareil de mesure photo électrique des surfaces végétales. *Fruits* XIX, 10, 577-581.

BONZON (B.) et PICARD (D.). — Matériel et méthodes mis en œuvre sur le centre O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé pour l'étude de la croissance et du développement en pleine terre des systèmes radiculaires — (*A paraître*).

MORICE (E.) et CHARTIER (F.), 1954. — Méthode statistique — 2^e partie : Analyse statistique, Paris Imprimerie Nationale.

En outre les différents tests ont été pris dans :

BOEUF (F.) et VESSEREAU (A.). — Recherche et expérimentation en Agriculture, tome II.

VESSEREAU (A.), 1960. — Méthodes statistiques en biologie et en Agronomie. Nouvelle Encyclopédie Larousse J.-B. Baillière et Fils, Paris.