

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre d'Adiopodoumé

(Côte d'Ivoire)

---

Laboratoire d' Agronomie

COMPARAISON DE DEUX METHODES  
DE PRELEVEMENT DE RACINES SOUS PRAIRIE

par

G. HAINNAUX

Rapport n°2 du stage fait à la Station I.N.R.A. de Lusignan  
du 9 mai au 1er octobre 1966.

COMPARAISON DE DEUX METHODES  
DE PRELEVEMENT DE RACINES SOUS PRAIRIE

## SOMMAIRE

INTRODUCTION

MATERIEL ET METHODES

- I - Techniques de prélèvement
- II - Traitement des échantillons

ANALYSE DES RESULTATS

- I - Détermination des caractéristiques des distributions
- II - Détermination des intervalles de confiance des caractéristiques et comparaisons
- III- Conclusion sur les comparaisons et calcul des corrélations
- IV - Conclusions

ESTIMATION DE LA MASSE DE RACINES SOUS COUVERT DE PRAIRIES

ETUDE CRITIQUE

CONCLUSION GENERALE

## INTRODUCTION

Le but du travail personnel entrepris est de comparer deux méthodes de prélèvement de racines permettant d'évaluer la masse de racines sous couvert de prairie.

- La méthode servant de témoin est la méthode de prélèvements à la bêche
- La méthode à comparer met en jeu l'emploi d'une mototarière à sonde hélix.

Nous ne traiterons que de l'aspect quantitatif du problème.

Les prélèvements ont été faits dans une prairie de 4 ans (parcelle L) qui comportait initialement

- Fétuque élevée (variété Manade)
- Trèfle blanc (variété S 100 )

semés en lignes alternées espacées de 20 cm.

Au moment de la mise en route de la prospection, le trèfle blanc avait disparu (sa disparition a été notée au bout de 2 ans). D'autre part, la prairie étant exploitée de deux façons :

- 1 moitié fauchée
- 1 moitié pâturée

nous étudierons l'influence de ces deux traitements sur le développement du système racinaire.

## MATERIEL ET METHODES

### I - TECHNIQUES DE PRELEVEMENT

#### 1 - Prélèvements à la bêche

Après avoir creusé à la bêche une fosse cubique de 20 cm d'arête située à cheval sur une ligne de fétuque on pratiquait au couteau deux prélèvements de 5 x 5 x 10 cm entre les niveaux - 5 et -15 cm.

- l'un situé sur la ligne
- l'autre sur l'interligne

#### 2 - Prélèvements à la tarière

On prélève côte à côte deux carottes de 6 cm de diamètre entre les niveaux -5 et -15 cm

- l'une sur la ligne
- l'autre sur l'interligne

On fera ainsi chaque semaine

- deux prélèvements à la bêche dans la zone fauchée et deux dans la zone pâturée
- deux prélèvements à la tarière dans la zone fauchée et deux dans la zone pâturée.

On obtiendra ainsi 8 échantillons à comparer.

### II - TRAITEMENTS DES ECHANTILLONS

Les échantillons obtenus sont séchés à l'étuve durant 30 h environ à 90° C et pesés.

Ils sont alors étalés chacun sur un tamis à mailles carrés de 0,5 mm de côté. Les tamis ainsi remplis sont immergés dans de l'eau salée contenant 5 g/l de chlorure de sodium dont le but est de détruire les agrégats pour permettre une meilleure séparation des racines du sol. Le bord supérieur des tamis affleure à la surface de l'eau. L'immersion dure 60 heures environ.

Ensuite, un lavage au jet sur le tamis permet de séparer la terre des racines et des graviers. On séparera ces graviers des racines par simple décantation.

Les racines ainsi isolées seront séchées pesées.

On a réalisé ainsi 13 séries de 8 prélèvements dont les résultats seront soumis à l'analyse statistique.

Dans ce but les prélèvements "tarière" et "bêche" faits en zone pâturée et fauchée furent faits au hasard. Cela suppose évidemment une certaine homogénéité de la parcelle, homogénéité que nous avons pu apprécier d'après l'aspect extérieur de la végétation.

ANALYSE DES RESULTATS DES PRELEVEMENTS

Nous avons obtenu huit séries de résultats auxquelles correspondent huit distributions caractérisées par :

- Leur médiane, valeur du prélèvement de part et d'autre duquel on trouve un nombre égal d'observations. La valeur de la médiane étant moins influencée que la moyenne arithmétique par les valeurs extrêmes de la variable elle servira de repère pour éliminer les mesures jugées aberrantes à priori.

- Leur moyenne

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{n}$$

- Leur écart-type

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

qui est une caractéristique de dispersion alors que les deux précédentes étaient des caractéristiques de position.

Les valeurs de ces caractéristiques sont indiquées dans le tableau suivant. Les résultats des prélèvements sont pour toutes les séries exprimés en milligrammes de racines sèches contenues dans 100 grammes de terre sèche.

Pour chaque série, la valeur de la médiane a été soulignée.

I - RESULTATS DES PRELEVEMENTS

N° des échantillons	TARIERE						BECHE						
	Fauche			Pâturage			Fauche			Pâturage			
	I	L	I+L/2	I	L	I+L/2	I	L	I+L/2	I	L	I+L/2	
échantillons éliminés	1	12	91		32	116		105	445		99	330	
	2	43	129		39	112		134	412		132	316	
Echantillons conservés et utilisés pour les calculs	3	38	92	65	<u>29</u>	<u>75</u>	<u>52</u>	76	131	<u>103,5</u>	59	118	88,5
	4	<u>32</u>	85	58,5	23	67	45	86	149	117,5	66	119	92,5
	5	39	101	70	33	66	49,5	<u>74</u>	149	111,5	71	101	86
	6	28	87	57,5	37	85	61	60	135	<u>97,5</u>	76	<u>117</u>	96,5
	7	28	81	54,5	30	81	55,5	72	148	110	<u>67</u>	123	95
	8	30	99	54,5	22	71	46,5	67	126	<u>96,5</u>	49	98	73,5
	9	35	<u>91</u>	<u>63</u>	28	79	53,5	78	<u>137</u>	<u>107,5</u>	64	112	88
	10	31	88	59,5	27	74	50,5	85	136	110,5	65	116	90,5
	11	36	98	67	34	78	56	82	145	113,5	77	119	98
	12	29	85	57	28	68	48	63	134	<u>98,5</u>	69	108	88,5
	13	33	94	63,5	31	76	53,5	73	142	<u>107,5</u>	74	120	97
	$\sum$ xi	359	1001	680	322	820	571	816	1532	1174	737	1251	994
	$\bar{x}$	32,6	91,0	61,8	29,3	74,5	51,9	74,2	139,3	106,7	67,0	113,7	90,4
$s^2$	15,2	42,0	22,7	20,0	37,1	21,7	71,9	61,2	47,9	65,2	66,0	48,2	

I = Interligne

L = Ligne



L'examen du tableau des résultats permet plusieurs constatations :

- Si l'on considère les moyennes, on s'aperçoit que la bêche permet d'extraire une quantité plus importante de racines que la tarière. Ce phénomène est plus accusé pour les prélèvements faits sur l'interligne où il y a moins de racines que pour ceux faits sur la ligne où il y a plus de racines. D'autre part, les rapports des quantités extraites à la bêche et à la tarière restant, toutes choses égales par ailleurs, les mêmes dans la zone pâturée et dans la zone fauchée, ce phénomène est identique pour ces deux zones.

	Fauche			Pâturée		
	I	L	I+L/2	I	L	I+L/2
Bêche (1)	816	1532	1174	737	1251	994
Tarière (2)	359	1001	680	322	820	571
Rapport (1)/(2)	2,3	1,5	1,7	2,3	1,5	1,7

- Si l'on considère maintenant les variances, on constate qu'elles sont plus importantes pour les séries prélevées à la bêche que pour celles prélevées à la tarière. S'une façon générale, les variances varient dans le même sens que les quantités de racines extraites.

D'autre part, si l'on compare dans chaque cas :

$$S_I^2 + S_L^2 \text{ a } 4 \frac{S_{I+L}^2}{2}$$

		$S_I^2 + S_L^2$	$4 \frac{S_{I+L}^2}{2}$
Tarière	Fauche	15,2 + 42 = 57,2	90,2
	Pâtûre	19 + 37,1 = 56,1	86,8
Bêche	Fauche	71,9 + 61,2 = 133,1	151,6
	Pâtûre	65,2 + 66 = 131,2	152,8

On constate qu'il n'y a pas égalité entre ces deux quantités. Il n'y a donc pas indépendance entre les prélèvements faits sur la ligne et ceux faits sur l'interligne. Il nous faudra essayer de déterminer la liaison existant entre ces deux séries de variables.

Auparavant, nous allons vérifier la normalité de nos huit distributions en estimant les coefficients de PEARSON  $b_1$  et  $b_2$  qui dans le cas d'une distribution normale sont respectivement égaux à 0 et à 3. (étant donné le faible nombre d'observation dont nous disposons, nous ne pouvons pas faire d'ajustements.)

$$b_1 = \frac{m_3^2}{m_2^3} \qquad b_2 = \frac{m_4}{m_2^2}$$

Nous allons devoir calculer les moments centrés jusqu'au 4ème ordre

$$m_2 = S^2 = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$m_3 = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^3}{n - 1}$$

$$m_4 = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^4}{n - 1}$$

Nous poserons  $(x_i - \bar{x}) = a$ , n est égal à 11.

TARIERE

	I				L				(I+L)/2			
	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	a <sup>4</sup>	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	a <sup>4</sup>	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	a <sup>4</sup>
FAUCHE	5,4	29,2	157,5	350,5	0	0	0	0	3,2	10,2	32,8	
	-0,6	0,4	-0,2	0,1	-6	36	-216	1296	3,3	10,8	-35,9	
	6,4	40,9	262,1	1677,4	10	100	1000	10000	8,2	67,2	551,4	
	-4,6	21,2	-97,3	447,6	-4	16	-64	256	4,3	18,5	-79,5	
	-4,6	21,2	-97,3	447,6	-10	100	-1000	10000	7,3	53,3	-389,1	
	-2,6	6,7	-17,6	45,8	8	64	512	4096	2,7	7,3	19,7	
	-2,4	5,8	13,8	33,1	1	1	1	1	1,2	1,4	1,7	
	-1,6	2,6	-4,1	6,6	-3	9	-27	81	2,3	5,3	-12,2	
	3,4	11,6	39,3	133,6	7	49	343	2401	5,2	27	140,6	
	3,6	12,9	-46,4	167	-6	36	-216	1296	4,8	23	110,6	
	0,4	0,2	0,1	0	3	9	27	81	1,7	2,9	4,9	
$\sum_i/n-1$	15,2	21	380,9		42	36	2950,8		22,7	12,4	928,1	
PATURE	-0,3	0,1	0	0	0,5	0,3	0,1	0	0,1	0	0	0
	-6,3	39,7	-250	1575	-7,5	56,2	-421,9	3164,2	-6,9	47,6	-328,5	2266,6
	3,7	13,7	50,6	187,2	-8,5	72,2	-614,1	5219,8	-2,4	5,8	-13,8	33,1
	7,7	59,3	456,5	3515	10,5	110,2	1157,6	1215,8	9,1	82,8	753,6	685,8
	0,7	0,5	0,3	0,2	6,5	42,2	274,6	1784,9	3,6	12,9	46,7	168,1
	-7,3	53,3	-389	2839,7	-3,5	12,2	42,9	150,1	-5,4	29,2	-157,5	80,5
	-1,3	1,7	-2,2	286	4,5	20,2	91,1	409,9	1,6	2,6	4,1	6,6
	-2,3	5,3	-12,2	28,1	-0,5	0,3	-0,1	0	-1,4	1,9	-2,7	3,8
	4,7	22,1	103,8	487,9	3,5	12,2	42,9	150,1	4,1	16,8	68,9	282,5
	-1,3	1,7	-2,2	286	-6,5	42,2	-274,6	1784,9	-3,9	15,2	-59,3	231,3
	1,7	2,9	4,9	8,3	1,5	2,2	3,4	5,1	1,6	2,6	4,1	6,6
$\sum_i/n-1$	20	-3,9	921,3		37	21,6	2482,4		21,7	31,6	1070,7	

BECHE

	I				L				(I+L)/2			
	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	a <sup>4</sup>	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	a <sup>4</sup>	a	a <sup>2</sup>	a <sup>3</sup>	a <sup>4</sup>
FAUCHE	1,8	3,2	5,8	10,4	-8,3	68,9	-571,8	4745,9	-3,2	10,2	-32,8	104,9
	11,8	139,2	1643	19347,4	9,7	94,1	912,7	8853,2	10,8	116,6	1259,7	13604,8
	-0,2	0	0	0	9,7	94,1	912,7	8853,2	4,8	23	110,6	530,9
	-4,2	201,6	-2863,3	40658,9	-4,3	18,5	-79,5	341,8	-9,2	84,6	-778,7	7164
	-2,2	4,8	-10,6	23,3	8,7	75,7	658,5	5728,9	3,3	10,9	35,9	118,5
	-7,2	51,8	-373,2	2687	-13,3	176,9	-2352,6	1289,6	-10,2	104	-1061,2	10824,2
	3,8	14,4	54,9	208,6	-2,3	5,3	12,2	28,1	0,8	0,6	0,5	0,4
	10,8	116,6	1259,7	13604,8	-3,3	10,9	35,9	118,5	3,8	14,4	54,9	208,6
	7,8	60,8	474,6	3701,9	5,7	32,5	185,2	1055,6	6,8	46,2	314,4	2137,9
	-11,2	125,4	-1404,9	15734,9	-5,3	28,1	-148,9	789,2	-8,2	67,2	-551,4	4521,5
	-1,2	1,4	-1,7	2	2,7	7,3	19,7	53,2	0,8	0,6	0,5	0,3
$\sum_{h=1}$	71,9	-121,6	9597,9		61,2	-51,2	6185,7		47,9	-68,3	3921,6	
PATURE	-8	64	-512	4096	4,3	18,5	79,5	341,8	-1,9	3,6	-6,8	12,9
	-1	1	-1	1	5,3	28,1	148,9	789,2	2,1	4,4	9,3	19,5
	4	16	64	256	-12,7	161,3	-2048,4	26014,7	-4,4	19,4	-85,2	374,9
	9	81	729	6561	3,3	10,9	35,9	118,5	6,1	37,2	226,9	1384,1
	0	0	0	0	9,3	86,5	804,4	7480,9	4,6	21,2	97,3	447,6
	-18	324	-5832	104976	-15,7	246,5	-38699,6	50757,4	-16,9	285,6	-4826,8	81572,9
	-3	9	-27	81	-1,7	2,9	-4,9	8,3	-2,4	5,8	-13,8	33,1
	-2	4	-8	16	2,3	5,3	12,2	28,1	0,1	0	0	0
10	100	1000	10000	5,3	28,1	148,9	789,2	7,6	57,8	438,9	3335,6	
2	4	8	16	5,7	32,5	185,2	1055,6	-1,9	3,6	-6,8	129,2	
7	49	343	2401	6,3	39,7	250	1575	6,6	43,6	287,5	1897,5	
$\sum_{i/n-1}$	65,2	423,6	12840,4		66,0	462,9	9895,8		48,2	388,9	8920,7	

	TARIERE						BECHE					
	Fauche			Pâture			Fauche			Pâture		
	I	L	I+L/2	I	L	I+L/2	I	L	I+L/2	I	L	I+L/2
m <sub>2</sub>	15,2	42	22,7	20	37	21,7	71,9	61,2	47,9	65,2	66	48,2
m <sub>2</sub> <sup>2</sup>	231	1764	515,3	400	1369	470,9	5169,6	3745,4	2294,4	4251,0	4356	2323,2
m <sub>2</sub> <sup>3</sup>	3511,8	74088	11697,1	8000	50653	10218,3	371694,9	229220,9	1099022,2	27167,8	287496	111980,2
m <sub>3</sub>	21	36	12,4	- 3,9	21,6	31,6	- 121,6	- 51,2	- 68,3	- 423,6	- 462,9	- 388,9
m <sub>3</sub> <sup>2</sup>	441	1296	153,8	15,2	466,6	998,6	14786,6	2621,4	4664,9	1799436	214276,4	51243,2
m <sub>4</sub>	380,9	2950,8	928,1	921,3	2482,4	1070,7	9597,9	6185,7	3921,6	12840,4	9895,8	8920,7
b1	1,2 · 10 <sup>1</sup>	1,5 · 10 <sup>2</sup>	1,2 · 10 <sup>2</sup>	1,9 · 10 <sup>3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	4 · 10 <sup>2</sup>	1,1 · 10 <sup>2</sup>	5 · 10 <sup>2</sup>	5 · 10 <sup>1</sup>	7 · 10 <sup>1</sup>	1,3
b2	1,7	1,8	1,8	2,2	1,9	2,4	1,9	1,8	1,8	3,2	2,5	3,8

Les moments centrés du troisième ordre étant tous différents de zéro (sauf pour les prélèvements faits à la tarière sur les interlignes de la zone pâturée où il en est voisin), les distributions obtenues ne sont pas symétriques donc ne sont pas normales.

Pour les prélèvements faits à la tarière, les  $b_1$  sont positifs, donc les distributions sont allongées vers la droite alors que c'est l'inverse qui se produit pour les prélèvements faits à la bêche ( $b_1$  négatifs). D'autre part, les  $b_2$  étant inférieurs à 3 les distributions sont plus aplaties que des distributions normales.

Toutefois, il nous semble à priori difficile d'expliquer pourquoi toutes les "distributions tarière" sont allongées d'un côté alors que les "distributions bêche" le sont de l'autre. Il nous paraît plus logique d'admettre, étant donné le faible nombre d'observations dont nous disposons, que les distributions obtenues sont normales. En outre, les faibles différences entre les valeurs des médianes et des moyennes accèdent l'hypothèse d'une distribution symétrique.

D'ailleurs, dans des échantillons de 11 individus, il y a une probabilité de 95 % pour que les valeurs observées de  $b_1$  et  $b_2$  ne s'écartent pas des limites indiquées ci-dessous :

$$b_1 = 0,7 \qquad 1,7 < b_2 < 4,3$$

Ces valeurs limites ont été calculées par extrapolation graphique (on connaissait ces limites au même seuil de probabilité pour des échantillons de tailles diverses). On peut donc considérer les distributions obtenues comme normales.

#### CALCUL DU COEFFICIENT DE CORRELATION ENTRE LIGNE ET INTERLIGNE

Quand 2 variables I et L ne sont pas indépendantes, on a :

$$S_I^2 + L = S_I^2 + S_L^2 + 2r S_I S_L$$

où r est le coefficient de corrélation

$$\text{soit } r = \frac{S_I^2 + L - (S_I^2 + S_L^2)}{2 S_I S_L}$$

D'où :

		r
Tarière	Fauche	0,61
	Pâturage	0,57
Bêche	Fauche	0,14
	Pâturage	0,17

Alors qu'il y a une liaison assez étroite pour les prélèvements "tarière", elle est pratiquement nulle pour les prélèvements "bêche".

## II - DETERMINATION DES INTERVALLES DE CONFIANCE DES CARACTERISTIQUES DES DISTRIBUTIONS -

Les distributions observées étant considérées comme normales, il est désormais possible de déterminer les intervalles de confiance de leurs caractéristiques et de comparer ces caractéristiques.

Pour les opérations suivantes, la taille de nos échantillons ( $n = 11$ ) sera considérée comme petite.

### A - Cas des moyennes -

Connaissant pour un échantillon une moyenne observée  $\bar{x}$ , la moyenne théorique étant  $\mu$ , on peut déterminer l'intervalle de confiance pour  $\mu$ . L'intervalle qui a une probabilité  $1-\alpha$  de contenir  $\mu$  est  $\bar{x} \pm t_{\alpha} \sqrt{\frac{s}{n}}$

$t$  étant la valeur lue dans la table  $P(t)$  à la colonne correspondant à  $\alpha$  et pour  $n - 1$  degré de liberté.

Pour  $\alpha = 0,05$  et  $n = 11$ ,  $t_{\alpha} = 2,23$

L'intervalle de confiance à 95 % pour  $\mu$  est  $= \bar{x} \pm 2,23 \sqrt{\frac{s}{n}}$

ou encore  $\sqrt{11}$  étant égal à : 3,32  $\bar{x} \pm 0,67 s$

		Fauche				Pâture		
		$\bar{x} - 0,67S$	$\bar{x} \pm 0,67S$	$\bar{x} - 0,67S$	$\bar{x} - 0,67S$	$\bar{x} \pm 0,67S$	$\bar{x} + 0,67S$	
TARIERE	I	30	32,6 $\pm$ 2,6	35,2	26,3	29,3 $\pm$ 3	32,3	
	L	86,6	91 $\pm$ 4,4	95,4	70,4	74,5 $\pm$ 4,1	78,6	
	$\frac{I+L}{2}$	58,6	61,8 $\pm$ 3,2	65	48,8	51,9 $\pm$ 3,1	55	
BECHE	I	68,5	74,2 $\pm$ 5,7	79,9	61,6	67 $\pm$ 5,4	72,4	
	L	134,1	139,3 $\pm$ 5,2	144,5	108,3	113,7 $\pm$ 5,4	119,1	
	$\frac{I+L}{2}$	102,1	106,7 $\pm$ 4,6	111,3	85,8	90,4 $\pm$ 4,6	95	

Sauf pour les prélèvements faits sur les interlignes, on constate que le traitement fauche est différent du traitement pâture au seuil choisi ( $\alpha = 0,05$ )

Pour  $\alpha = 0,0001$   $T = 7,59$  l'intervalle est :  $\bar{x} \pm 2,4 S$

Dans ce cas, les intervalles de confiance des moyennes pour les traitements fauche et pâture se recoupent et l'on ne peut conclure sans faire un test de comparaison. Toutefois le choix d'un tel seuil est impensable pour le type d'essai qui nous concerne.

B - Cas des variances -

Quand  $n$  est petit, la variable suivant une loi normale, on sait que  $\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{\sigma^2} = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2}$  suit une loi de  $\chi^2$  à  $n-1$  degrés de liberté.

L'intervalle  $S \sqrt{\frac{n-1}{\chi^2_{\alpha_1}}}$ ,  $S \sqrt{\frac{n-1}{\chi^2_{1-\alpha_2}}}$  est sous la

probabilité  $(1 - \alpha_1 - \alpha_2)$  un intervalle de confiance pour  $\sigma$

Nous prendrons  $\alpha_1 = 0,025$  et  $\alpha_2 = 0,025$

D'où :

$$\chi^2_{0,025} = 20,5 \text{ et } \chi^2_{0,975} = 3,25$$

$$\frac{n-1}{20,5} = 0,5 \quad \text{et} \quad \frac{n-1}{3,25} = 3,1$$



		FAUCHE				PATURE	
		$S^2 \frac{n-1}{\chi^2_{\alpha_1}}$	$S^2$	$S^2 \frac{n-1}{\chi^2_{1-\alpha_2}}$	$S^2 \frac{n-1}{\chi^2_{\alpha_1}}$	$S^2$	$S^2 \frac{n-1}{\chi^2_{1-\alpha_2}}$
TARIERE	I	7,6	15,2	47,1	10	20	61
	L	21	42	130,2	18,6	37,1	115
	$\frac{I+L}{2}$	11,3	22,7	70,4	10,8	21,7	67,3
BECHE	I	35,5	71,9	222,9	32,6	65,2	202,1
	L	30,6	61,2	189,7	33	66	204
	$\frac{I+L}{2}$	23,9	47,9	148,5	24,1	48,2	149,4

On ne peut sans faire de test de comparaison différencier les traitements fauche et pâture.

C - Comparaison des moyennes entre fauche et pâture -

L'hypothèse à tester est la suivante : est-il admissible de considérer la série fauche et la série pâture correspondante comme constituant deux échantillons tirés au hasard d'une même population ?

Si la réponse est négative, les 2 moyennes seront jugées significativement distinctes.

On utilise le test t avec  $t = \frac{\bar{x}_F - \bar{x}_P}{\sqrt{\frac{S^2}{2}}}$

S étant estimé par  $S^2 = \frac{\sum_P (x_P - \bar{x}_P)^2 + \sum_F (x_F - \bar{x}_F)^2}{2n - 2}$

	Interligne			Ligne			1/2(ligne+interligne)		
	S	$\bar{x}_F - \bar{x}_P$	t	S	$\bar{x}_F - \bar{x}_P$	t	S	$\bar{x}_F - \bar{x}_P$	t
TARIERE	4,2	3,3	1,8	6,3	16,5	6,1	4,7	9,9	4,9
BECHE	8,3	7,2	2	7,9	25,6	7,5	6,9	16,3	5,4

Au seuil 0,05  $t = 2,1$  pour 20 degrés de liberté

Tous les  $t$  calculés, sauf sur l'interligne, sont supérieurs au  $t$  table.

Donc :

1) Sur l'interligne les moyennes des traitements fauche et pâture ne diffèrent pas significativement

2) Sur la ligne ces moyennes sont significativement différentes

D - Comparaison des variances fauche - pâture -

Nous allons tester si le rapport  $\frac{S_F^2}{S_P^2}$  est significativement différent de 1.

	Interligne	Ligne	1/2(ligne + interligne)
Tarière	0,76	1,13	1,05
Bêche	1,10	0,93	0,99

Au seuil 0,05, le F table vaut 2,97 pour 10 degrés de liberté

Le rapport des variances est compris en 2,97 et  $\frac{1}{2,97} = 0,34$  avec une probabilité de 90 %

Les F calculés sont tous compris dans cet intervalle. Donc  $S_F^2$  et  $S_P^2$  ne sont pas significativement différents.

E - Comparaisons des variances entre tarière et bêche -

Les moyennes entre tarière et bêche sont significativement différentes. L'examen des intervalles de confiance permet de s'en rendre compte. Il n'en est pas de même pour les variances.

III - EN CONCLUSION ON PEUT DIRE QUE -

- Pour les prélèvements faits sur l'interligne, il n'y a pas de différence entre la fauche et la pâture. Les variances et les moyennes ne sont pas significativement différentes.

Pour les prélèvements faits sur la ligne, les deux traitements sont différents, les échantillons ayant une dispersion identique mais des moyennes significativement différentes.

Le problème est de savoir s'il existe une liaison entre ces deux séries de variables (série fauche et série pâture) dans chaque cas.

Pour mettre en évidence cette liaison, si elle existe, nous calculerons les coefficients de corrélation.

$$r = \frac{\sum_i (x_{iF} - \bar{x}_F) (x_P - \bar{x}_P)}{\sqrt{\sum (x_F - \bar{x}_F)^2 \times \sum (x_P - \bar{x}_P)^2}}$$

Ce calcul n'ayant de sens que si les lignes de régression sont des droites, on devra vérifier ce fait en premier. Cette vérification se fera graphiquement.

- De la même façon, nous vérifierons la liaison bêche - tarière dans chaque série.

CORRELATION FAUCHE - PATURE

A - Tarière -

numéro du Prélèvement	Interligne			Ligne			1/2 (Ligne+Interligne)		
	(1) $x_F - \bar{x}_F$	(2) $x_P - \bar{x}_P$	(1) x (2)	(1) $x_F - \bar{x}_F$	(2) $x_P - \bar{x}_P$	(1)x(2)	(1) $x_F - \bar{x}_F$	(2) $x_P - \bar{x}_P$	(1)x(2)
1	5,4	- 0,3	- 1,6	0	0,5	0	3,2	0,1	0,3
2	- 0,6	- 6,3	3,8	- 6	- 7,5	45	- 3,3	- 6,9	22,8
3	6,4	3,7	23,7	10	- 8,5	- 85	8,2	- 2,4	- 19,7
4	- 4,6	7,7	- 35,4	- 4	10,5	- 42	- 4,3	9,1	- 39,1
5	- 4,6	0,7	- 3,2	- 10	6,5	- 65	- 7,3	3,6	- 26,3
6	- 2,6	- 7,3	19	8	- 3,5	- 28	2,7	- 5,4	- 14,6
7	2,4	- 1,3	- 3,1	1	4,5	4,5	1,2	1,6	1,9
8	- 1,6	- 2,3	3,7	- 3	- 0,5	1,5	- 2,3	- 1,4	3,2
9	3,4	4,7	20	7	3,5	24,5	5,2	4,1	21,3
10	- 3,6	- 1,3	4,7	- 6	- 6,5	39	- 4,8	- 3,9	18,7
11	0,4	1,7	0,7	3	1,5	4,5	1,7	1,6	2,7
$\Sigma$			32,3			- 10,1			- 14,2
$\left[ \sum a_F^2 \times \sum a_P^2 \right]^{1/2}$	$\sqrt{152 \times 200}$		174	$\sqrt{420 \times 370}$		394,2	$\sqrt{227 \times 217}$		221,9
r	+ 0,19			- 0,26			- 0,07		

CORRELATION FAUCHE - PATURE

B - Bêche -

numéro du Prélèvement	Interligne			Ligne			1/2 (ligne + interligne)		
	(1)	(2)	(1) x (2)	(1)	(2)	(1) x (2)	(1)	(2)	(1)x(2)
1	1,8	- 8	- 14,4	- 8,3	4,3	- 35,7	- 3,2	- 1,9	6,1
2	11,8	- 1	- 11,8	9,7	5,3	51,4	10,8	2,1	22,7
3	- 0,2	4	0,8	9,7	- 12,7	- 123,2	4,8	- 4,4	- 21,1
4	- 14,2	9	- 127,8	- 4,3	3,3	- 14,2	- 9,2	6,1	- 56,1
5	- 2,2	0	0	8,7	9,3	80,9	3,3	4,6	15,2
6	- 7,2	- 18	- 129,6	- 13,3	- 15,7	208,8	- 10,2	- 16,9	172,4
7	3,8	- 3	- 11,4	- 2,3	- 1,7	3,9	0,8	- 2,4	- 1,9
8	10,8	- 2	- 21,6	- 3,3	- 2,3	- 7,6	3,8	0,1	0,4
9	7,8	10	78	5,7	5,3	30,2	6,8	7,6	51,7
10	- 11,2	2	- 22,4	- 5,3	- 5,7	30,2	- 8,2	- 1,9	15,6
11	- 1,2	7	- 8,4	2,7	6,3	17	0,8	6,6	5,3
$\Sigma$			- 11			241,7			210,3
$\left[ \sum a_F^2 \times \sum a_P^2 \right]^{1/2}$	$\sqrt{719 \times 652}$		648,7	$\sqrt{612 \times 660}$		635,5	$\sqrt{479 \times 482}$		480,5
r		- 0,02		+ 0,38			+ 0,44		

CORRELATION TARIERE - BECHE

A - Fauche -

numéro du Prélèvement	Interligne			Ligne			1/2 (ligne + interligne)		
	(1) $x_T - x_T$	(2) $x_B - x_B$	(1) x (2)	(1)	(2)	(1)x(2)	(1)	(2)	(1) x(2)
1	5,4	1,8	9,7	0	- 8,3	0	3,2	- 3,2	- 10,2
2	- 0,6	11,8	- 7,1	- 6	9,7	- 58,2	- 3,3	10,8	- 35,6
3	6,4	- 0,2	- 1,3	10	9,7	97	8,2	4,8	39,4
4	- 4,6	- 14,2	65,3	- 4	- 4,3	17,2	- 4,3	- 9,2	39,6
5	- 4,6	- 2,2	10,1	-10	8,7	- 87	- 7,3	3,3	- 24,1
6	- 2,6	- 7,2	18,7	8	- 13,3	-106,4	2,7	- 10,2	- 27,5
7	2,4	3,8	9,1	1	- 2,3	- 2,3	1,2	0,8	1
8	- 1,6	10,8	- 17,3	- 3	- 3,3	9,9	- 2,3	3,8	- 8,7
9	3,4	7,8	26,5	7	5,7	39,9	5,2	6,8	35,4
10	- 3,6	- 11,2	40,3	- 6	- 5,3	31,8	- 4,8	- 8,2	39,4
11	0,4	- 1,2	- 0,5	3	2,7	8,1	1,7	0,8	1,4
$\Sigma$			+ 153,6			- 50			+ 329,5
$\sqrt{\Sigma a_T^2} \times \sqrt{\Sigma a_B^2}$	$\sqrt{152 \times 719}$		330,6	$\sqrt{420 \times 612}$		506,9	$\sqrt{227 \times 479}$		329,6
r		+ 0,46			- 0,1			+ 0,26	

CORRELATION TARIERE - BECHE

B - Pâture -

numéro du Prélèvement	Interligne			Ligne			1/2 (ligne + interligne)		
	(1)	(2)	(1)x(2)	(1)	(2)	(1)x(2)	(1)	(2)	(1)x(2)
1	- 0,3	- 8	2,4	0,5	4,3	2,2	0,1	- 1,9	- 0,2
2	- 6,3	- 1	6,3	- 7,5	5,3	- 39,7	- 6,9	2,1	- 14,5
3	- 3,7	4	14,8	- 8,5	-12,7	-107,9	- 2,4	- 4,4	10,6
4	7,7	9	69,3	10,5	3,3	34,6	9,1	6,1	55,5
5	0,7	0	0	6,5	9,3	60,4	3,6	4,6	16,6
6	- 7,3	- 18	131,4	- 3,5	-15,7	54,9	- 5,4	-16,9	91,3
7	- 1,3	- 3	3,9	4,5	- 1,7	- 7,6	1,6	- 2,4	- 3,8
8	- 2,3	- 2	4,6	- 0,5	2,3	- 1,1	- 1,4	0,1	- 0,1
9	4,7	10	47	3,5	5,3	18,5	4,1	7,6	31,2
10	- 1,3	2	- 2,6	6,5	- 5,7	37	- 3,9	- 1,9	7,4
11	1,7	7	11,9	1,5	6,3	9,4	1,6	6,6	10,6
$\Sigma$			+ 289			+ 276,5			+ 204,6
$\sqrt{\Sigma a_T^2} \times \sqrt{\Sigma a_B^2}$	$\sqrt{200 \times 652}$		361,1	$\sqrt{370 \times 660}$		494,2	$\sqrt{217 \times 482}$		323,4
r	+ 0,80			+ 0,56			+ 0,63		

Etant donné le faible nombre de mesures dont nous disposons pour chaque série, il est nécessaire de tester les valeurs de r obtenues.

On peut tester r par rapport à zéro en calculant :

$$t = \frac{r}{(1 - r^2)^{\frac{1}{2}}} \sqrt{n - 2}$$

et en cherchant la probabilité correspondante dans la table de t à la ligne n - 2

Avec n = 1       $t = \frac{3 r}{(1 - r^2)^{\frac{1}{2}}}$

	Interligne			Ligne			1/2 (ligne et Interligne)		
	r <sub>1</sub>	t	P	r <sub>2</sub>	t	P	r <sub>3</sub>	t	P
Fauche(1)	+ 0,46	1,55	0,15	- 0,1	- 0,3	0,75	+0,26	0,81	0,45
Pâture(1)	+ 0,80	4	0,001	+0,56	2,02	0,05	+0,63	2,42	0,05
Tarière (2)	+ 0,19	0,58	0,55	-0,26	- 0,81	0,45	-0,07	-0,2	0,85
Bêche(2)	- 0,02	-0,06	0,95	+0,38	1,23	0,25	+0,44	1,47	0,15

(1) corrélation Tarière - Bêche

(2) corrélation Fauche - Pâture

La limite de r au seuil 0,05 pour 9 degrés de liberté est 0,60. Les seuls coefficients significativement différents de 0 au seuil 0,05 sont les coefficients Tarière - Bêche calculés sur les prélèvements faits en zone pâturée.

Nous pouvons comparer les 3 coefficients significatifs

Soit la variable z transformée de r telle que :

$$z = \frac{1}{2} \log \frac{1 + r}{1 - r}$$



On peut calculer  $z'$  auquel correspond  $r'$  coefficient moyen  $z'$  étant la moyenne des  $z$  pondérés de façon inversement proportionnelle à leur variance soit dans notre cas :

$$z' = \frac{z_1 + z_2 + z_3}{3} = 0,82 \quad \text{-----} \rightarrow r' = 0,67$$

On peut se demander si  $r_1$ ,  $r_2$  et  $r_3$  forment un ensemble homogène

Dans le cas où les 3 valeurs  $z$  proviennent d'une même population, dont la moyenne est estimée par  $z'$ , la quantité  $\sum_i (n - 3) (z_i - z')^2$  est distribuée en loi de  $\chi^2$  à 2 degrés de liberté.

Ici  $\chi^2 = 2,297$

Au seuil 0,10 ( $\chi^2 = 6,25$ ). On peut estimer que les coefficients forment un ensemble homogène. On peut considérer  $r' = 0,67$  comme coefficient unique applicable dans les 3 cas.

#### EQUATIONS DES DROITES DE REGRESSION

Dans le cas de 2 variables  $x$  et  $y$  dont l'intensité de la liaison est mesuré par  $r$ , les équations des droites de régression sont :

$$y' - \bar{y} = r \frac{SY}{SX} (x - \bar{x})$$

$$x' - \bar{x} = r \frac{SX}{SY} (y - \bar{y})$$

ou encore :

$$y' - \bar{y} = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} (x - \bar{x})$$

$$x' - \bar{x} = \frac{\sum_i (x - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} = (y - \bar{y})$$

#### A - Corrélation - Fauche - Pâture -

##### a) Tarière

##### 1) Interligne

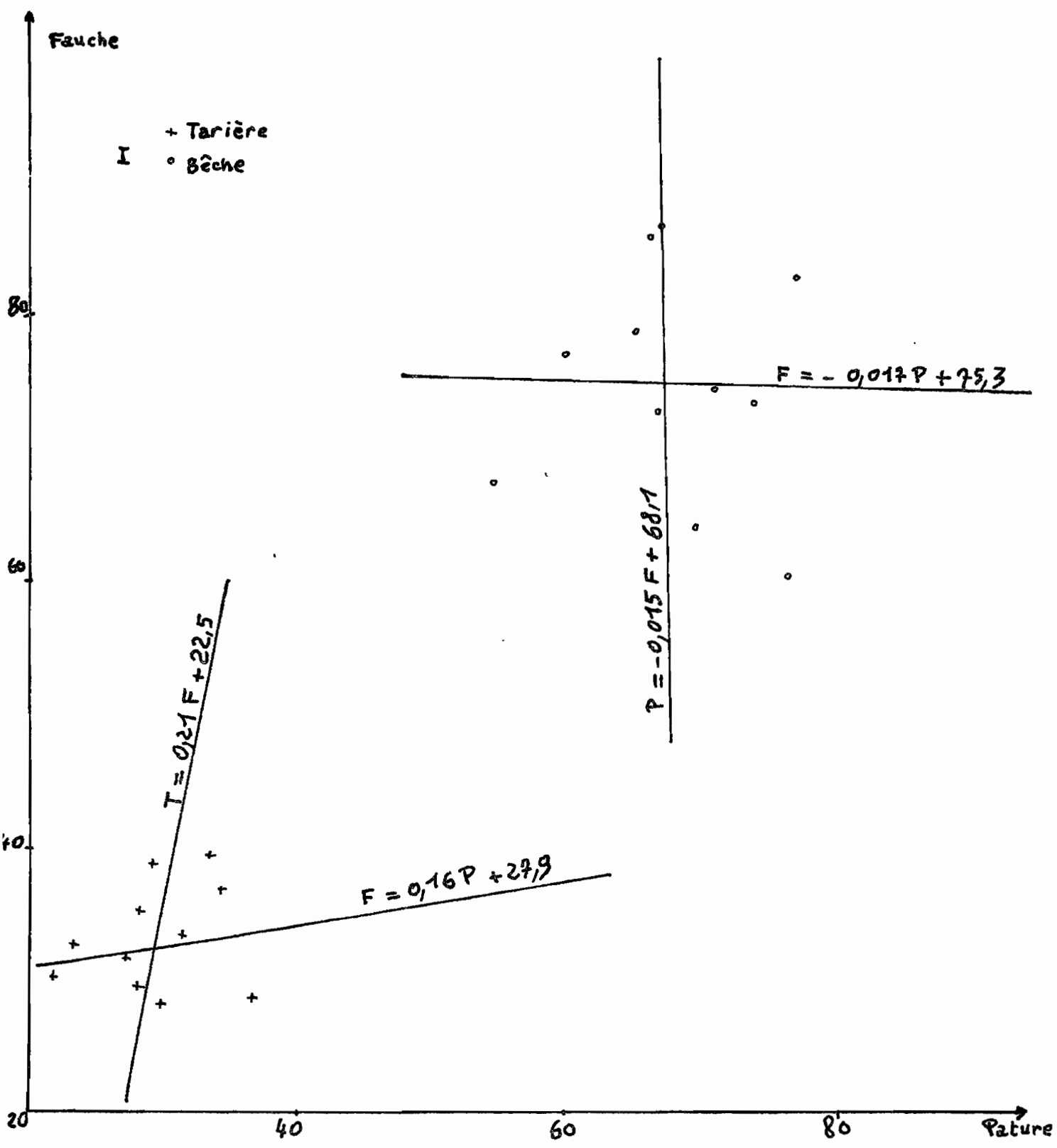
$$F - 32,6 = 0,16 (P - 29,3) \Rightarrow F = 0,16 P + 27,9$$

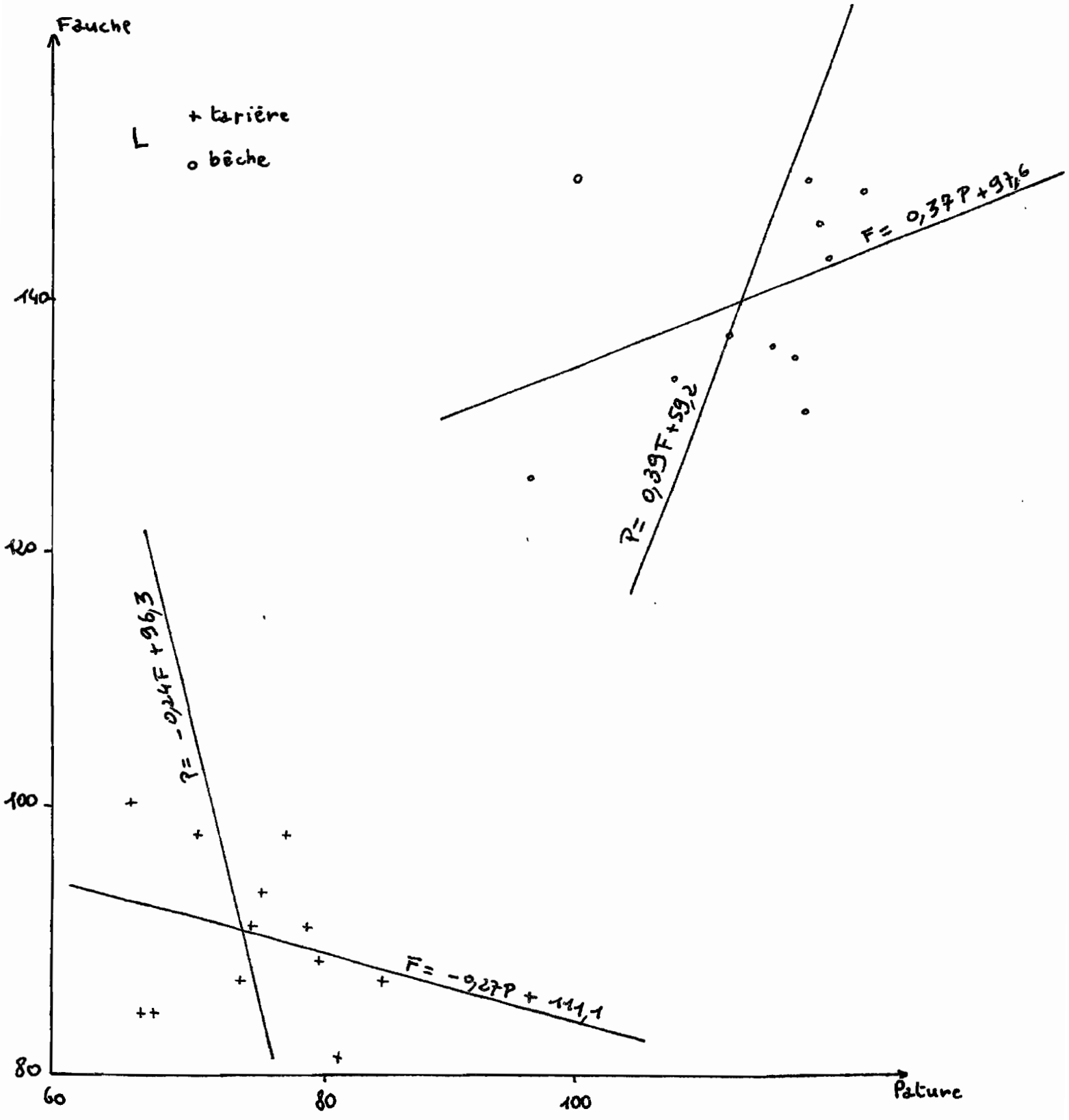
$$P - 29,3 = 0,21 (F - 32,6) \Rightarrow P = 0,21 F + 22,5$$

##### 2) Ligne

$$F - 91 = - 0,27 (P - 74,5) \Rightarrow F = - 0,27 P + 101,1$$

$$P - 74,5 = - 0,24 (F - 91) \Rightarrow P = - 0,24 F + 96,3$$





2) Ligne

$$F - 91 = - 0,27 (P - 74,5) \Rightarrow F = - 0,27 P + 101,1$$

$$P - 74,5 = - 0,24 (F - 91) \Rightarrow P = - 0,24 F + 96,3$$

b) Bêche

1) Interligne

$$F - 74,2 = - 0,017 (P - 67) \Rightarrow F = - 0,017 P + 75,3$$

$$P - 67 = - 0,015 (F - 74,2) \Rightarrow P = - 0,015 F + 68,1$$

2) Ligne

$$F - 139,3 = 0,37 (P - 113,7) \Rightarrow F = 0,37 P + 97,6$$

$$P - 113,7 = 0,39 (F - 139,3) \Rightarrow P = 0,39 F + 59,2$$

B - Corrélation Tarière - Bêche -

a) Fauche

1) Interligne

$$T - 32,6 = 0,21 (B - 74,2) \Rightarrow T = 0,21 B + 17$$

$$B - 74,2 = 1 (T - 32,6) \Rightarrow B = T + 41,6$$

2) Ligne

$$T - 91 = - 0,08 (B - 139,3) \Rightarrow T = - 0,08 B + 102,1$$

$$B - 139,3 = - 0,1 (T - 91) \Rightarrow B = - 0,1 T + 148,4$$

b) Pâtûre

1) Interligne

$$T - 29,3 = 0,44 (B - 67) \Rightarrow T = 0,44 B - 0,2$$

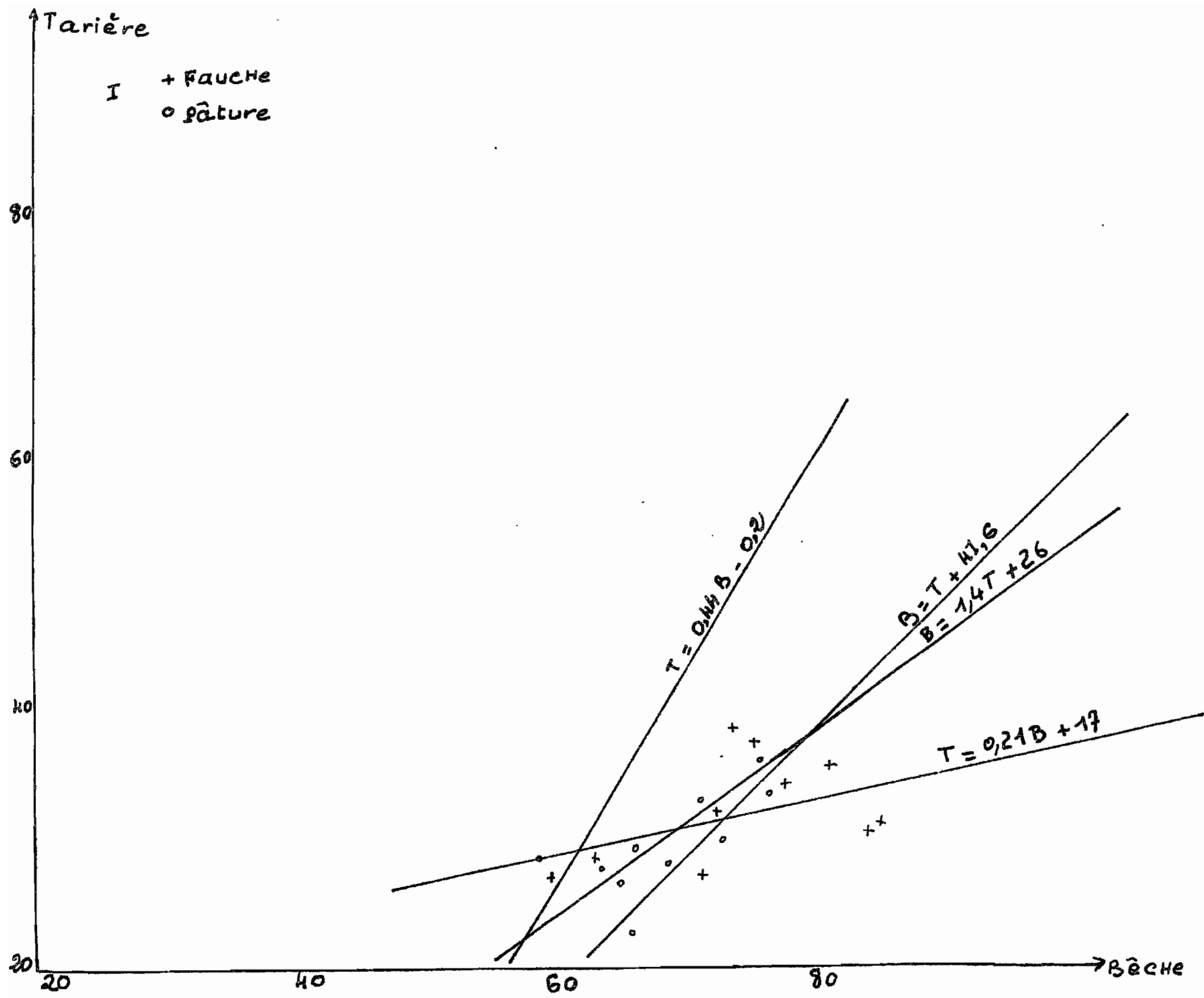
$$B - 67 = 1,4 (T - 29,3) \Rightarrow B = 1,4 T + 26$$

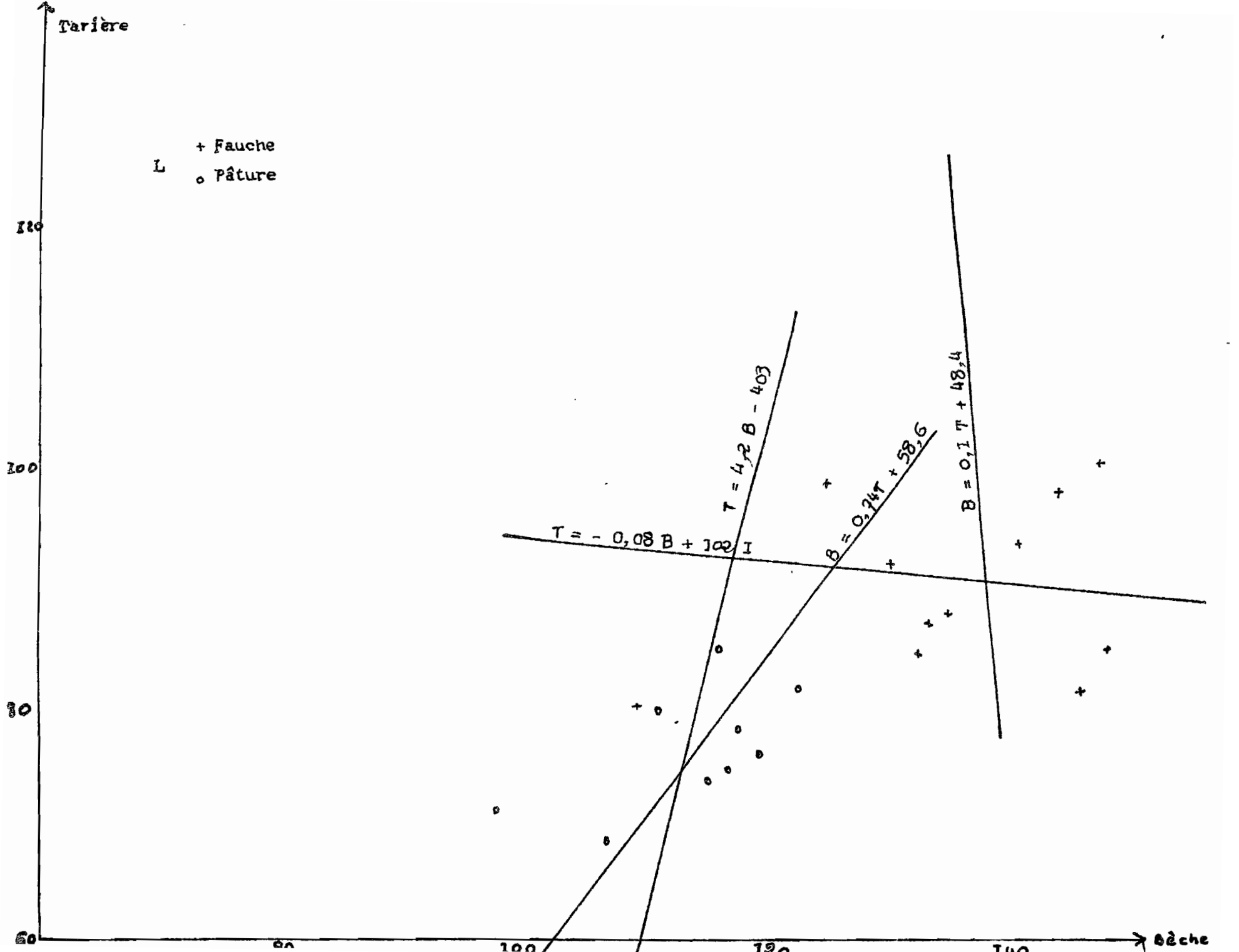
2) Ligne

$$T - 74,5 = 4,2 (B - 113,7) \Rightarrow T = 4,2 B - 403$$

$$B - 113,7 = 0,74 (T - 74,5) \Rightarrow B = 0,74 T + 58,6$$

Les coefficients de corrélation calculés jusqu'ici sont relatifs aux liaisons existant entre les traitements principaux (bêche - tarière) ou les sous traitements (fauche - pâtûre) dans le cas où les prélèvements sont parfaitement définis au point de vue localisation :





- sur la ligne
- sur l'interligne
- Echantillon moyen  $\frac{1}{2}$  (ligne + interligne)

Ces calculs ne donnent de liaisons significatives que dans un seul cas : Tarière - bêche en zone pâturée.

Cela vient du fait que pour les autres cas :

- ou il n'existe pas de liaison
- ou il existe une liaison qu'on ne peut pas mettre en évidence à cause du trop faible nombre de prélèvement.

On peut alors faire des regroupements

A - Regrouper les prélèvements "ligne et interligne" pour calculer les corrélations fauche-pâturage,

B - Faire les mêmes regroupements pour calculer la corrélation tarière - bêche avec plus de précision (22 données au lieu de 11),

C - Enfin faire un regroupement général.

A) a - Tarière -

$x_F$	FAUCHE		$(1)x(2)$	$x_P$	PATURE	
	$(1)x_F - \bar{x}_F$	$(1)^2$			$(x_P - \bar{x}_P) = (2)$	$(2)^2$
38	- 23,8		545	29	- 22,9	
32	- 29,8		861,2	23	- 28,9	
39	- 22,8		430,9	33	- 18,9	
28	- 33,8		503,6	37	- 14,9	
28	- 33,8		740,2	30	- 21,9	
30	- 31,8		950,8	22	- 29,9	
35	- 26,8		640,5	28	- 23,9	
31	- 30,8		766,9	27	- 24,9	
36	- 25,8		461,8	34	- 17,9	
29	- 32,8		783,9	28	- 23,9	
33	- 28,8		601,9	31	- 20,9	
92	30,2		697,6	75	23,1	
85	23,2		350,3	67	15,1	
101	39,2		552,7	66	14,1	
87	25,2		834,1	85	33,1	
81	19,2		558,7	81	29,1	
99	37,2		710,5	71	19,1	
91	29,2		791,3	79	27,1	
88	26,2		579	74	22,1	
98	36,2		944,8	78	26,1	
85	23,2		373,5	68	16,1	
94	32,2		776	76	24,1	
$\bar{x}_F = 61,8$	$\sum (x_F - \bar{x}_F)^2 = 19\ 307,3$		$14\ 455,2$	$\bar{x}_P = 51,9$	$\sum (x_P - \bar{x}_P)^2 = 11\ 843,8$	

soit  $r = \frac{14\ 455,2}{15\ 110} = 0,96 \quad (0,95665)$



A) b - Bêche -

$x_F$	FAUCHE			$x_P$	PATURE	
	(1)	$(1)^2$	(1) x (2)		(2)	$(2)^2$
76	- 30,8		967,1	59	- 31,4	
86	- 20,8		507,5	66	- 24,4	
74	- 32,8		636,3	71	- 19,4	
60	- 46,8		673,9	76	- 14,4	
72	- 34,8		814,3	67	- 23,4	
67	- 39,8		1647,7	49	- 41,4	
78	- 28,8		760,3	64	- 26,4	
85	- 21,8		553,7	65	- 25,4	
82	- 24,8		332,3	77	- 13,4	
63	- 43,8		937,3	69	- 21,4	
73	- 33,8		554,3	74	- 16,4	
131	24,2		667,9	118	27,6	
149	42,2		1206,9	119	28,6	
149	42,2		447,3	101	10,6	
135	28,2		750,1	117	26,6	
148	41,2		1343,1	123	32,6	
126	19,2		145,9	98	7,6	
137	30,2		652,3	112	21,6	
136	29,2		747,5	116	25,6	
145	38,2		1092,5	119	28,6	
134	27,2		478,7	108	17,6	
142	35,2		1041,9	120	29,6	
$\bar{x}_P=106,8$	$\sum (1)^2=24\ 634,5$		16 958,8	$\bar{x}_P=90,4$	$\sum (2)^2=13\ 321,1$	

soit  $r = \frac{16\ 958,8}{18\ 100} = 0,94 \quad (0,93696)$

B) a - Fauche -

$x_T$	TARIERE			$x_B$	BECHE	
	(1)	$(1)^2$	(1) x (2)		(2)	$(2)^2$
38	- 23,8		733	76	- 30,8	
32	- 29,8		619,8	86	- 20,8	
39	- 22,8		747,8	74	- 32,8	
28	- 33,8		1581,8	60	- 46,8	
28	- 33,8		1176,2	72	- 34,8	
30	- 31,8		1265,6	67	- 39,8	
35	- 26,8		771,8	78	- 28,8	
31	- 30,8		671,4	85	- 21,8	
36	- 25,8		639,8	82	- 24,8	
29	- 32,8		1436,6	63	- 43,8	
33	- 28,8		973,4	73	- 33,8	
92	30,2		730,8	131	24,2	
85	23,2		979	149	42,2	
101	39,2		1654,2	149	42,2	
87	25,2		710,6	135	28,2	
81	19,2		791	148	41,2	
99	37,2		714,2	126	19,2	
91	29,2		881,8	137	30,2	
88	26,2		765	136	29,2	
98	36,2		1382,8	145	38,2	
85	23,2		631	134	27,2	
94	32,2		1133,4	142	35,2	
$\bar{x}_T=61,8$	$\sum (1)^2=19\ 307,3$		20 991	$\bar{x}_B=106,8$	$\sum (2)^2=24\ 634,5$	

$$\text{coit } r = \frac{20\ 991}{21\ 800} = 0,96 \quad (0,96289)$$

B) - b - Pâture

$x_T$	TARIERE			$x_B$	BECHE	
	(1)	$(1)^2$	$(1)x(2)$		(2)	$(2)^2$
29	- 22,9		719,1	59	- 31,4	
23	- 28,9		705,2	66	- 24,4	
33	- 18,9		366,7	71	- 19,4	
37	- 14,9		214,6	76	- 14,4	
30	- 21,9		512,5	67	- 23,4	
22	- 29,9		1237,9	49	- 41,4	
28	- 23,9		630,9	64	- 26,4	
27	- 24,9		632,5	65	- 25,4	
34	- 17,9		239,9	77	- 13,4	
28	- 23,9		511,5	69	- 21,4	
31	- 20,9		342,7	74	- 16,4	
75	23,1		637,6	118	27,6	
67	15,1		431,9	119	28,6	
66	14,1		149,5	101	10,6	
85	33,1		880,5	117	26,6	
81	29,1		948,7	123	32,6	
71	19,1		145,2	98	7,6	
79	27,1		585,4	112	21,6	
74	22,1		565,8	116	25,6	
78	26,1		746,5	119	28,6	
68	16,1		283,4	108	17,6	
76	24,1		713,3	120	29,6	
$\bar{x}_T=51,9$	$\sum(1)^2=11\ 843,8$		$12\ 201,3$	$\bar{x}_B=90,4$	$\sum(2)^2=13\ 321,1$	

soit  $r = \frac{12\ 201,3}{12\ 550} = 0,97 \quad (0,97219)$

Nous pouvons comparer ces coefficients deux à deux :

Pour ce faire on utilisera les transformés  $z$  de  $r$  tels que

$$z = \frac{r+1}{2} \log \frac{1+r}{1-r}, \text{ la variance de } z \text{ étant } \frac{1}{n-3} = \frac{1}{19}$$

On testera les différences

1 - Corrélation Fauche - pâture

$z_T - z_B$  en prenant pour variance de cette différence  $\frac{2}{19}$

2 - Corrélation Tarière - Bêche

$z_F - z_P$  en prenant pour variance de cette différence  $\frac{2}{19}$

			Différence des $z$ /variance
Tarière	0,9566	1,9	
Bêche	0,9369	1,71	1,85
Fauche	0,9628	1,98	
Pâture	0,9722	2,13	1,42

Au seuil 0,05 la comparaison du rapport  $\frac{\text{différence des } z}{\text{variance}}$  à 2 donne la signification du test ( $> 2$  la différence des  $z$  est significative)

Dans chacun des 2 cas, les 2 coefficients ne sont pas significativement différents.

- EQUATION DES DROITES DE REGRESSION -

A - Corrélation - Fauche - Pâture -

a - Tarière

$$F - 61,8 = 1,2 (P - 51,9) \Rightarrow F = 1,2 P - 0,5$$

$$P - 51,9 = 0,74 (F - 61,8) \Rightarrow P = 0,74 F + 6,2$$

b - Bêche

$$F - 106,8 = 1,3 (P - 90,4) \Rightarrow F = 1,3 P - 10,7$$

$$P - 90,4 = 0,69 (F - 106,8) \Rightarrow P = 0,69 F + 16,7$$

B - Corrélation Bêche - Tarière

a) Fauche

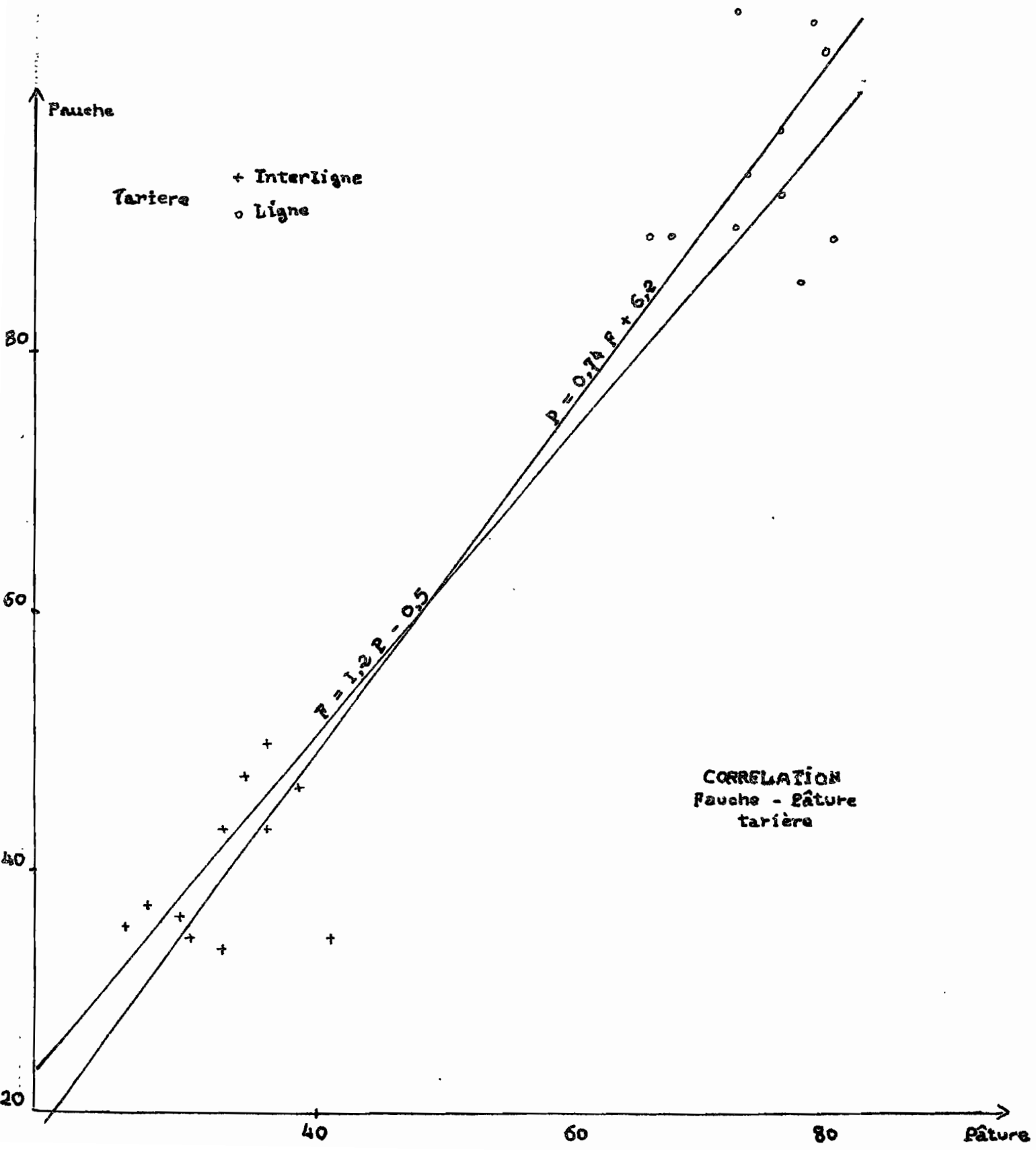
$$T - 61,8 = 0,85 (B - 106,8) \Rightarrow T = 0,85 B - 29$$

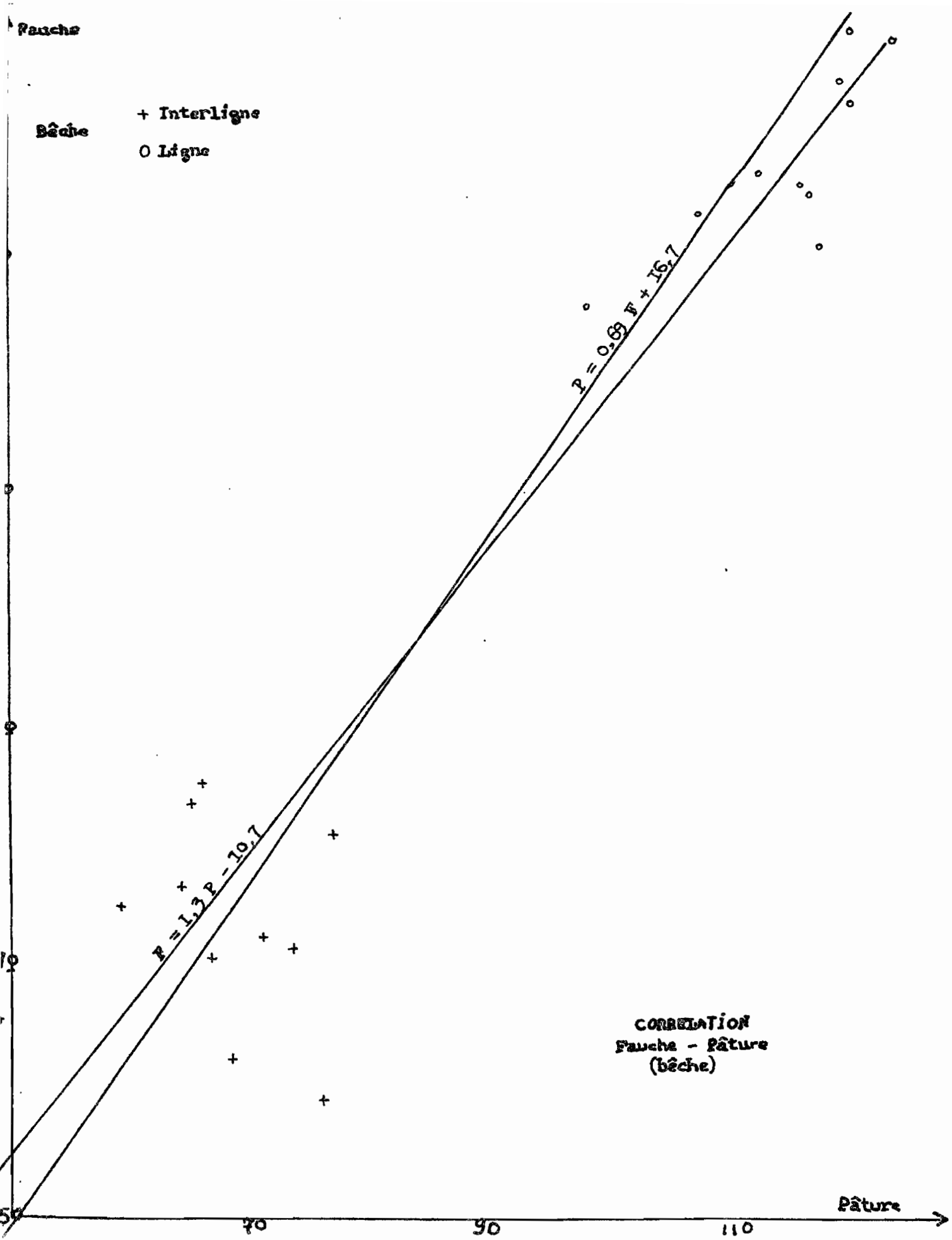
$$B - 106,8 = 1,1 (T - 61,8) \Rightarrow B = 1,1 T + 39$$

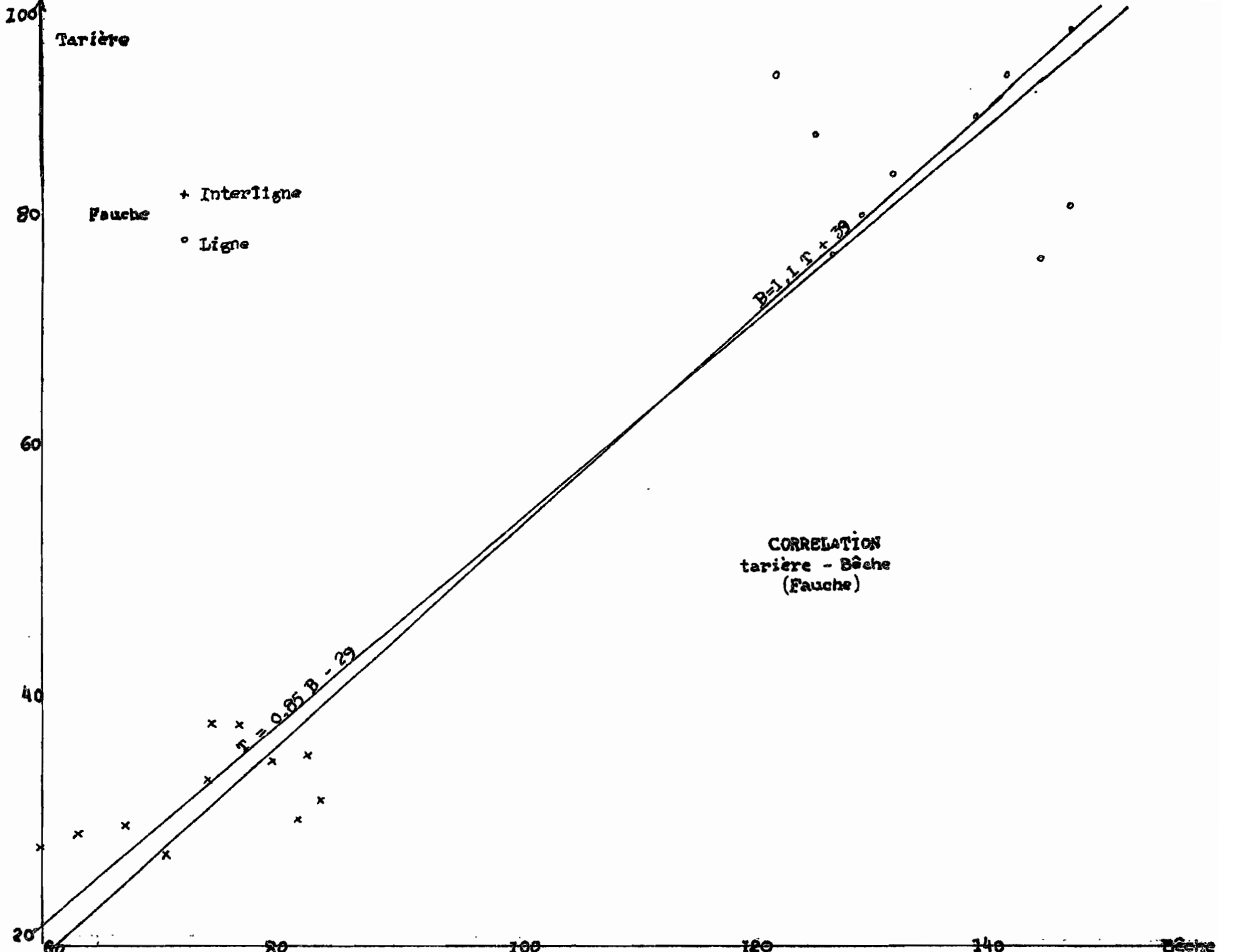
b) Pâture

$$T - 51,9 = 0,92 (B - 90,4) \Rightarrow T = 0,92 B - 31,3$$

$$B - 90,4 = 1 (T - 51,9) \Rightarrow B = T + 38,5$$









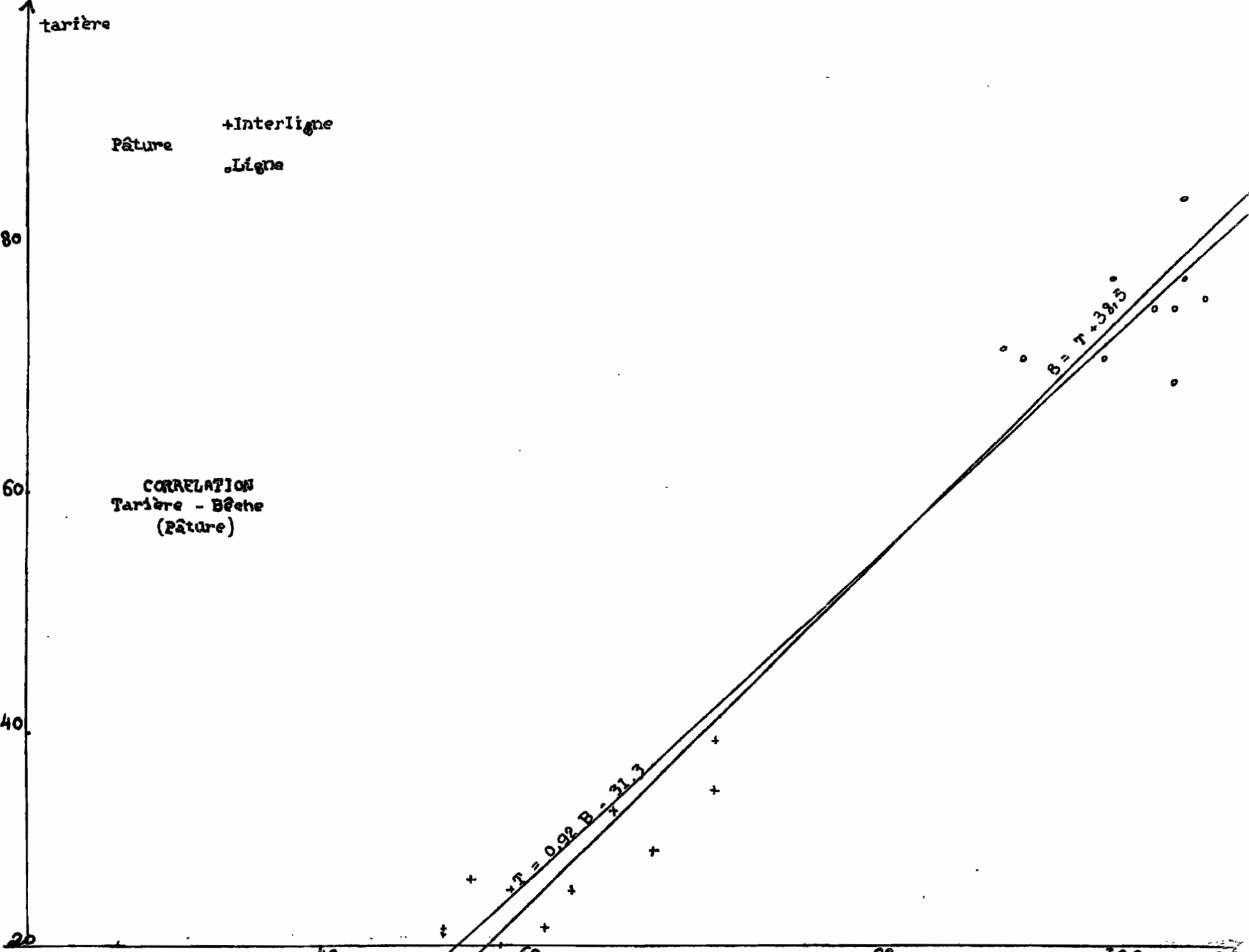
tarrière

Pâtûre  
+ Interligne  
• Ligne

CORRELATION  
Tarrière - Bêche  
(Pâtûre)

$$B = T + 38,3$$

$$T = 0,92 B - 31,3$$



TARIERE						BECHE					
I		L		1/2(I+L)		I		L		1/2(I+L)	
$x_i$	$x_i - \bar{x}_i$	$x_P$	$x_P - \bar{x}_P$	$x_j$	$x_j - \bar{x}_j$	$x_i$	$x_i - \bar{x}_i$	$x_P$	$x_P - \bar{x}_P$	$x_j$	$x_j - \bar{x}_j$
	(1)		(1)		(1)		(2)		(2)		(2)
38	7	92	9,2	65	8,2	76	5,4	131	4,5	103,5	5
32	1	85	2,2	58,5	1,7	86	15,4	149	22,5	117,5	19
39	8	101	18,2	70	13,2	74	3,4	149	22,5	111,5	13
28	-3	87	4,2	57,5	0,7	60	-10,6	135	8,5	97,5	-1
28	-3	81	-1,8	54,5	-2,3	72	1,4	148	21,5	110	11,5
30	-1	99	16,2	64,5	7,7	67	-3,6	126	-0,5	96,5	-2
35	4	91	8,2	63	6,2	78	7,4	137	10,5	107,5	9
31	0	88	5,2	59,5	2,7	85	14,4	136	9,5	110,5	12
36	5	98	15,2	67	10,2	82	11,4	145	18,5	113,5	15
29	-2	85	2,2	57	0,2	63	-7,6	134	7,5	98,5	0
33	2	94	11,2	63,5	6,7	73	2,4	142	15,5	107,5	9
29	-2	75	-7,8	52	-4,8	59	-11,6	118	-8,5	88,5	-10
23	-8	67	-15,8	45	-11,8	66	-4,6	119	-7,5	92,5	-6
33	2	66	-16,8	49,5	-7,3	71	0,4	101	-25,5	86	-12,5
37	6	85	2,2	61	4,2	76	5,4	117	-9,5	96,5	-2
30	-1	81	-1,8	55,5	-1,3	67	-3,6	123	-3,5	95	-3,5
22	-9	71	-11,8	46,5	-10,3	49	-21,6	98	-28,5	73,5	-25
28	-3	79	-3,8	53,5	-3,3	64	-6,6	112	-14,5	88	-10,5
27	-4	74	-8,8	50,5	-6,3	65	-5,6	116	-10,5	90,5	-8
34	3	78	-4,8	56	-0,8	77	6,4	119	-7,5	98	-0,5
28	-3	68	-14,8	48	-8,8	69	-1,6	108	-18,5	88,5	-10
31	0	76	-6,8	53,5	-3,3	74	3,4	120	-6,5	97	-1,5
$\bar{x}_i = \frac{\sum(x_i - \bar{x}_i)^2}{n}$	$\bar{x}_P = \frac{\sum(x_P - \bar{x}_P)^2}{n}$	$\bar{x}_j = \frac{\sum(x_j - \bar{x}_j)^2}{n}$	$\bar{x}_i = \frac{\sum(x_i - \bar{x}_i)^2}{n}$	$\bar{x}_P = \frac{\sum(x_P - \bar{x}_P)^2}{n}$	$\bar{x}_j = \frac{\sum(x_j - \bar{x}_j)^2}{n}$						
31	415	82,8	22799	56,8	984,7	70,6	1655,3	126,5	4861,5	98,5	2433,5

Interligne			Ligne			1/2 (ligne+interligne)		
(1)	(2)	(1)x(2)	(1)	(2)	(1)x(2)	(1)	(2)	(1)x(2)
7	5,4	37,8	9,2	4,5	41,4	8,2	5	41
1	15,4	15,4	2,2	22,5	49,5	1,7	19	32,3
8	3,4	26,2	18,2	22,5	409,5	13,2	13	171,6
- 3	-10,6	31,8	4,2	8,5	35,7	0,7	- 1	- 0,7
- 3	1,4	- 4,2	- 1,8	21,5	- 38,7	- 2,3	11,5	- 26,4
- 1	- 3,6	- 3,6	16,2	- 0,5	- 8,1	7,7	- 2	- 15,4
4	7,4	29,6	8,2	10,5	86,1	6,2	9	55,8
0	14,4	0	5,2	9,5	49,4	2,7	12	32,4
5	11,4	57,0	15,2	18,5	281,2	10,2	15	153
- 2	- 7,6	15,2	2,2	7,5	16,5	0,2	0	0
2	2,4	48	11,2	15,5	173,6	6,7	9	60,3
- 2	-11,6	23,2	- 7,8	- 8,5	66,3	- 4,8	-10	48
- 8	- 4,6	36,8	-15,8	- 7,5	118,5	-11,8	- 6	70,8
2	0,4	0,8	-16,8	- 25,5	428,4	- 7,3	-12,5	91,2
6	5,4	32,4	2,2	- 9,5	- 20,9	4,2	- 2	- 8,4
- 1	- 3,6	3,6	- 1,8	- 3,5	6,3	- 1,3	- 3,5	4,6
- 9	-21,6	194,4	-11,8	- 28,5	336,3	-10,3	-25,	257,5
- 3	- 6,6	19,8	- 3,8	- 14,5	55,1	- 3,3	-10,5	34,6
- 4	- 5,6	22,4	- 8,8	- 10,5	92,4	- 6,3	- 8	50,4
3	6,4	19,2	- 4,8	- 7,5	36	- 0,8	- 0,5	0,4
- 3	- 1,6	4,8	-14,8	- 18,5	273,8	- 8,8	-10	88
0	3,4	0	- 6,8	- 6,5	44,2	- 3,3	- 1,5	4,9
$\sum(1)x(2) =$		617,8	$\sum(1)x(2) =$		2532,5	$\sum(1)x(2)$		1145,9
$r_1 = 0,7454$			$r_2 = 0,7607$			$r_3 = 0,7408$		

On peut comparer ces trois coefficients et si possible, calculer un coefficient moyen  $r'$ , valable dans les 3 cas. Soit  $r'$  tel que

$$z' = \frac{1}{2} \log \frac{1 + r'}{1 - r'}$$

Si  $z_1$ ,  $z_2$  et  $z_3$  sont les transformés de  $r_1$ ,  $r_2$  et  $r_3$  on peut prendre

$$z' = \frac{\sum_i (n_i - 3)z_i}{\sum_i (n_i - 3)} = \frac{z_1 + z_2 + z_3}{3} = 0,97$$

A  $z'$  correspond  $r' = 0,75$

On peut montrer, que  $r_1$ ,  $r_2$  et  $r_3$  forment un groupe homogène.

Au seuil 0,10 le test de  $\chi^2_2$  appliqué à la quantité  $\sum_i (n_i - 3)(z_i - z')$  à 2 degrés de liberté est positif.

On peut appliquer  $r'$  dans les 3 cas.

### EQUATION DES DROITES DE REGRESSION -

#### C - Corrélation Tarière - Bêche -

##### 1 - Interligne

$$T - 31 = 0,37 (B - 70,6) \quad \Rightarrow T = 0,37 B + 4,9$$

$$B - 70,6 = 1,5 (T - 31) \quad \Rightarrow B = 1,5 T + 24,1$$

##### 2 - Ligne

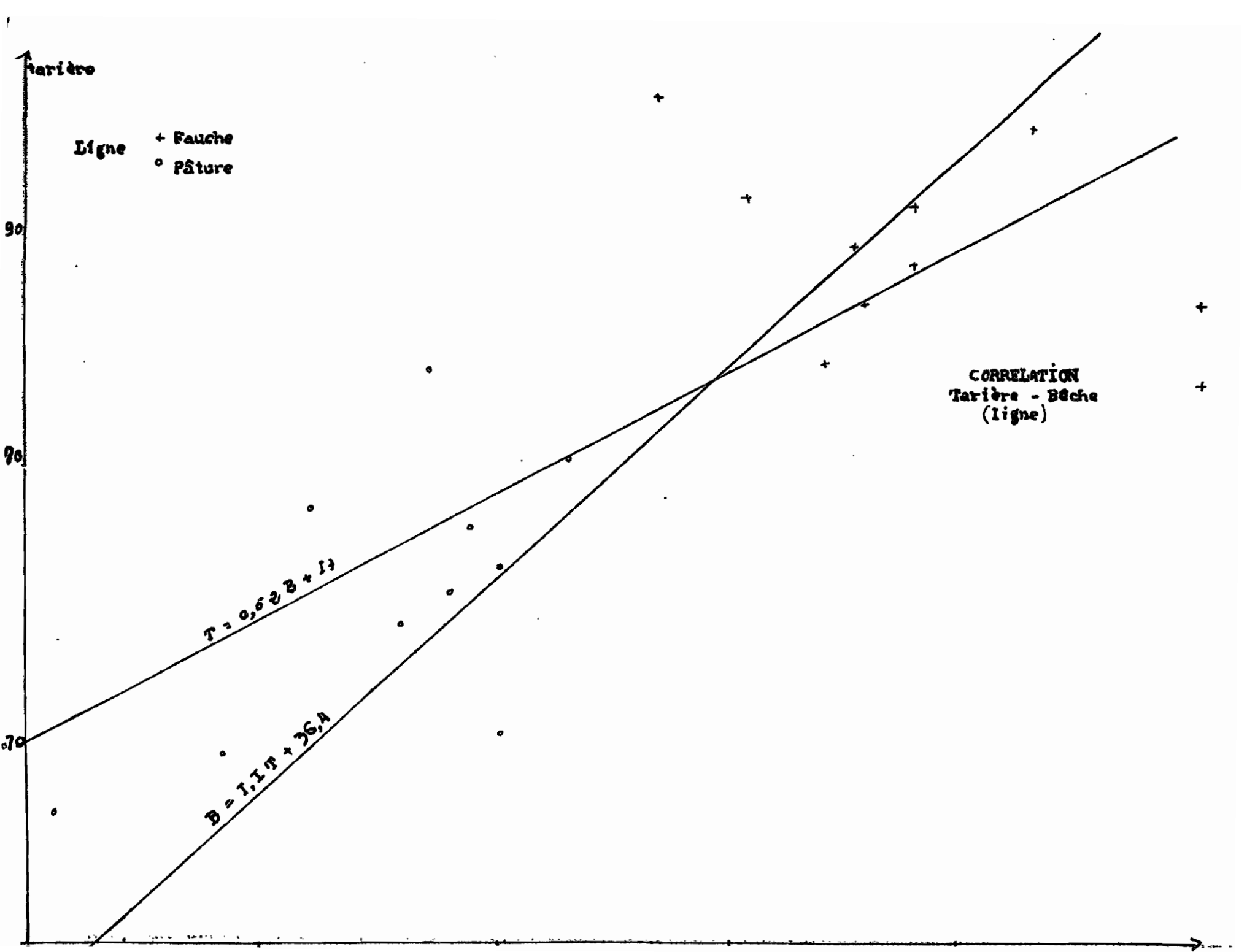
$$T - 82,8 = 0,52 (B - 126,5) \quad \Rightarrow T = 0,52 B + 17$$

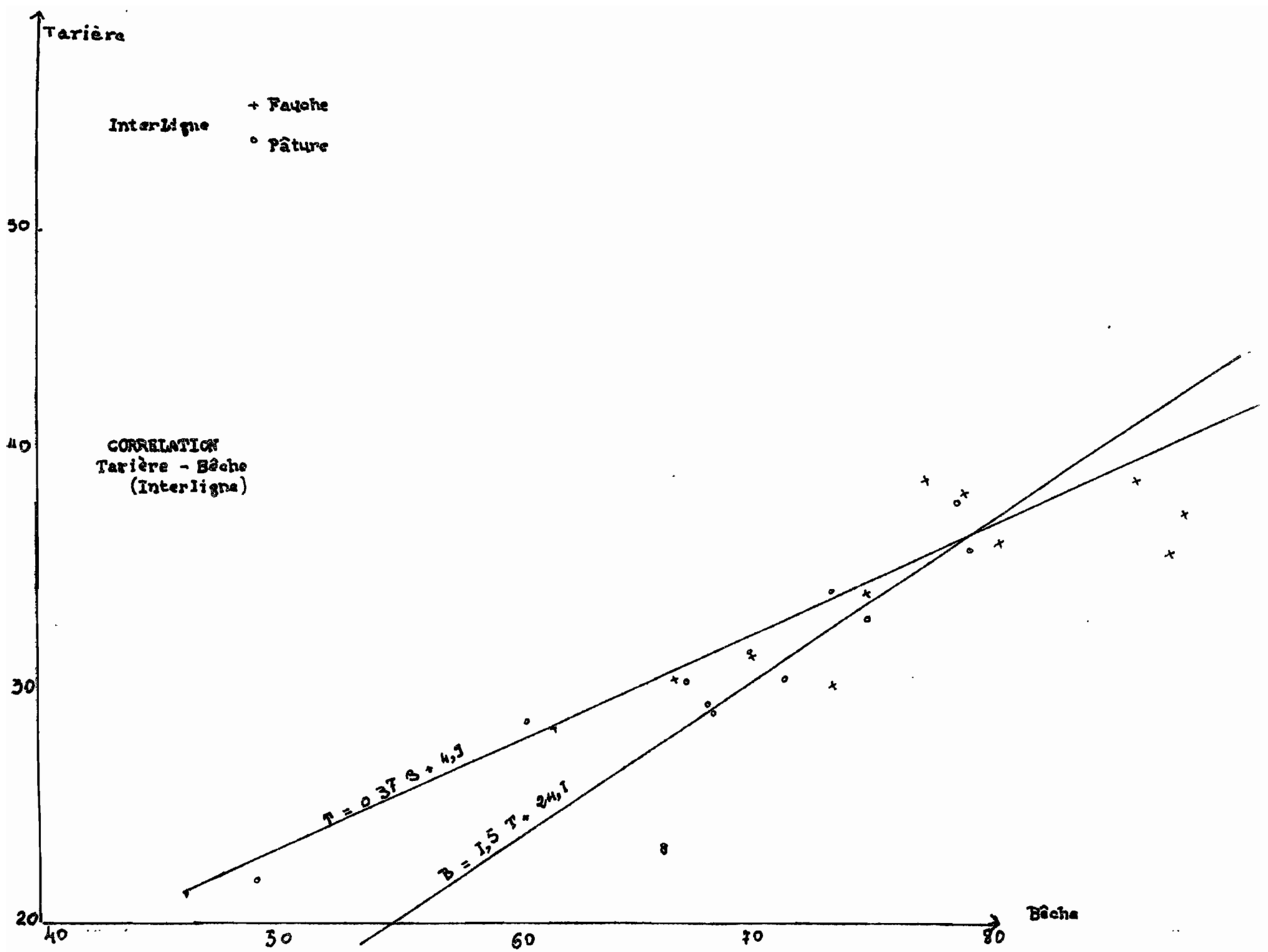
$$B - 126,5 = 1,1 (T - 82,8) \quad \Rightarrow B = 1,1 T + 36,4$$

##### 3 - 1/2 (ligne + interligne)

$$T - 56,8 = 0,47 (B - 98,5) \quad \Rightarrow T = 0,47 B + 10,5$$

$$B - 98,5 = 1,2 (T - 56,8) \quad \Rightarrow B = 1,2 T + 32,6$$





ESTIMATION DE LA MASSE DE RACINES

Plusieurs méthodes sont possibles

- 1 - Déterminer le poids de racines par tonne de terre
- 2 - Déterminer le poids de racines à l'hectare.

Ces quantités sont relatives à l'horizon (-5, - 15) dans lequel nous avons prospecté. Mais sachant que :

<u>horizon</u>	<u>proportion de racines</u>	
0 - 5 cm	55 %	
5 - 10	16,5	
10 - 15	13,8	soit 30,3 % dans
15 - 20	3,5	5 - 15
plus de 20	11,2	

(D'après : J. SCHUURMAN et M. A. J. GOEDEWAAGEN).

On pourra étendre à tout le profil prospecté par les racines. La 1ère détermination est directement accessible d'après nos résultats. Calculons la seconde.

A - A la tarière

Le poids moyen des échantillons était de 485 g pour une surface prospectée de  $\pi \times \left(\frac{6^2}{4}\right) = 28,3 \text{ cm}^2$

Si P (mg) est le poids moyen de racines extrait d'un échantillon de 100 g

$$T = \frac{P \times 485}{30,3 \times 28,5} \times \frac{1}{10} = 0,056 P$$

est la quantité de racines extraite en T/ha pour l'ensemble du profil.

A cette quantité correspond B'quantité de racines effectivement présente dans le profil telles que  $T' = P' \times 0,056$   
P' étant déterminée par l'équation de la régression de B par rapport à T.

B - A la bêche

Le poids moyen des échantillons était de 435 g pour une surface prospectée de  $5 \times 5 = 25 \text{ cm}^2$

$$B = \frac{P \times 435}{30,3 \times 25} \times \frac{1}{10} = 0,057 P$$

Ces formules étant déterminées, nous pouvons évaluer la masse de racines dans différents cas.

Cas où l'on prend 11 prélèvements

La seule corrélation significative est la corrélation Tarière - Bêche calculée en zone pâturée.

		P	B	Régression de B/T	P'	B'
BÊCHE	Interligne	67	3,8			
	Ligne	113,7	6,5			
TARIÈRE	Interligne	29,3		$B = 1,4 T + 26$	67	3,8
	Ligne	74,5		$B = 0,74T + 58,6$	113,7	6,5

Nous connaissons maintenant les quantités de racines sur la ligne et sur l'interligne. Pour connaître la masse de racines sous prairie, il faudrait connaître avec précision leur répartition dans le plan horizontal. Or nous l'ignorons, mais on peut estimer que cette masse M a pour limites:

$$\frac{2}{3} \text{ Interligne} + \frac{1}{3} \text{ ligne} < M < \frac{1}{2} \text{ Interligne} + \frac{1}{2} \text{ ligne}$$

$$4,5 < M < 5,2$$

Cas où l'on prend 22 prélèvements (on regroupe ligne + interligne)

Ce regroupement suppose que l'on accorde une importance égale du point de vue de la masse racinaire à la ligne et à l'interligne, ce qui en fait n'est pas. Nous obtiendrons donc une limite supérieure.

$$B_F = 5,9 T$$

$$B_P = 5,1 T$$

Sous fauche, la quantité de racines serait supérieure d'environ 15 % à ce qu'elle est sous pâture.



Cas où l'on prend 22 prélèvements (on regroupe fauche  
et pâture)

On trouve de la même façon :

Interligne            B = 3,9

Ligne                B = 7,1

soit                     $4,3 < M < 5$

En conclusion, il semble que l'on puisse dire que sous  
une prairie de 4 ans il y a une masse de racines comprise entre  
4 à 5 T de MS/ha qui exploite tout le profil.

### ETUDE CRITIQUE

Ce travail avait pour but de comparer deux méthodes, l'une servant de témoin.

La signification de la comparaison repose en partie sur l'interprétation statistique des résultats.

Or, une analyse statistique est fonction du nombre de répétitions dont on dispose. Le chiffre dont nous disposions : il semble être trop faible. Il en eut fallu entre 20 et 30 pour avoir suffisamment de précision.

En ce qui concerne l'estimation finale de la masse de racines sous couvert de prairie, la cause d'erreur importante est la mauvaise connaissance de l'importance relative ligne - inter-ligne, que nous avons estimée grossièrement en fonction de leur importance apparente. Il aurait fallu étudier avec plus de précision, sur un profil perpendiculaire aux lignes, les variations latérales de la quantité de racines.

D'autre part, le traitement que subissent les échantillons pour séparer la terre des racines est une source non négligeable d'erreur. En effet, le lavage sur tamis occasionne une perte de racines (poils absorbants surtout) qu'on peut estimer à 20 %.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail nous a permis de mettre en relation deux méthodes de prélèvement dont les résultats sont dans des conditions bien précises en corrélation étroite.

Si l'on considère que les résultats obtenus avec les prélèvements faits à la bêche donnent une indication objective et réelle sur la masse de racines, et sachant d'autre part la relation qui existe entre bêche et tarière, on peut utiliser la tarière pour estimer la masse de racines présente dans le sol.

Pour que cette estimation soit assez précise il faut faire 22 prélèvements

11 sur la ligne

11 sur l'interligne.

On peut analyser les résultats ainsi obtenus de 2 façons.

1- séparément -(cela n'est possible, dans notre cas qu'en zone pâturée) on estimera alors la quantité de racines sur la ligne.

$$B = 0,74 T + 58,6$$

et sur l'interligne

$$B = 1,4 T + 26$$

et l'on combinera ces résultats

2 - en les regroupant -

$$B = 1,1 T + 39 \text{ dans la zone fauchée}$$

$$B = T + 38,5 \text{ dans la zone pâturée.}$$

Pour ensuite donner des résultats non plus relatifs aux prélèvements, mais concernant la parcelle étudiée, il faut transformer les estimations obtenues selon une relation dépendant des caractéristiques de la tarière et de l'horizon dans lequel a été fait le prélèvement.

Soit  $d$  (cm) le diamètre de la tarière et  $h$  la hauteur de la carotte prélevée entre les niveaux  $H$  et  $H + h$  où sont compris  $K$  % des racines du profil.  $T$  est le poids moyen de racines par prélèvement en mg pour 100 g de terre sèche et  $P$  (g) le poids moyen des prélèvements :

$$M = \frac{4}{10} \frac{B \times P}{K d^2} \quad T/\text{ha de MS.}$$

Connaissant T on calcule B puis M.

Soit dans notre cas :  $M = 0,056 B$ .

$$4,5 < M < 5,2$$

M étant significativement inférieur de 15 % pour une prairie exploitée en fauche par rapport à une prairie pâturée.

Nous noterons que diverses études de STUDER trouve pour des prairies de fétuque élevée de trois ans et plus

$10 < M < 12$  pour un écartement des lignes de 20 cm (dans notre cas, du fait de la disposition du trèfle blanc l'écartement est de 40 cm).

BIBLIOGRAPHIE

- TROUGHTON A. - Les organes souterrains des graminées prairiales  
Commonwealth Bureau Past. Field crop - Bull 44 - 1957.
- K. UENO YOSHIHARA et S. KAWANABE - Etude sur la fonction racinaire  
des cultures fourragères Proc. crop. Scie. Soc. Japon  
XXIX, 1, 172-174, 1960.
- STUDER - Biologie du système racinaire des plantes fourragères.  
Compte rendu du séminaire sur les effets résiduels des  
cultures fourragères - Lusignan 5-6 octobre 1965.
- J.P. DEFFONTAINES - Une méthode d'appréciation du système racinaire  
sous prairie . Fourrages n° 19 - Sept. 1964.
- G. MONNIER - Influence du mode d'exploitation des prairies sur  
leur enracinement. C. R. Acad. Agri. 23 avril 1958.
- J. SCHUUMAN et M.A.J. GOEDEWAAGEN - Methods for the examination of  
root systems and roots. Centre of Agri. publications  
Wageningen 1965.
- T.E. WILLIAMS - Etude sur le développement des racines des plantes  
fourragères. Nature Vol. 183, p 415.
- ILCHENHO V.A. et KARASIUK I.M. - On the methods of studying the root  
system of cultivated plants. Bot. Zh 1176-1184, 1962.
- MUZH T.J. et WHITWORTH - A technique for the periodic observation  
of root system in situ Agron. J. 1, 56, 1962.
- STUDER - Etude des systèmes racinaires.  
Rapport d'activité de la Sta. Agro. de Chateauroux p. 7,  
1964.