

JPN/AD
REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

DELEGATION GENERALE
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

C No 10377

ENQUETE FERTILITE EN MILIEU PAYSAN'OANS
LA REGION DU SINE-SALDUM

Par
3. P. NDIAYE
Ingénieur de Recherches ISRA

T E X T E

Mai 1978

Centre National de Recherches Agronomiques
de Bambey

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I. S. R. A.)

A V A N T - P R O P O S

Ce qui suit est le rapport d'une enquête fertilité menée en milieu paysan dans la région du Sine-Saloum. La réalisation de cette enquête a été possible grâce à la collaboration des techniciens de l'ISRA et de la SODEVA. Un tel projet correspondait, comme l'on pouvait s'y attendre, tant aux besoins de la SODEVA qu'aux vues des chercheurs du CNRA de Bambay. On ne peut donc que saluer une telle collaboration entre deux organismes qui jouent un rôle complémentaire dans le cadre du développement économique du Sénégal et souhaiter que cette collaboration s'affermisse d'année en année.

Je tiens à remercier Monsieur Amady DIONE pour sa participation au choix et à l'échantillonnage des parcelles. Mes remerciements vont aussi aux enquêteurs de la SODEVA pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apportée dans la collecte de certains renseignements cultureux.

J'exprime ma profonde gratitude à MM. C. PIERI, S. DIATTA, P. SIBAND et R. OLIVER qui, pendant toute la durée de cette enquête, m'ont apporté leur aide avec une amicale compréhension, sans jamais ménager leur Peine et sans cesser de me faire profiter de leur expérience en matière de fertilisation.

SOMMA 1 RE

	<u>Pages</u>
Introduction :.....	1
I. Déroulement de l'enquête fertilité.....	3
1.1 ~ Phase 1 : Choix des parcelles et collecte des renseignements cultureux	3
1.2 ~ Phase 2 : Echantillonnage des parcelles	3
1.3 ~ Phase 3 : Analyse et interprétation des résultats....	4
1.3.1 ~ Critères retenus pour l'évaluation de la fertilité des sols.....	4
1.3.2 ~ Evaluation de la fertilité chimique des parcelles	6
1.3.3 ~ Mobilisations minérales et exportations des cultures	10
1.3.4 ~ Essai de bilan minéral brut sur une rotation arachide ~ mil ~ arachide . . .**.....	12
II. Enquête pH :.....	15
Conclusion :.....	15
Annexe S.....	16

I N T R O D U C T I O N

C'est un fait bien connu que chaque champ présente, au point de vue agronomique, un niveau de fertilité qui lui est propre et qui est fonction autant de son histoire culturale que de son type pédogénétique. Cette fertilité acquise peut résulter de l'application répétée, sur un temps suffisamment long, de doses d'engrais dépassant à la fois les exportations par les récoltes et les pertes de toutes natures.

On considère généralement que l'utilisation rationnelle des engrais est le moyen le plus simple et le plus sûr d'accroître le rendement des cultures. Au Sénégal, on pourrait encore très avantageusement accroître leur emploi. Comment y parvenir ? C'est un problème que tous ceux qui s'occupent de vulgarisation agricole sont amenés à se poser.

L'analyse de sol et de planter est un des moyens d'attirer l'attention des agriculteurs sur la nécessité d'apporter davantage d'engrais à leurs terres et sur l'importance d'un bon dosage des engrais selon les terres et les cultures. Pour cela une étude de l'évolution de la fertilité du sol est nécessaire. Il convient de noter que l'étude de l'évolution de la fertilité du sol a généralement été toujours réalisée en conditions contrôlées (stations de recherche, PAPEM). Grâce à ces travaux préliminaires, on dispose actuellement d'un certain nombre de critères qui, bien qu'encore imparfaits permettent, à partir de prélèvements et d'analyses de sol, de faire une évaluation du niveau de fertilité des terrains échantillonnés.

Le premier objectif de cette enquête est d'établir dans des champs paysans contrôlés par la SODEVA, une évaluation du niveau de fertilité en milieu paysan. Le deuxième objectif est de faire une évaluation des mobilisations minérales réelles en conditions paysannes par analyses des teneurs en éléments majeurs des échantillons représentatifs de plantes entières cultivées sur ces champs,

Cette évaluation est particulièrement importante car on manque d'informations précises au milieu paysan sur les exportations minérales réelles des cultures. Or on sait que le choix des formules de fumures appliquées au Sénégal dans le cadre d'une fertilisation économiquement satisfaisante est basé, d'une part sur la satisfaction de la demande des plantes

au moins autant que ce qui a été prélevé par la culture de façon à assurer le maintien de la fertilité du milieu. D'où la nécessité d'avoir une bonne évaluation des exportations minérales.

Le dernier objectif est d'établir une répartition fréquentielle du pH des sols cultivés en milieu paysan. Cette dernière partie de l'étude a été réalisée à partir d'un échantillonnage systématique de toutes les parcelles en arachide (sensibilité connue de cette culture à la toxicité aluminique) suivies par les enquêteurs de la SODEVA.

1 - DEROULEMENT DE L'ENQUETE FERTILITE

L'enquête comporte trois phases :

1.1 - Phase 1 : Choix des parcelles

Dans le courant du mois d'août nous avons effectué une tournée générale avec les responsables de la SODEVA pour le choix des exploitations et des parcelles qui devaient faire l'objet de prélèvement d'échantillons.

Conformément au protocole initialement établi, le choix des parcelles devait porter sur 8 champs par culture (arachide, mil), type d'exploitation (TBFF, TL) et par zone (Nord, Sud). Cependant comme les enquêteurs de la SODEVA n'avaient pas encore achevé le choix de leurs parcelles lors de notre tournée du mois d'août, nous avons été amenés à modifier le protocole. C'est ainsi que le choix des parcelles a été en définitive le suivant :

Pour l'arachide :

IA₁ : 4 parcelles au Nord, 4 parcelles au Centre et
8 parcelles au Sud ;

TA₃ : 8 parcelles au Centre et 8 parcelles au Sud.

Pour le mil :

IS₁ : 3 parcelles au Nord, 5 parcelles au Centre et 3 au Sud ;

TS₂ : 2 parcelles au Nord, 8 parcelles au Centre et 6 au Sud.

Au total donc, nous avons prélevé 64 parcelles.

N.B. : TBFF = traction bovine et Fumure forte

TL = thèmes légers

IA₁ = parcelles en arachide dessouchées, phosphatées avec apport de 75 kg de R-18-27 et plus ;

IS₁ = parcelles en mil dessouchées, phosphatées avec apport de plus de 150 kg 8-18-27 ou plus de 125 kg 8-18-27 + urée ou plus de 100 kg 8-18-27 et forte fumure organique

TA₃ = parcelles traditionnelles en arachide avec apport de moins de 75 kg de 8-18-27 sur toll gor

TS₂ = parcelles traditionnelles en mil avec apport de forte fumure organique ou plus de 75 kg 14-7-7

1.2 - Phase II : Echantillonnage des parcelles

Les points essentiels en matière de prélèvement d'échantillons sont la façon de procéder et l'époque choisie. Nous avons estimé que le prélèvement des échantillons de sols doit se faire avant tout apport de fumures, en particulier derrière une culture épuisante. C'est pourquoi au début du mois d'octobre, juste avant la récolte du mil, nous avons procédé à l'échantillonnage des parcelles,

Le fait qu'aucun échantillon de sol ne donne une image parfaitement fidèle du champ dans lequel il a été prélevé laisse supposer que l'appréciation de l'état de ce champ est entachée d'une erreur inhérente à l'échantillonnage dont le choix de la méthode dépend beaucoup de l'hétérogénéité du sol. Comment donc se présente l'hétérogénéité du sol ?

Il est dit dans les ouvrages spécialisés que le sol peut être fort peu homogène alors que le champ où doivent être prélevés les échantillons semble l'être. Il ne servirait à rien d'entrer ici dans le détail des opinions professées par les personnalités qui font autorité à cet égard.

Etant donné que les parcelles ne présentent pas la même homogénéité et que le manque d'homogénéité ne peut être apprécié à l'œil, l'idéal serait de toujours indiquer l'erreur inhérente à l'échantillonnage lorsqu'on établit le compte rendu d'analyse d'une parcelle. Cette pratique amènerait nécessairement à analyser individuellement un certain nombre d'échantillons prélevés dans chaque parcelle. Il est évident que des considérations pratiques et financières empêchent d'appliquer cette méthode. On se contente donc, en pratique, de prendre un échantillon global en sachant que cet échantillonnage est imparfait.

Pour l'échantillonnage des champs de mil nous avons adopté la technique suivante : les prélèvements ont toujours eu lieu sur les diagonales des parcelles. Sur chaque diagonale nous avons prélevé au hasard cinq touffes de mil, mesuré les hauteurs des plants de mil, compté le nombre d'épis et de pieds par touffe.

Le prélèvement de sol sur les parcelles de mil a été effectué à la sonde Dugain sur l'horizon CI-20 cm autour de chaque touffe de mil (sur un rayon de 20 cm) prélevée pendant l'échantillonnage des plantes. Au maximum donc nous avons effectué quatre prises ponctuelles autour de chaque touffe de mil. Ces prises unitaires ont été ensuite réunies pour constituer un échantillon composite par parcelle.

Pour l'échantillonnage des parcelles d'arachide nous avons adopté la méthode préconisée par l'IRHO mais en y apportant certaines modifications. Après avoir lancé le bâton nous avons, à l'endroit où celui-ci coupe une ligne X, mesuré non pas 5m de part et d'autre le long de la Ligne, selon la méthode IRHO, mais 0,5m. Nous avons donc été amenés à réduire la longueur de ligne prélevée pour pouvoir avoir l'accord des paysans pour l'échantillonnage des parcelles. Nous avons alors lancé le bâton 5 fois sur chaque parcelle, ce qui correspond à une portion de ligne de 5 m.

Le prélèvement de terre sur les parcelles d'arachide a été fait aux emplacements où l'échantillonnage des plantes a été effectué. Sur chaque emplacement nous avons effectué deux prises ponctuelles. Les prises unitaires ont été ensuite réunies pour la constitution de l'échantillon composite par parcelle.

1.3 - Phase III : Analyse et interprétation des résultats

1.3.1 - Critères retenus pour l'évaluation de la fertilité des parcelles échantillonnées

Bien que la détermination du pH d'un sol soit assez conventionnelle, on admet cependant que c'est un bon critère de l'estimation de la fertilité. Différents auteurs ont montré qu'il existe, pour certaines cultures, une corrélation entre la valeur du pH et les rendements ; une baisse du pH correspond à un appauvrissement en bases échangeables et peut se traduire par une insolubilisation de l'acide phosphorique et un ralentissement de l'activité biologique.

Il semble qu'on obtient une meilleure appréciation des effets nocifs de l'acidité du sol en tenant compte du taux de saturation du complexe absorbant par l'aluminium échangeable, élément qui apparaît lorsque la PKcl^{H}

s'abaisse sensiblement au-dessous de la valeur 4,6. En effet les travaux de PIERI (1974) ont montré qu'il existe :

- un seuil de toxicité aluminique des nodosités de l'arachide correspondant à un taux de saturation de la CEC par Al (voisin de 30 %) ;
- un seuil de phytotoxicité Pour l'arachide, lorsque ce taux est sensiblement plus élevé (voisin de 50 %).

En ce qui concerne le calcium qui représente en général les 2/3 de la valeur de S, les quantités sont généralement suffisantes pour assurer l'alimentation des plantes, c'est donc essentiellement par l'intermédiaire de la saturation du complexe et du pH que le calcium échangeable et la somme des bases interviennent sur la fertilité. Pour chaque pH, la valeur de S dépend donc de la valeur de T et est très variable en fonction du type de sol.

Si la valeur de S dépend essentiellement de la capacité d'échange et du pH, pour les autres cations, c'est leurs proportions relatives qui jouent un rôle important dans la fertilité.

Pour ce qui est du potassium échangeable, il ne peut être considéré comme une réserve alimentaire définie. Il représente plutôt une sorte de niveau, de "tube piézométrique", reflétant un état particulier et souvent transitoire des ions K⁺, entre les deux tendances inverses que constituent la rétrogradation et la libération, (GARAUDEAUX, 1973).

Les études effectuées ont montré que la corrélation entre potassium échangeable (assimilable) et fertilité est faible ; cette corrélation devient élevée si l'on tient compte des rapports $\frac{K}{T}$, $\frac{K}{S}$ ou $\frac{K}{Ca}$

Il semble donc que l'alimentation en potassium des plantes dépende de la densité des ions potassium par rapport aux autres cations, la vitesse de désorption devient un facteur secondaire alors qu'il est primordial dans le cas du phosphore (DABIN, 1970).

Comme l'a fait remarquer OUYER le meilleur critère d'appréciation de la fertilité des sols du Sénégal en ce qui concerne P₂O₅ n'est certainement pas la fraction obtenue par l'extraction citrique. En effet les recherches effectuées montrent qu'il existe une corrélation assez nette entre la productivité et la teneur en P₂O₅ total, extrait par l'acide nitrique concentré à chaud,

Nous avons alors retenus les critères suivants :

Acidité

$p_{kcl}^H < 4,0$	: acidité très forte
$4,1 \leq p_{kcl}^H \leq 4,5$	: acidité forte
$4,6 \leq p_{kcl}^H \leq 5,0$	: acidité moyenne
$5,1 \leq p_{kcl}^H \leq 5,5$	: acidité faible
$5,6 \leq p_{kcl}^H \leq 6,0$	: acidité proche de la neutralité
$p_{kcl}^H \geq 6,1$	: neutre

Réponse du mil à la fumure potassique

1) $\frac{K \text{ éch.}}{CEC} > 5 \%$: réponse à K peu probable

2) $2\% < \frac{K \text{ Qch.}}{CEC} \leq 5 \%$: réponse à K probable

$\frac{K \text{ éch.}}{CEC} < 2 \%$: carence en K

Réponse de l'arachide à la fumure potassique

1) K éch. ≤ 39 ppm (0,1 me/100 g) : réponse à K probable

2) K éch. > 39 ppm (0,1 me/100 g) : réponse à K peu probable

Réponse à la fumure phosphatée

1) P_{2O_5} total < 110 ppm : $< 67 \%$ du rendement maximum

2) P_{2O_5} total : 110-220 ppm : 67-75% du rendement maximum

3) P_{2O_5} total : 220-500 ppm : 75-90% du rendement maximum

4) P_{2O_5} total : > 500 ppm : $> 90 \%$ du rendement maximum

Réserves facilement utilisables

Tableau 1

S me/100 y		Importance des réserves facilement utilisables
A+L $> 10 \%$	A+L $< 10 \%$	
$< 1,5$	$< 0,75$	réserves faibles
$1,5 - 3$	$0,75 - 1,5$	réserves médiocres
$3 - 6$	$1,5 - 3$	réserves moyennes
$6 - 12$	$3 - 6$	réserves bonnes

1.3.2 - Evaluation de la fertilité des parcelles

Les résultats des analyses de sols tels que les laboratoires les présentent ne sont pas directement utilisables par les agriculteurs. C'est qu'en effet le chimiste ne peut que dire combien un sol donne contient de phosphore ou de potassium aisément solubles. Mais cela n'intéresse pas du tout l'agriculteur ; ce qu'il désire savoir est tout autre chose, c'est : y a-t-il intérêt à faire des applications d'engrais phosphates ou de sels de potasse ? Si la réponse est positive, il poursuit inévitablement en demandant : Combien en faut-il ? Il est tout aussi difficile de répondre à cette question qu'il est loyique, normal et nécessaire de la poser. Et la réponse, en admettant qu'il soit possible d'en donner une, dépend de ce que l'agriculteur veut connaître : quantité d'engrais qu'il aura le plus d'intérêt à employer l'année suivante ou quantité nécessaire pour relever les teneurs

Il convient donc de distinguer entre :

a/- une interprétation servant à exprimer le degré de fertilité du sol ;

b/- une interprétation servant à indiquer la quantité d'engrais à appliquer.

Pour déterminer la quantité d'engrais à appliquer il faut entreprendre un grand nombre d'expériences sur le terrain portant sur des quantités croissantes d'engrais et faire des analyses de sols correspondantes.

On peut dire que pour formuler, d'après les résultats de l'analyse, une recommandation concernant l'apport de tel ou tel élément nutritif, il faudrait connaître les données ci-dessous :

1 - Teneur dans le sol de l'élément nutritif considéré

2 - Teneur dans le sol d'autres éléments nutritifs, ainsi que teneur en argile et en humus, pH, en sels etc...

3 - Besoins spécifiques des diverses plantes cultivées en chacun des éléments nutritifs ;

4 - Variations de ces besoins sous l'influence des conditions extérieures (précipitations etc...).

Or il se trouve, en pratique, que, au moins en ce qui concerne l'agriculture sénégalaise, les données énumérées ci-dessus ne sont pas toutes connues. Nous allons donc à partir des critères retenus essayer de faire une évaluation de la fertilité des parcelles échantillonnées.

Adpartition des parcelles suivant leur degré d'acidité

Tableau n°2

Classes	Degré d'acidité	Parcelles	Numéros des parcelles concernées*
I	Acidité très forte	0	
II	Acidité forts	4,7	1, 2, 11
III	Acidité moyenne	25,0	3, 5, 6, 7, 10, 12, 33, 40, 41, 43, 44, 51, 58, 59, 63, 64
IV	Acidité faible	43,3	4, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 34, 35, 36, 37, 38, 42, 45, 46, 47, 413, 17, 18, 20, 26, 27, 28, 31, 32, 52, 56, 57, 60
V	Acidité proche de la neutralité	20,3	39, 19, 21, 23, 24, 25, 29, 30, 49, 50, 53, 55, 62
VI	Neutre	4,7	22, 54, 61

* Les fiches d'analyse des parcelles sont données en annexe avec les noms des exploitants.

Répartition des parcelles suivant la réponse du mil
à la fumure potassique

Tableau n°3

Réponse	Parcelles, %	Numéros des parcelles concernées
Probable	68,8	1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 46, 47, 18, 19, 20, 23, 26, 27, 32, 49, 50, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64
Peu probable	18,7	17, 21, 22, 24, 25, 30, 31, 53, 54, 56, 59, 61, 64
Carence en K	12,5	Y, 11, 40, 42, 45, 48, 28, 52

La lecture de ce tableau montre que dans 68,8 % des cas la réponse du mil à la fumure potassique est Probable et que 12,5 % des parcelles sont carencées en potasse.

Répartition des parcelles suivant la réponse de l'arachide à la fumure potassique

Tableau n° 4

Réponse	Parcelles, %	Numéros des parcelles concernées
Probable	92,2	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 38, 14, 40, 15, 16, 42, 33, 43, 34, 35, 44, 45, 36, 46, 37, 47, 48, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64
Peu probable	7,8	21, 22, 53, 54, 5

Ces chiffres de ce tableau montrent que sur 92 % des parcelles échantillonnées l'on peut s'attendre à une réponse de l'arachide à la fumure potassique.

La réponse de l'arachide à K est peu probable sur 7,8 % des parcelles.

Répartition des parcelles suivant la teneur
du sol en phosphore total

Tableau n° 5

Teneur en ppm	% du rendement maximum;	Parcelles, %	Numéros des parcelles concernées
< 110	< 67	10,9	26, 57, 58, 59, 60, 62, 63
110-220	67-75	35,9	18, 4, 36, 29, 20, 38, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 51, 61, 64
220-500	75-90	51,6	16, 23, 35, 37, 86, 137, 138, 139, 140, 15, 42, 45, 46, 47, 48, 17, 21, 22, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56
> 500	> 90	1,6	20

Les résultats qui figurent sur ce tableau appellent les remarques suivantes : sans fertilisation phosphatée sur plus de la moitié des parcelles échantillonnées l'on ne peut espérer obtenir 75-90 % du rendement maximum en arachide et 67-75 % du rendement maximum sur 35,9 % des parcelles.

Répartition des parcelles suivant le niveau
des réserves facilement utilisables

Tableau n° 6

S mg/100 g		Importance des réserves	Parcelles, %	Numéros des parcelles concernées
A+L > 10%	A+L < 10%			
< 1,5	< 0,75	Faibles	50,0	17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 32, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 33, 41, 42
1,5-3	0,75-1,5	Médiocres	31,2	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 34, 38, 40, 42, 43, 22, 26, 31
3-6	1,5-3	Moyennes	18,8	5, 9, 12, 13, 35, 36, 37, 39, 44, 45, 46, 47, 48
6-12	3-6	Sonnes	0	

Dans leur grande majorité les parcelles échantillonnées ont un niveau faible à médiocre des réserves facilement utilisables. Sur les 64 parcelles aucune n'a de bonnes réserves facilement utilisables.

1.3.3 - Mobilisations minérales et exportations par les cultures

Les résultats des analyses de plantas

- montrent que l'engrais n'a pas d'effet sur les teneurs des plantes en N, P₂O₅, K₂O, CaO et MgO (cf. fiches des résultats d'analyse en ? annexe), l'eau limitant!

- ont permis d'établir des relations entre les rendements et les mobilisations minérales (cf. graphiques 1 à 10).

La lecture de ces graphiques appellent les remarques suivantes :

- il y a une étroite corrélation entre les rendements et les mobilisations minérales aussi bien dans le cas d'une culture d'arachide que celui d'une culture de mil ;

- la corrélation est moins forte dans le cas de l'arachide pour ce qui est du calcium et du magnésium. Elle est d'ailleurs non significative dans le cas du calcium,

A partir des équations de corrélations établies il est possible d'exprimer le niveau d'un élément donné dans la plante en fonction de la quantité d'autres éléments mobilisés. C'est ainsi que les relations entre N, P et K pour le mil sont les suivantes :

$$\begin{array}{lcl} \text{K}_2\text{O} & = & 2,46 \text{ P}_2\text{O}_5 + 0,96 \\ \text{kg/ha} & & \text{kg/ha} \end{array}$$

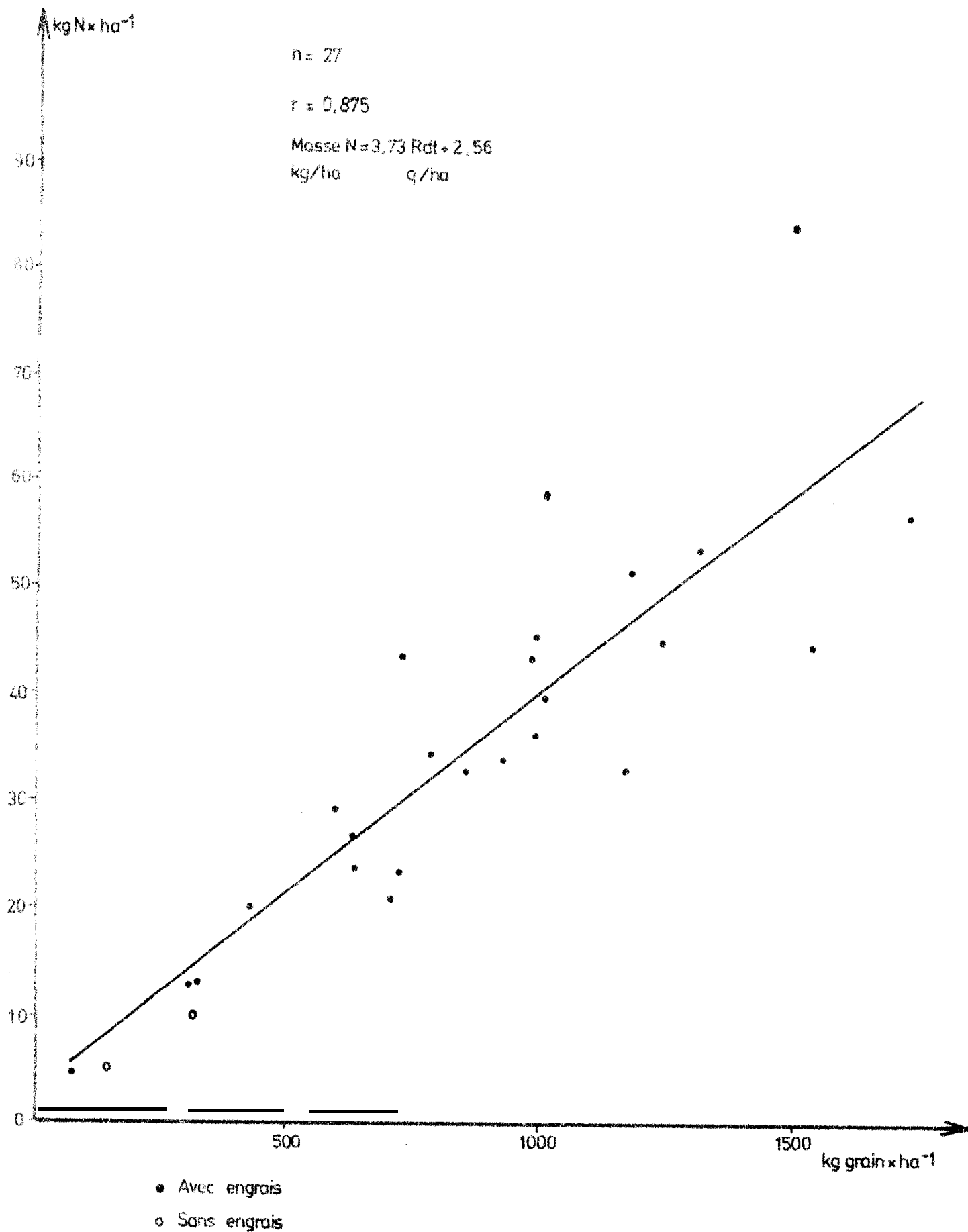
$$\begin{array}{lcl} \text{P}_2\text{O}_5 & = & 0,21 \text{ N} - 2,56 \\ \text{kg/ha} & & \text{kg/ha} \end{array}$$

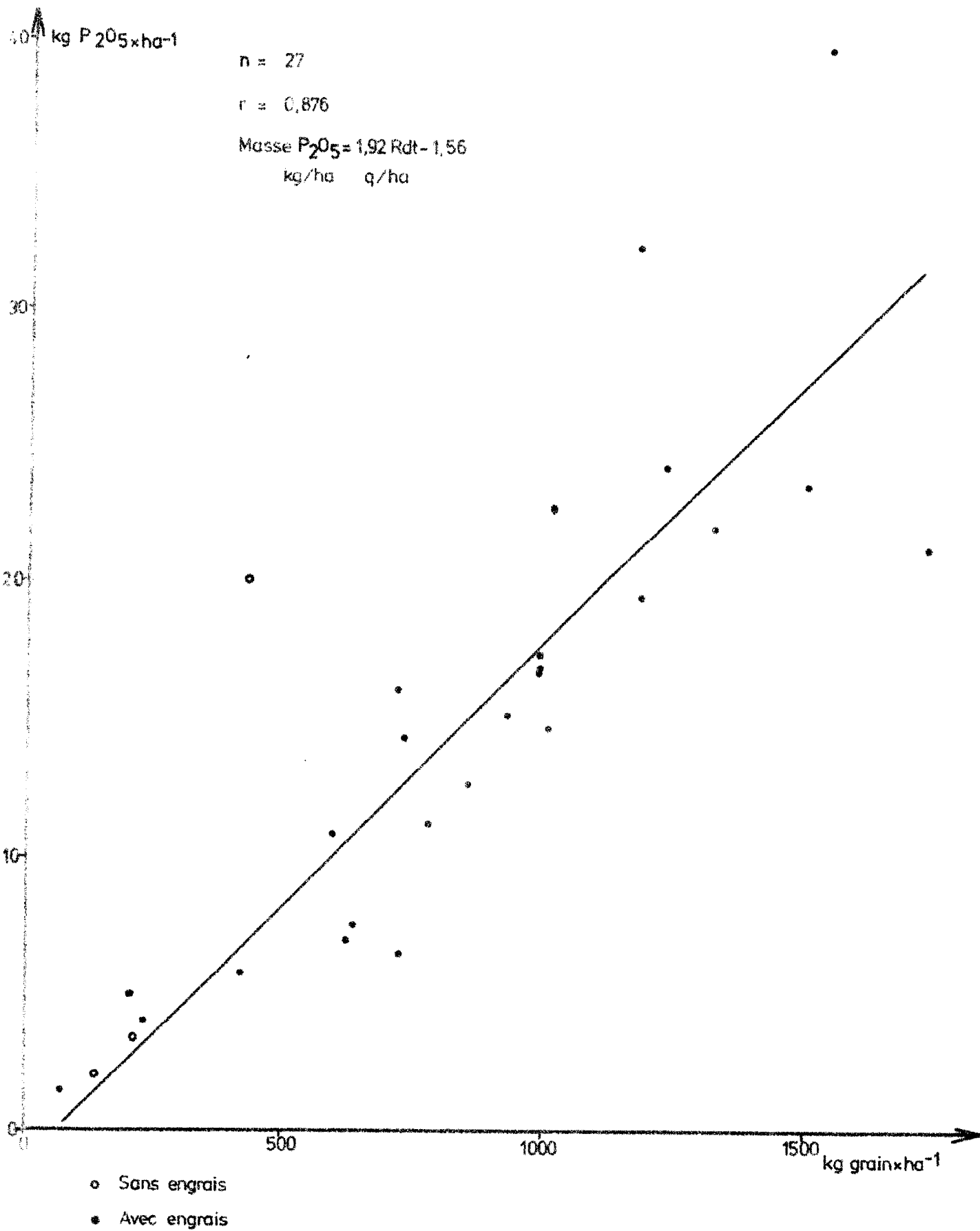
$$\begin{array}{lcl} \text{K}_2\text{O} & = & 0,53 \text{ N} - 5,74 \\ \text{kg/ha} & & \text{kg/ha} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{CaO} & = & 0,94 \text{ MgO} + 0,19 \\ \text{kg/ha} & & \text{kg/ha} \end{array}$$

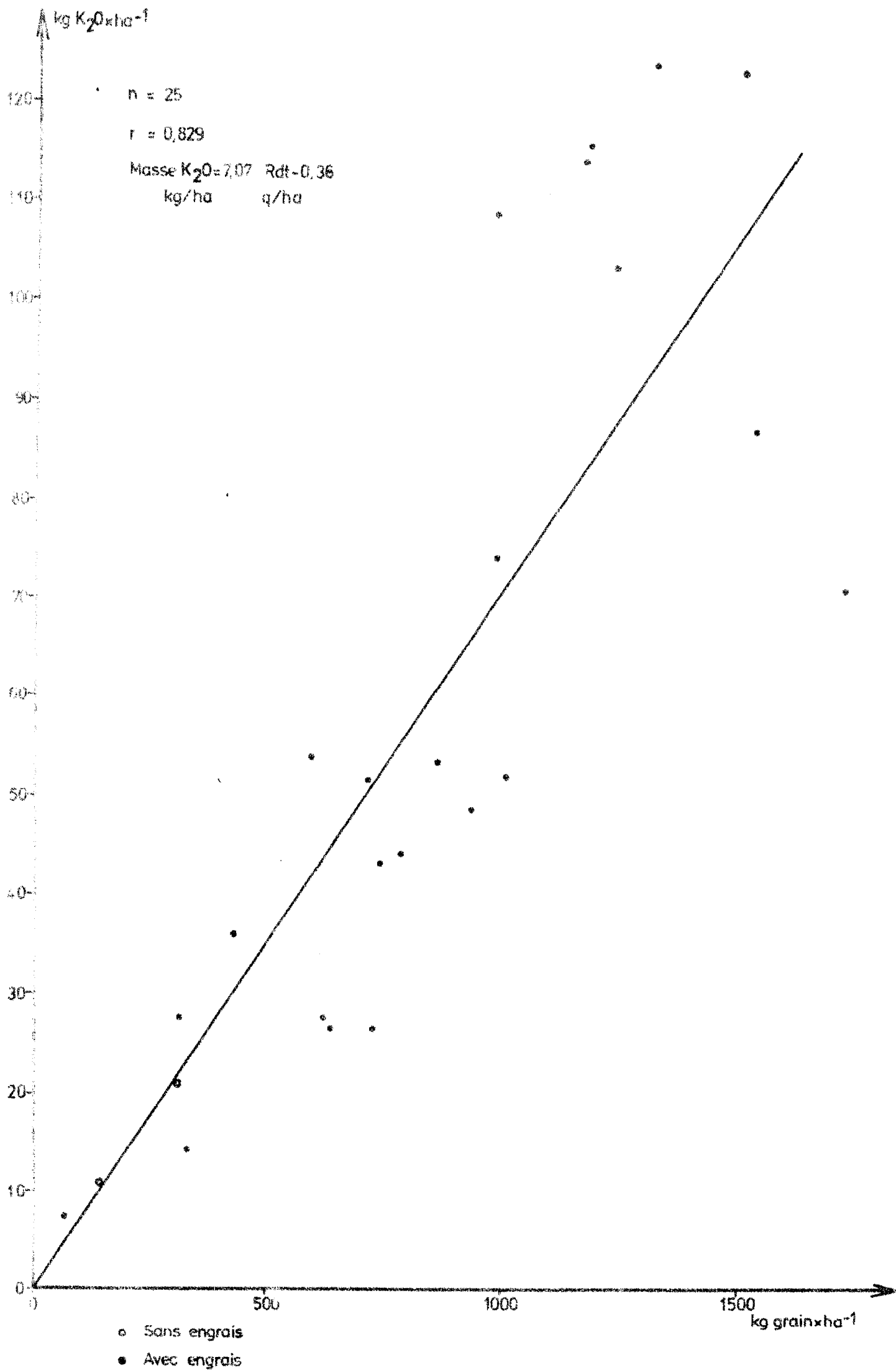
L'équilibre entre éléments majeurs (N, S, P, K, Ca, Mg) qui se réalise dans la matière végétale revêt une grande importance car il est plus ou moins équivalent aux besoins de la plante. Le graphique 11 montre à titre d'exemple, l'équilibre des mobilisations phosphopotassiques. Dans le cas du mil pour un rendement d'une tonne le rapport $\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{P}_2\text{O}_5}$ est voisin de 4, tandis que dans le cas de l'arachide et pour le même rendement il est de l'ordre de 2,5. Ceci vaut dire que le mil consomme 4 fois plus de potasse que de phosphore et l'arachide 2,5 fois.

Il est apparu nécessaire d'établir des bilans minéraux bruts pour juger de la "santé" des sols des parcelles échantillonnées. Pour cela on a été amené à postuler trois hypothèses en raison du manque de données précises sur les quantités de pailles réellement exportées des parcelles.





Gr 2: MOBILISATIONS DU MIL : ACIDE PHOSPHORIQUE

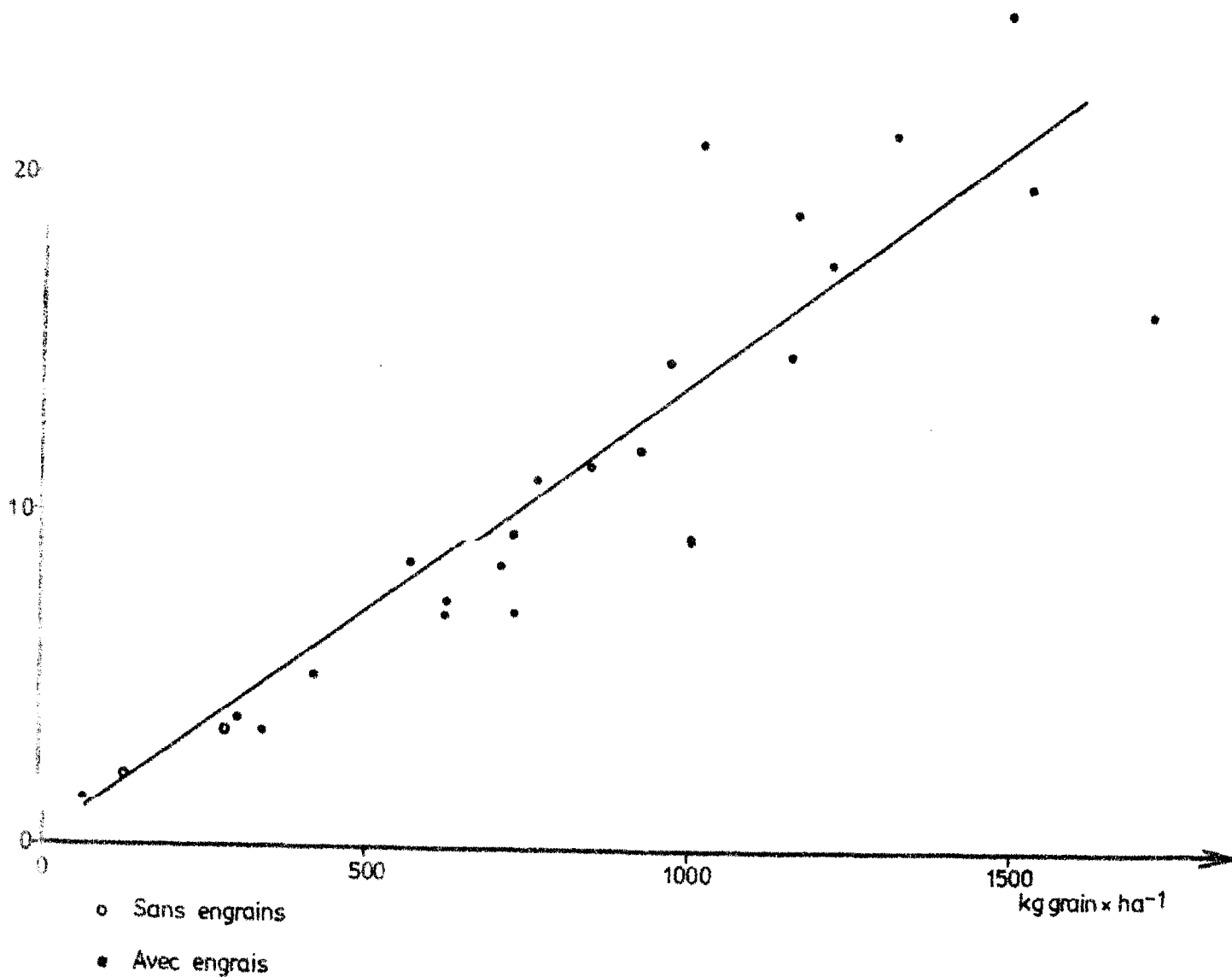


n = 27

z = 0,662

y = 0,015 Rdt + 0,37

kg/ha kg/ha



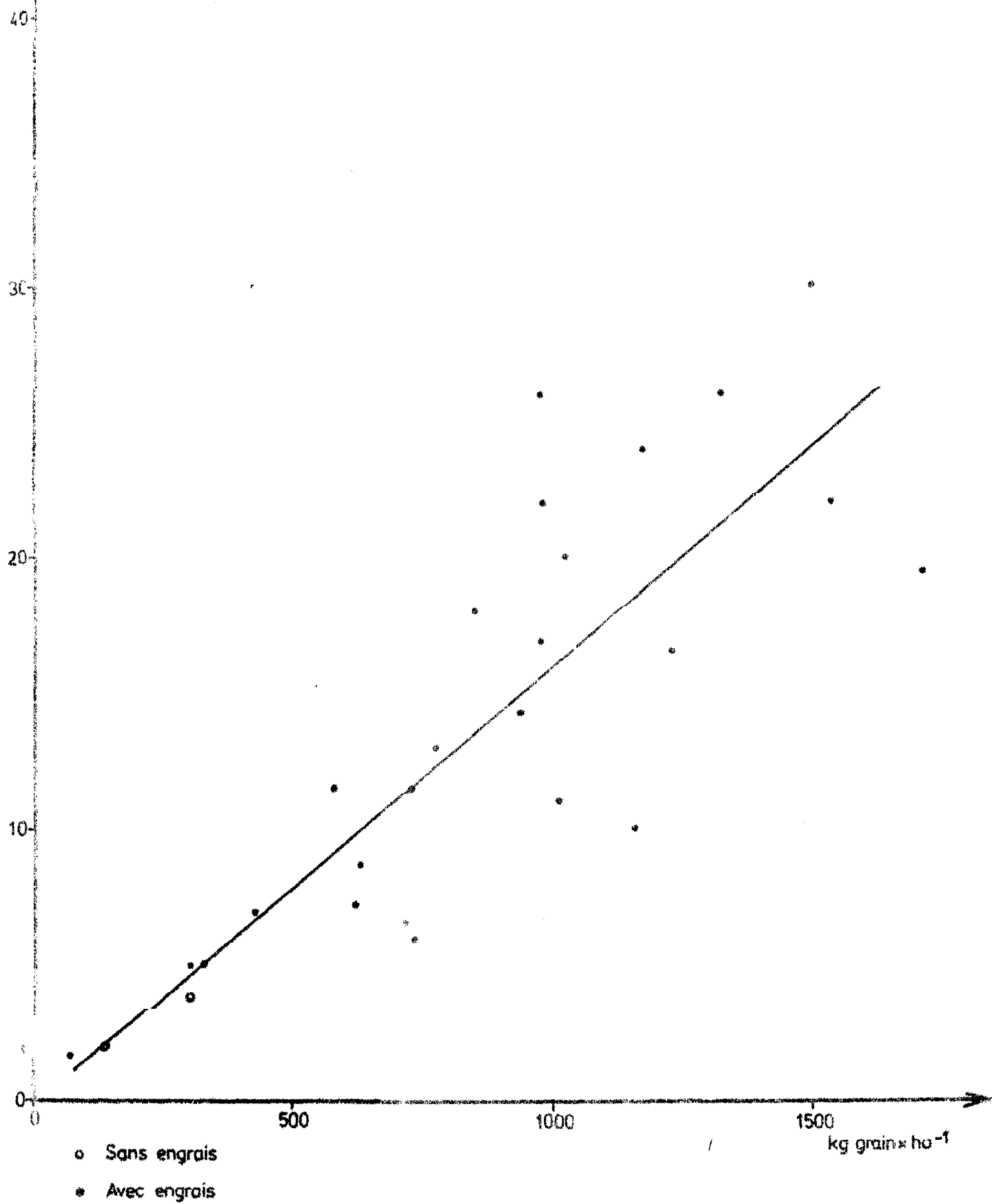
Gr.4: MOBILISATIONS DU MIL: CaO

n = 27

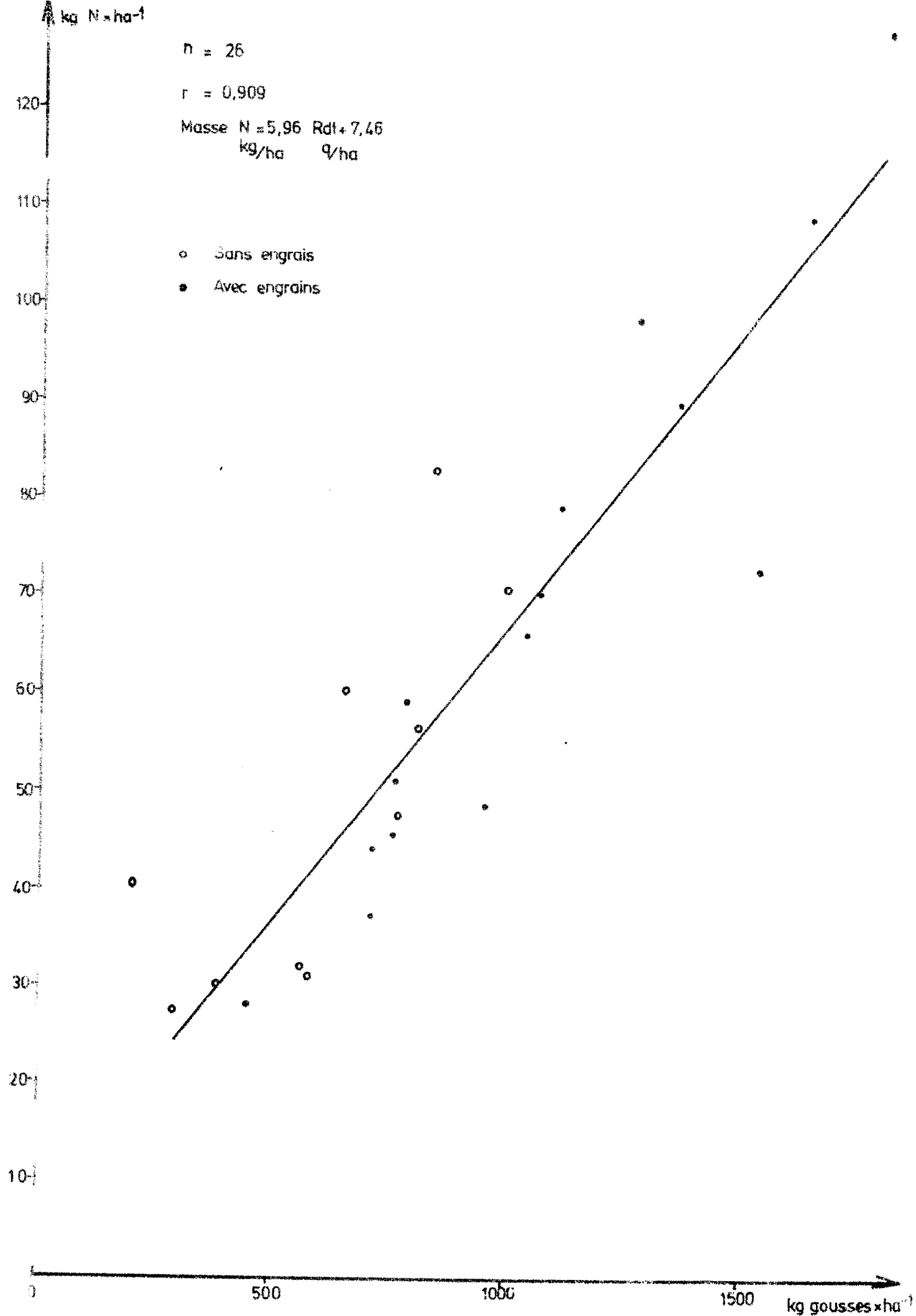
r = 0,833

y = 0,016 Rdt + 0,18

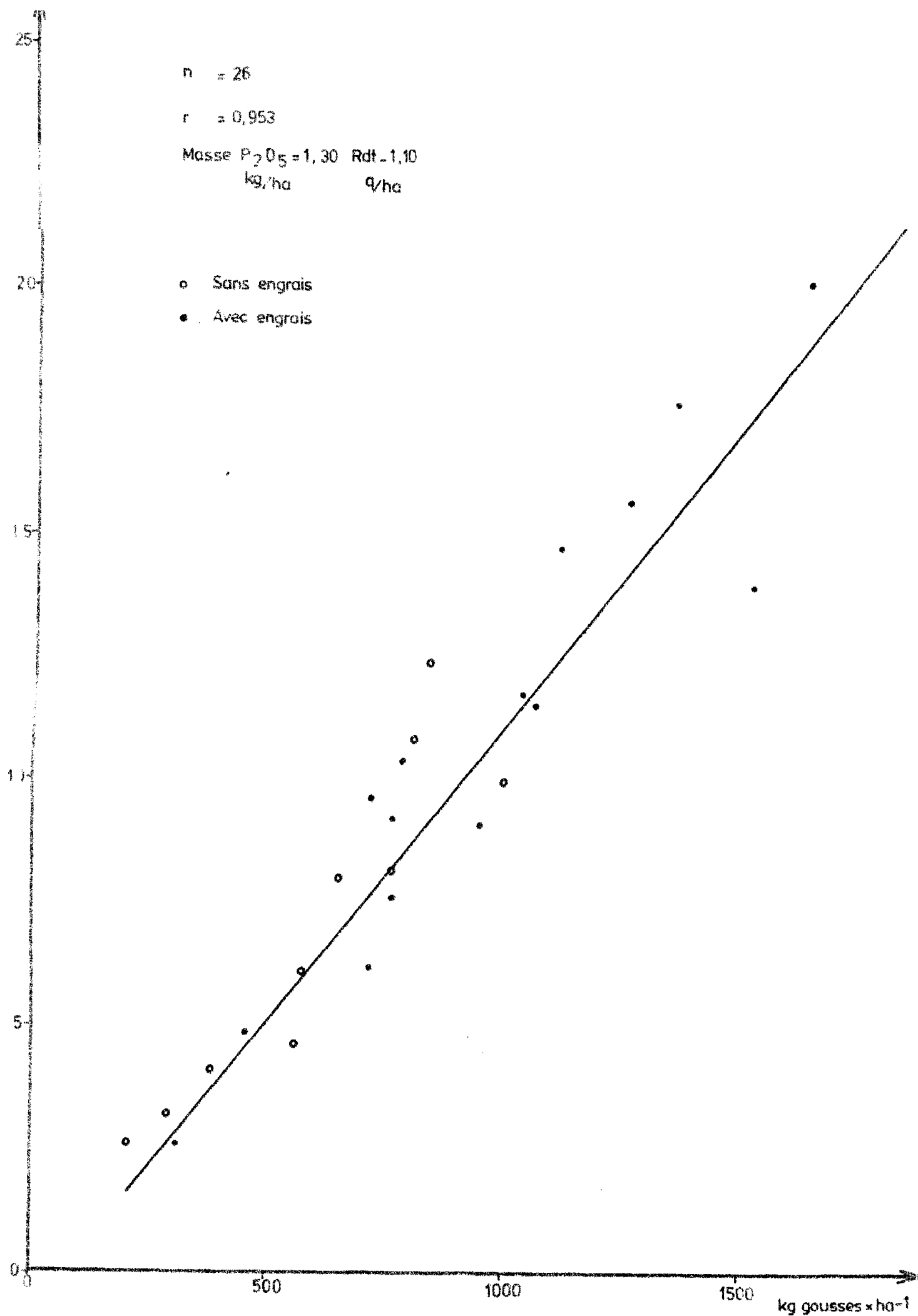
kg/ha kg/ha



Gr.5: MOBILISATIONS DU MIL : MgO



Gr. 6: MOBILISATIONS DE L'ARACHIDE: AZOTE



Gr. 7: MOBILISATIONS DE L' ARACHIDE: ACIDE PHOSPHORIQUE

60-

n = 25

r = 0,911

Masse K_2O = 3,2 Rdt = 1,74

55-

kg/ha q/ha

50-

○ Sans engrais

● Avec engrais

45-

40-

35-

30-

25-

20-

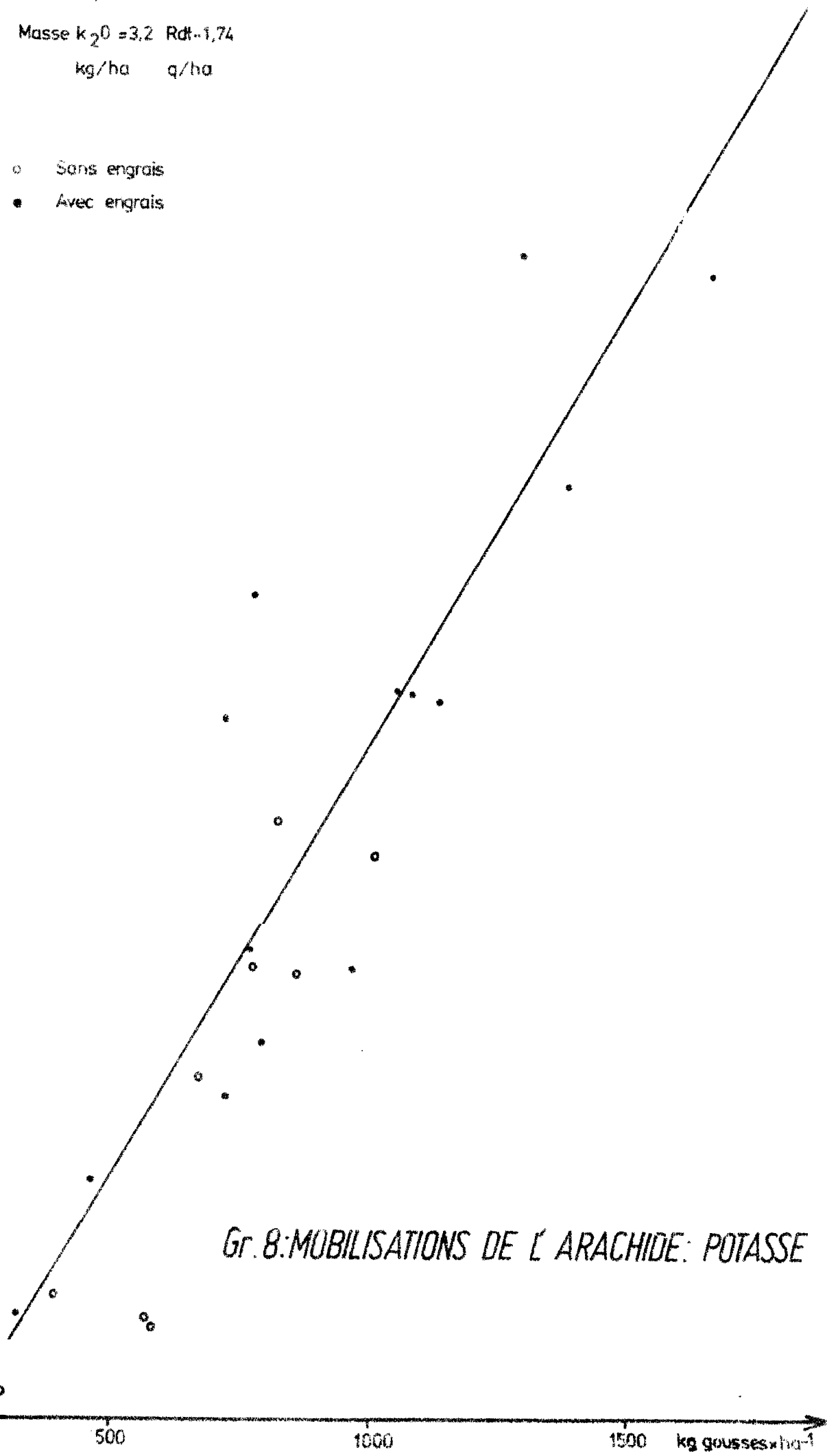
15-

10-

5-

Gr. 8: MOBILISATIONS DE L' ARACHIDE: POTASSE

0 500 1000 1500 kg gousses/ha-1

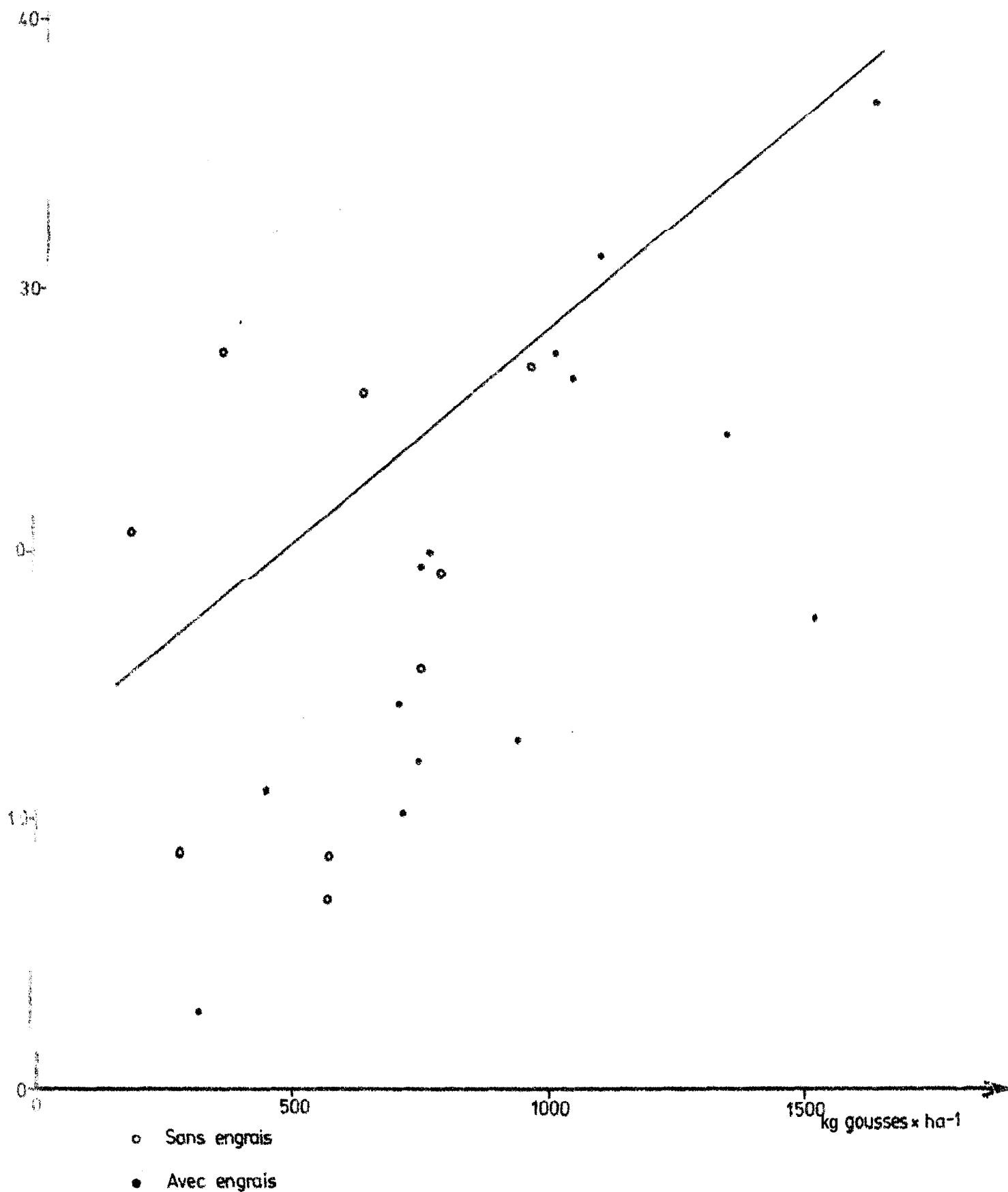


n = 28

r = 0,298

y = 0,016 Rdt + 12,72

kg/ha kg/ha



Gr. 9: MOBILISATIONS DE L' ARACHIDE: CaO

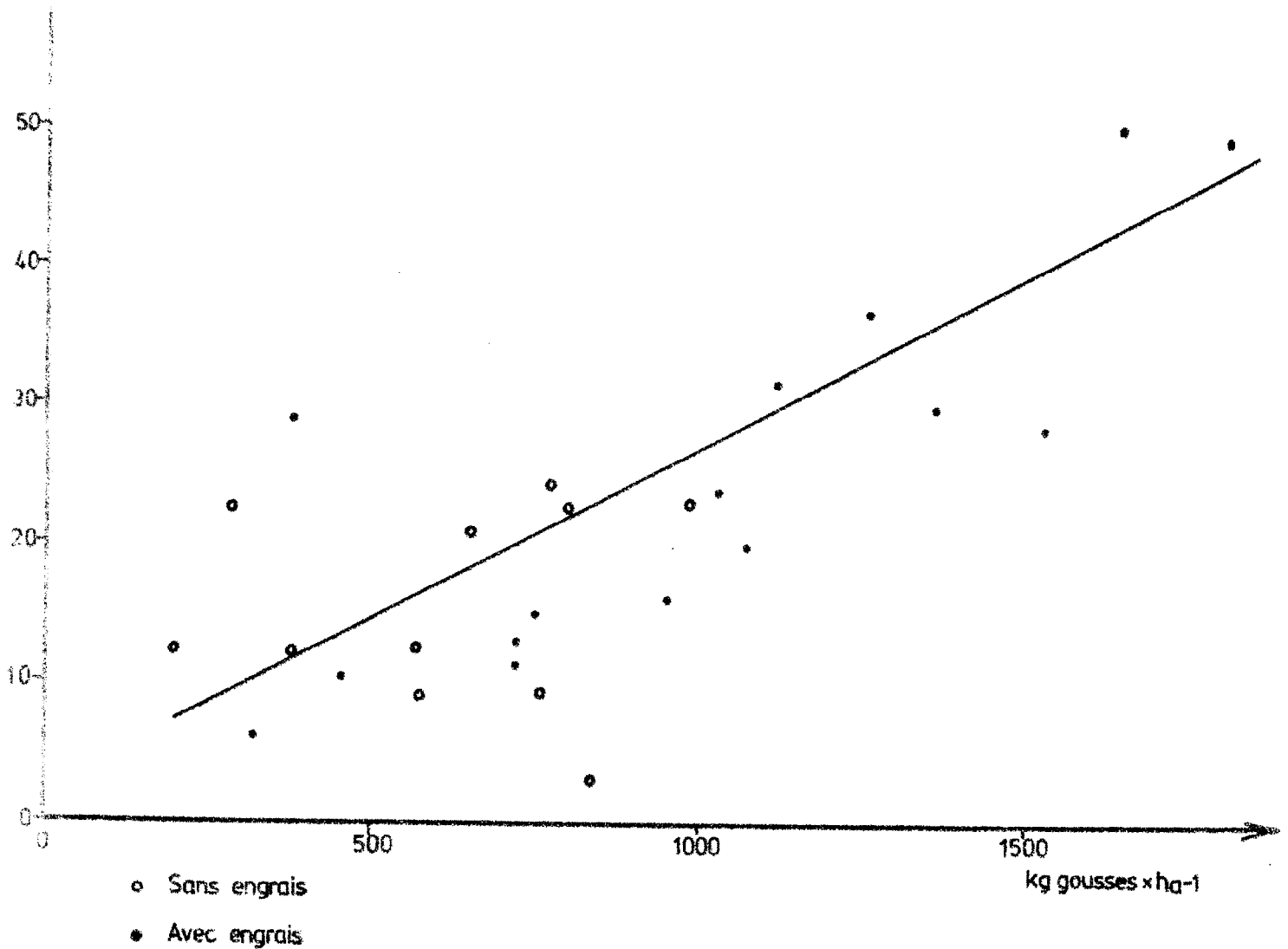
kg MgO x ha⁻¹

n = 28

r = 0,676

y = 0,023 Rdt + 2,81

kg/ha kg/ha



Gr. 10: MOBILISATIONS DE L' ARACHIDE MgO

- 1er cas : les épis et les pailles sont exportés
- 2ème cas: les épis et les 2/3 des pailles sont exportés
(1/3 des pailles brûlé sur place)
- 3ème cas: les épis sont exportées, les pailles brûlées sur place. Ceci est rarement réalisé sur le terrain, une partie des pailles servant pour la nourriture du bétail et la confection des tapades.

Dans le cas d'une culture d'arachide les fanes et les gousses sont **entièrement** exportées. Les fanes d'arachide sont en effet, l'un des meilleurs aliments possibles pour le bétail.

Les bilans minéraux établis par culture et par parcelle sont donnés en annexe,

Dans l'ensemble pour les parcelles de mil :

- le bilan de l'azote est toujours négatif quelque soit le cas envisagé, même avec restitution des pailles,

En effet si ce mode de restitution (brûlis) limite, en principe, les pertes de P_2O_5 et de K_2O , il n'en est pas de même pour l'azote qui se volatilise dans ces conditions.

- le bilan du phosphore pour la plupart des parcelles est positif dans le cas où les pailles sont partiellement ou totalement brûlées sur le terrain ;

- le bilan du potassium est positif dans le cas de brûlis de toutes les pailles. Cependant, comme nous l'avons déjà noté plus haut ceci est rarement réalisé sur le terrain ;

- quant aux bilans du calcium et du magnésium ils sont toujours déficitaires. En effet les formules de fumure utilisées ne contiennent pas ces éléments (c'est le cas de la 8-18-27 qui ne contient ni de CaO ni de MgO) ou en contiennent très peu (cas de la 14-7-7 qui titre 2,25 % de CaO). Un appauvrissement continu donc du sol en CaO et MgO peut avoir, à long terme, des conséquences graves (augmentation de l'acidité du sol) pour les parcelles d'arachide ;

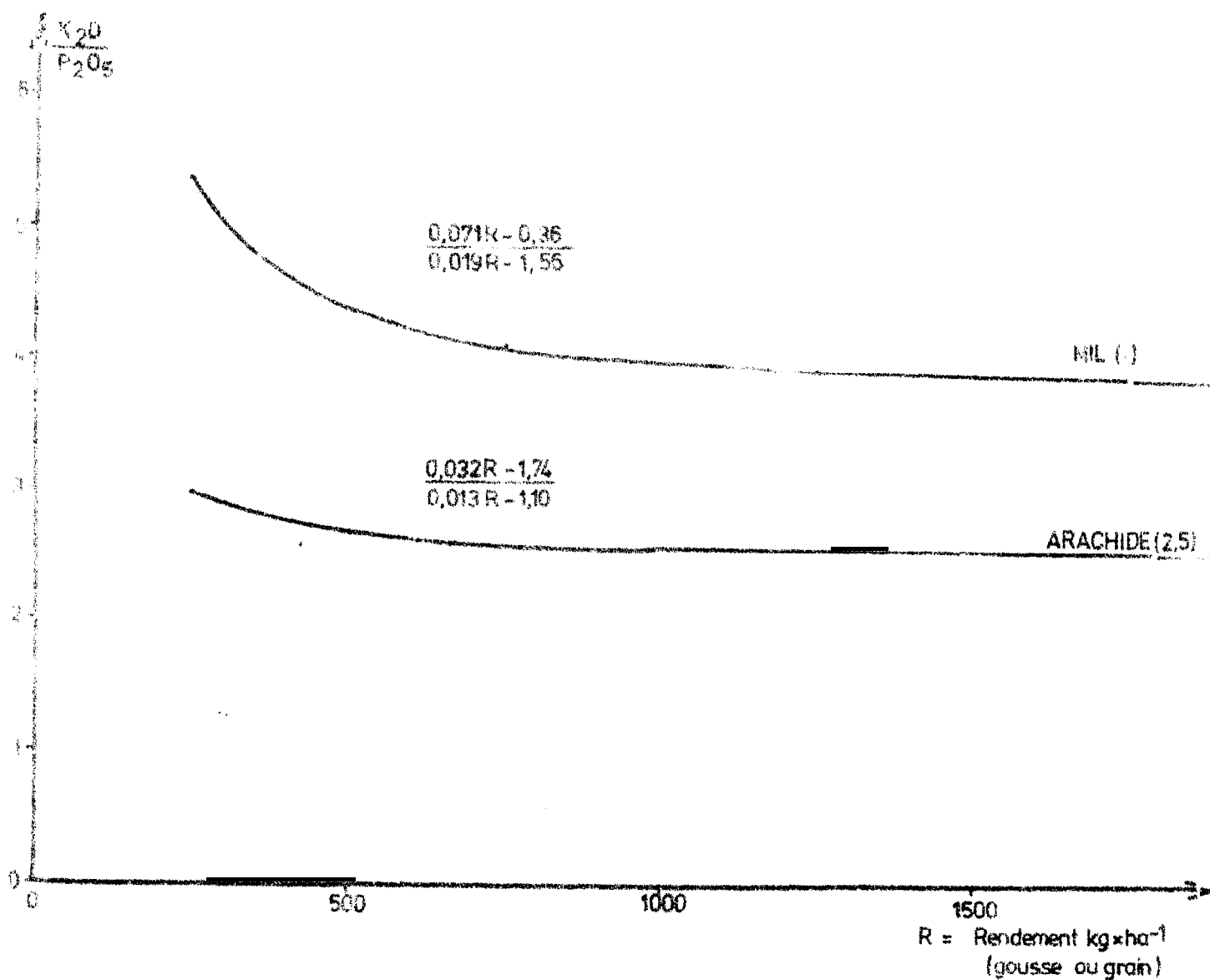
- le bilan du phosphore est en général positif s'il y a eu apport d'engrais ;

- le bilan du potassium est déficitaire dans la majorité des cas ;

- les bilans du calcium et du magnésium sont nettement déficitaires.

Nous avons tenté d'établir une relation entre les rendements et les exportations en fonction des trois hypothèses de restitution ci-dessus (cf. graphiques 12 à 19).

La lecture de ces graphiques montrent que quelle que soit l'hypothèse envisagée il existe une corrélation très étroite entre les rendements et les exportations des différents éléments minéraux.



Gr. 11: EQUILIBRE DES MOBILISATIONS PHOSPHOPOTASSIQUES

MOBILISATIONS TOTALES POUR 1 TONNE DE RENDEMENT (en kg)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
MIL	40	18	71
ARACHIDE	67	11	31

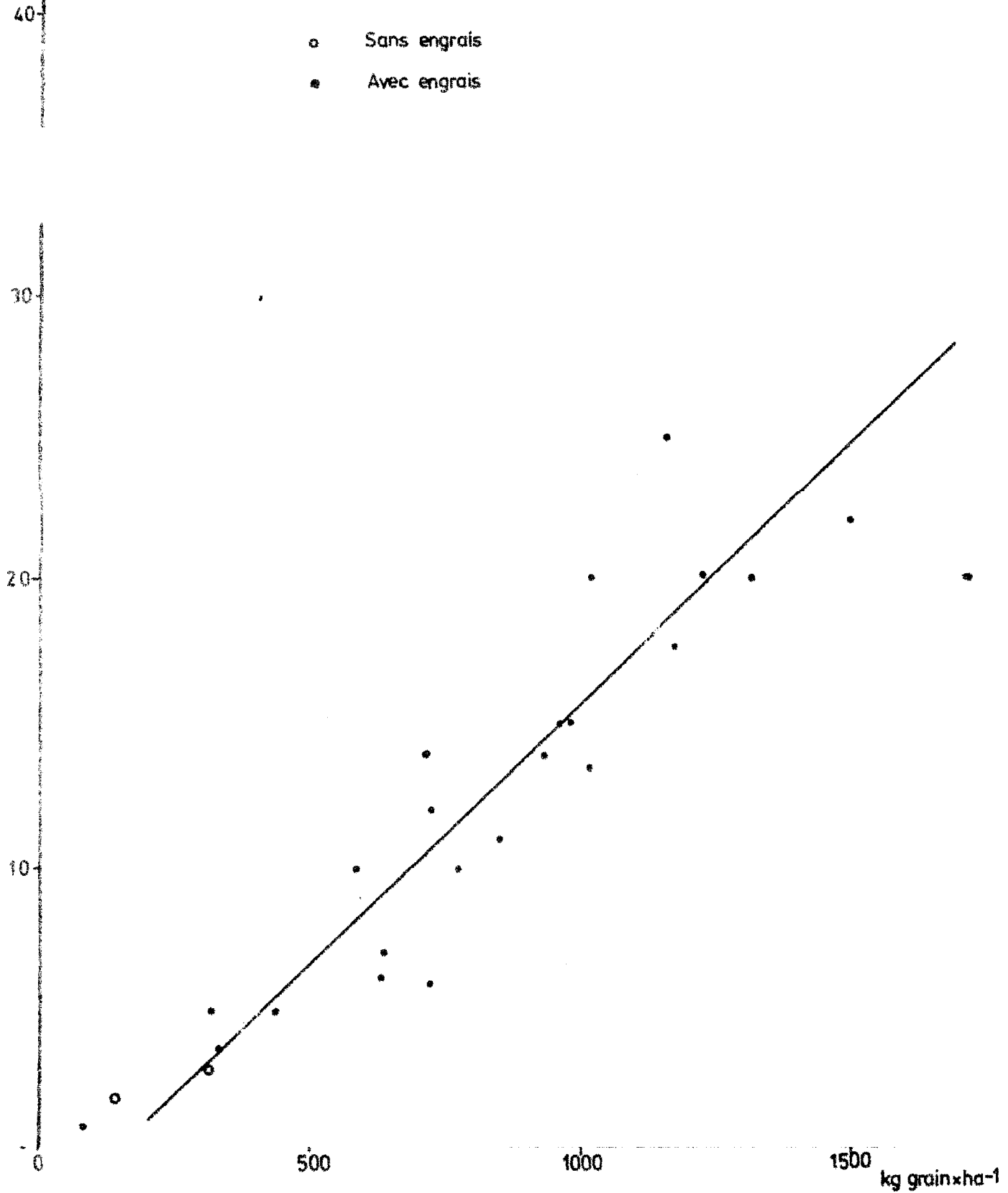
$n = 27$

$r = 0,912$

$y = 0,017 \text{ Rdt} - 1,04$
kg/ha kg/ha

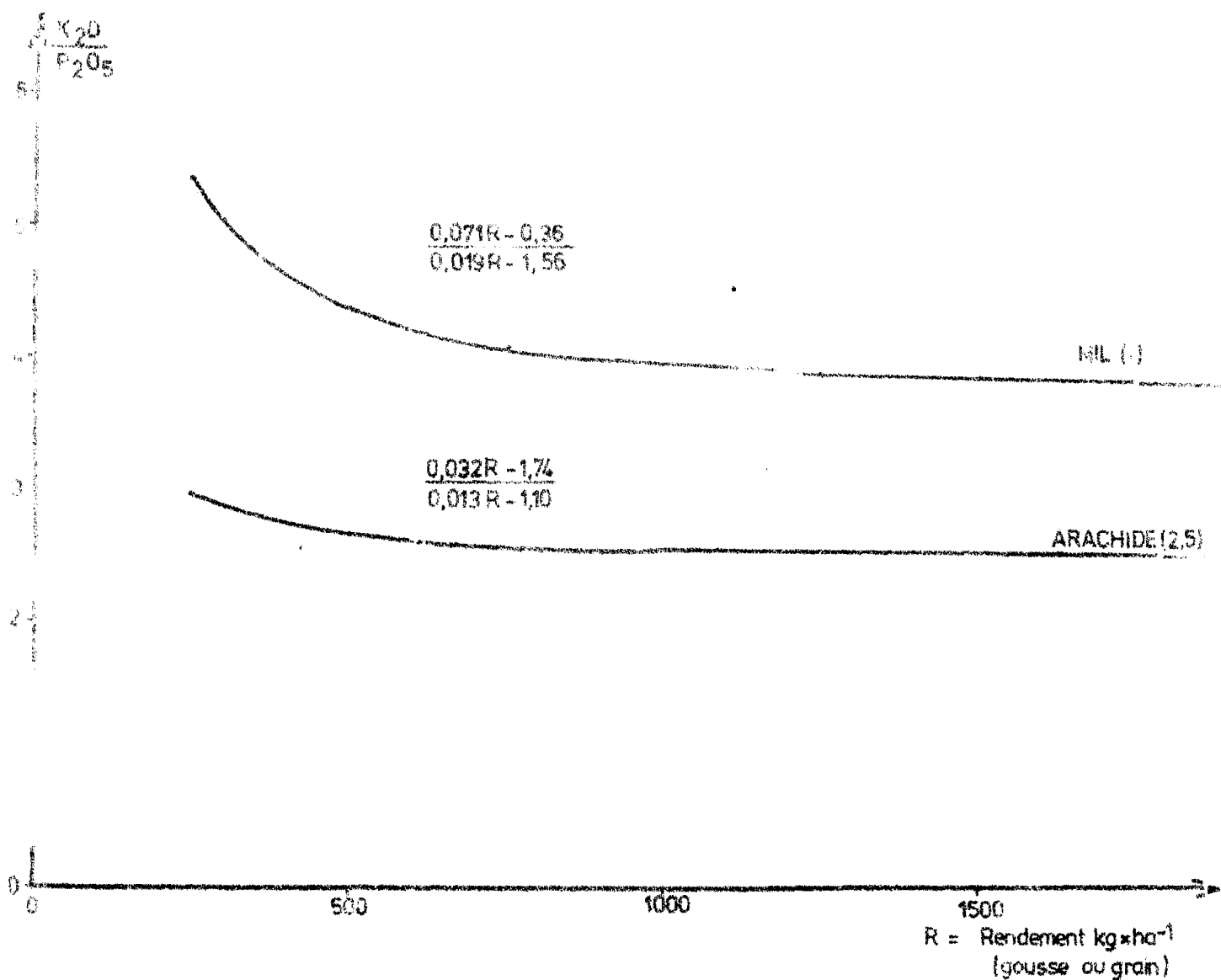
○ Sans engrais

● Avec engrais



Gr. 12: RELATION ENTRE RENDEMENT ET EXPORTATIONS: P205

(Sont exportés: épis + 2/3 pailles)



Gr. 11: EQUILIBRE DES MOBILISATIONS PHOSPHOPOTASSIQUES

MOBILISATIONS TOTALES POUR 1 TONNE DE RENDEMENT (en kg)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
MIL	40	18	71
ARACHIDE	67	11	31

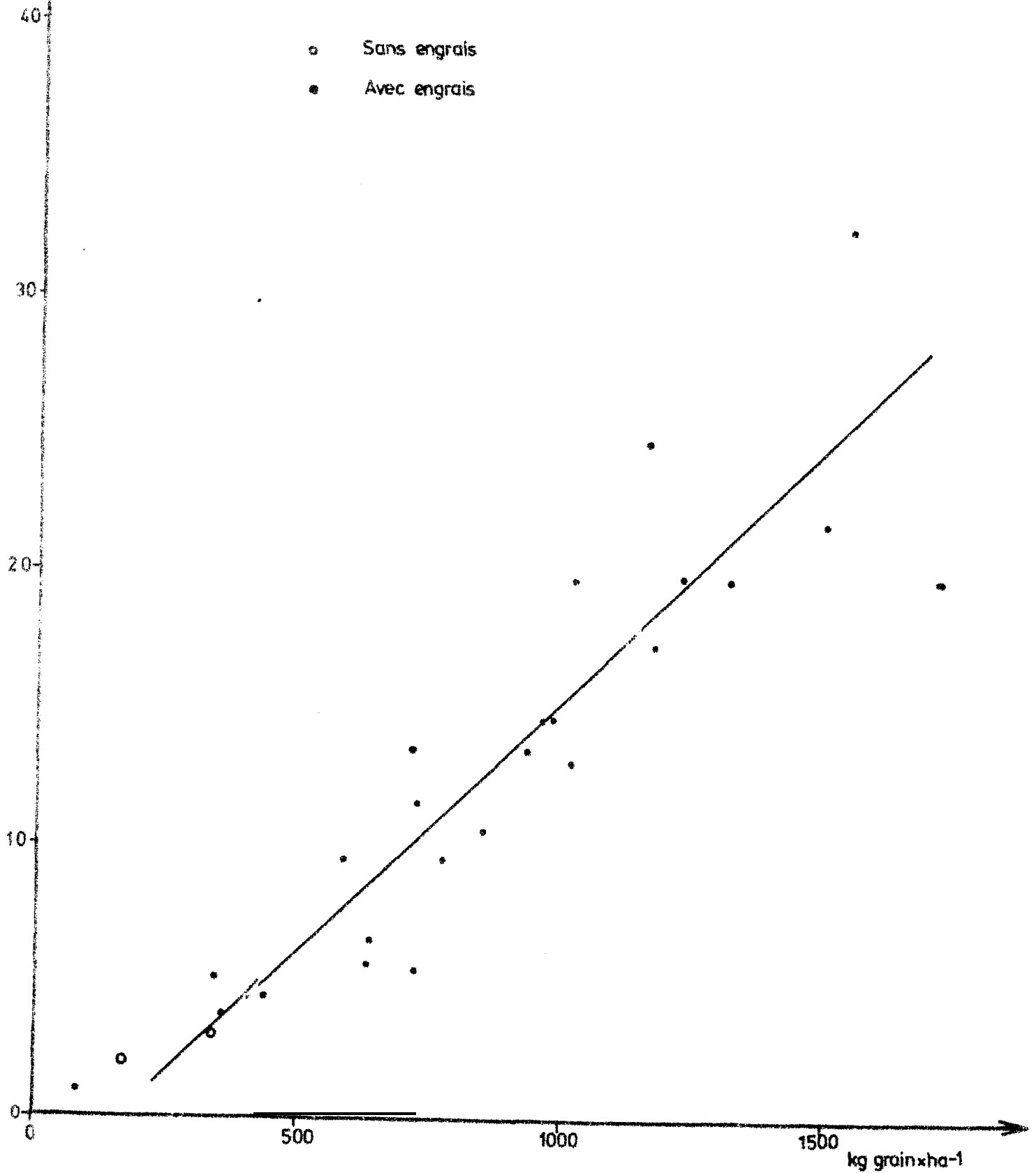
$n = 27$

$r = 0,912$

$y = 0,017 \text{ Rdt} - 1,04$
kg/ha kg/ha

○ Sans engrais

● Avec engrais



Gr. 12: RELATION ENTRE RENDEMENT ET EXPORTATIONS: P_{205}

(Sont exportés: épis + $2/3$ pailles)

n = 27

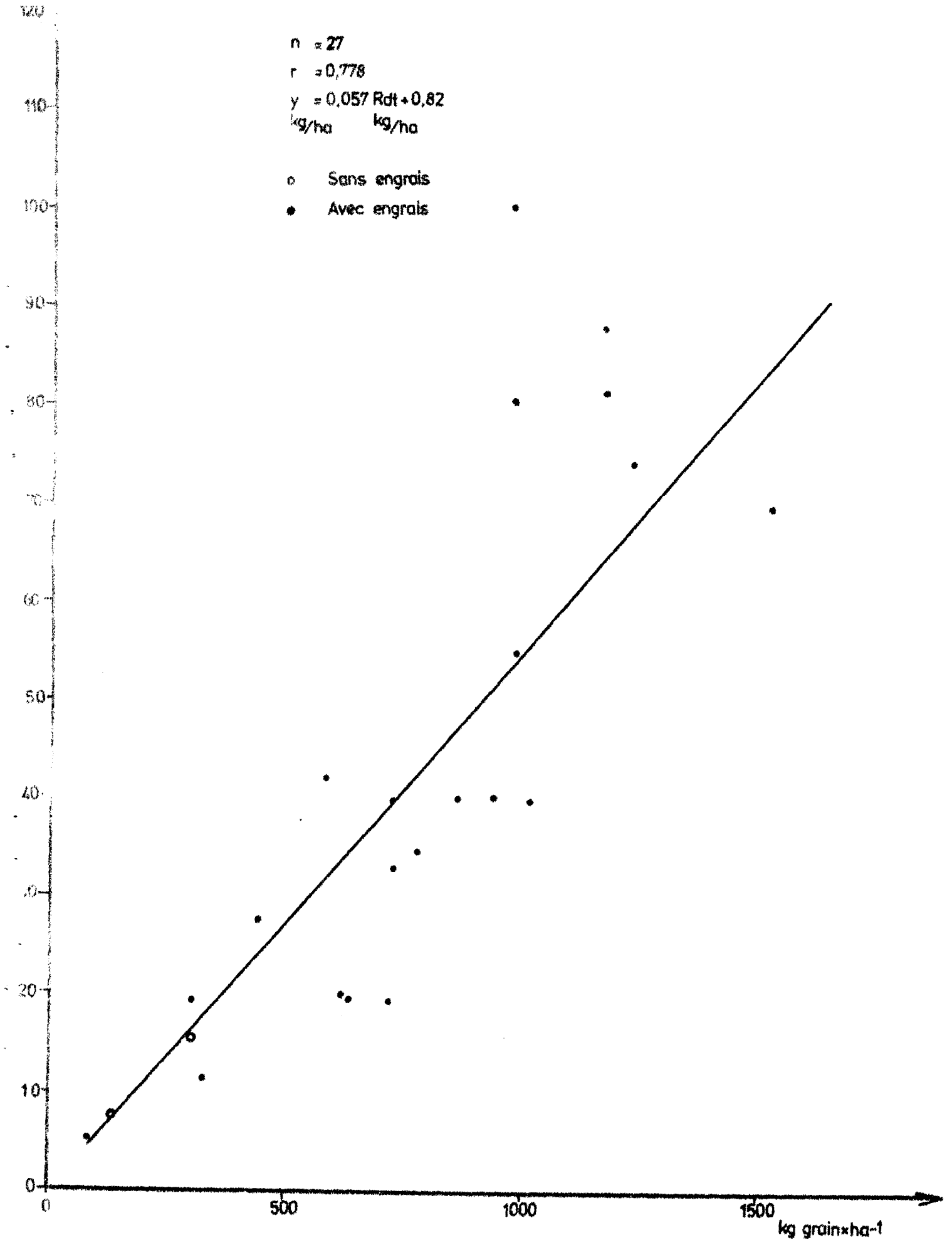
r = 0,778

y = 0,057 Rdt + 0,82

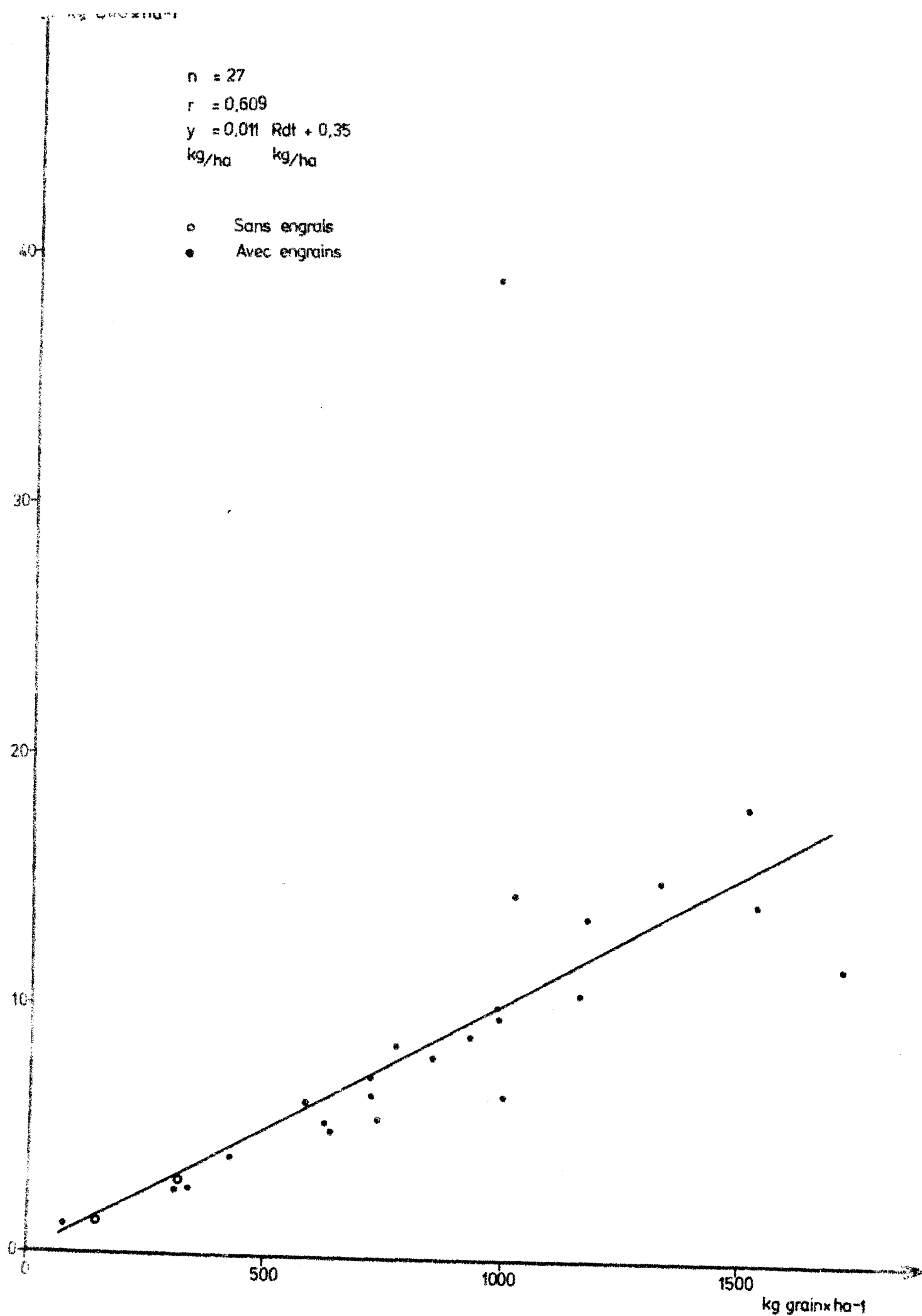
kg/ha kg/ha

○ Sans engrais

● Avec engrais



Gr. 13: RELATION ENTRE RENDEMENT ET EXPORTATIONS: K₂O
(Sont exportés: épis + 2/3 pailles)



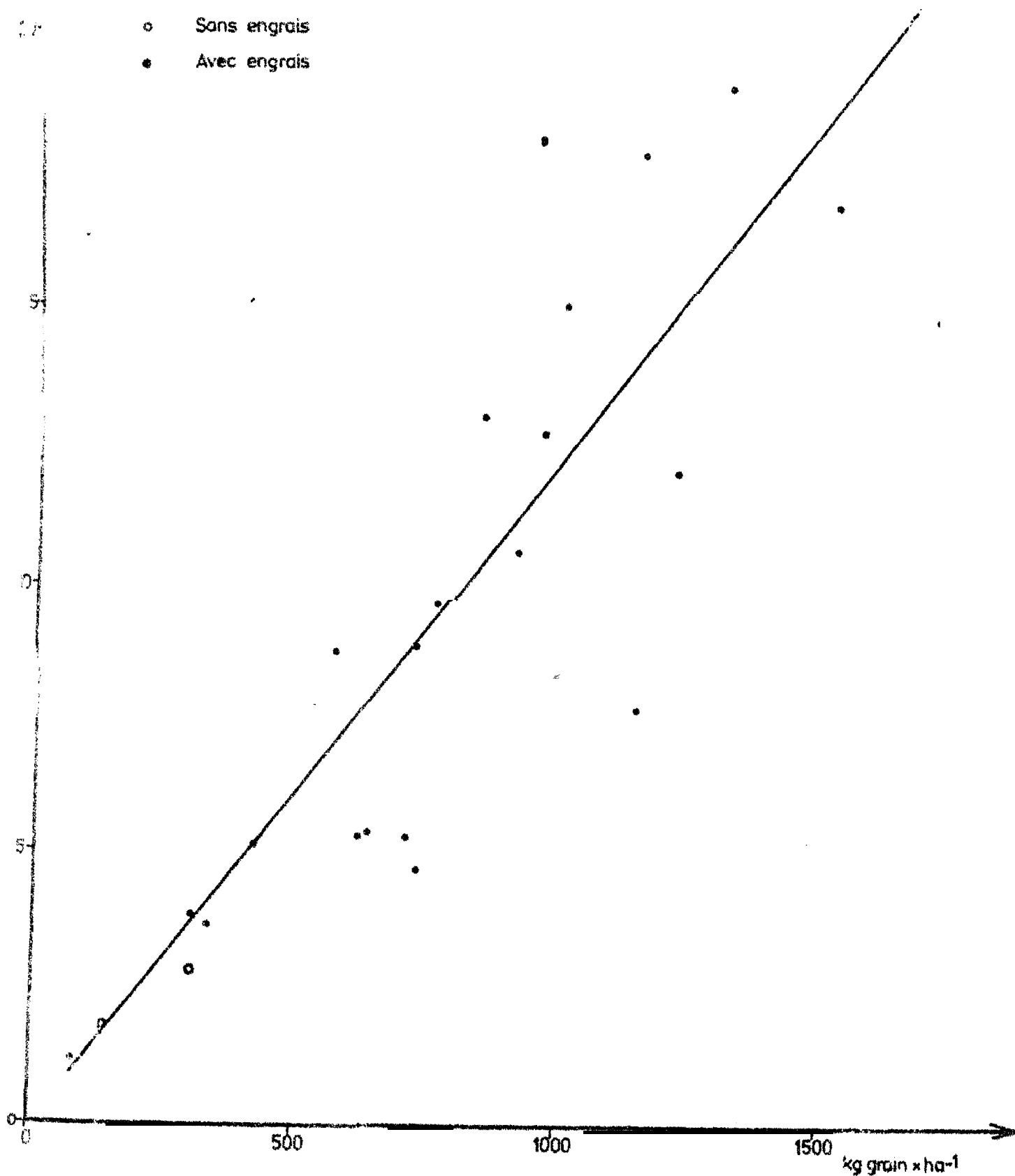
Gr.14 : RELATION ENTRE RENDEMENT ET EXPORTATIONS; CaO
(Sont exportés épis + 2/3 pailles)

n = 27

r = 0,846

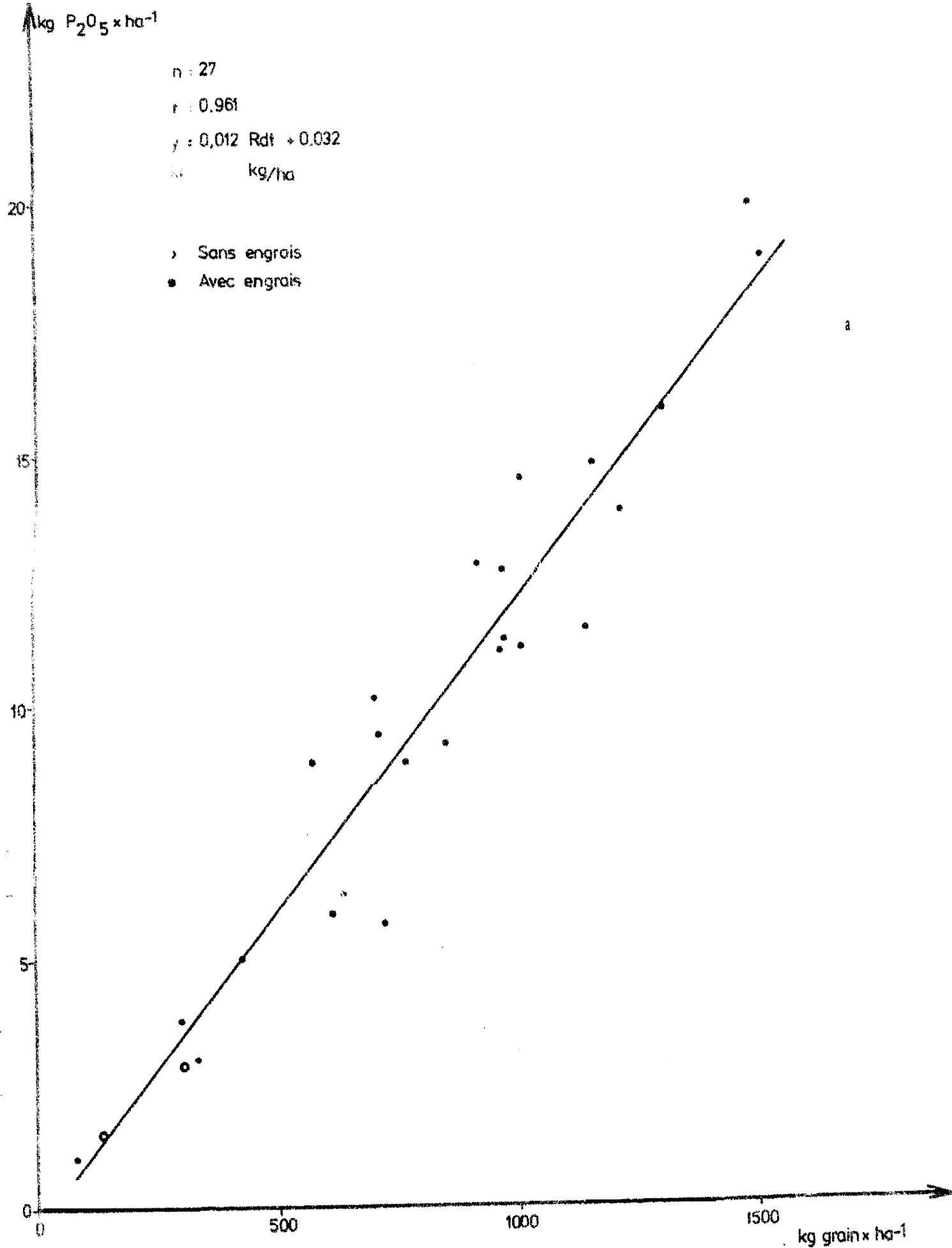
y = 0,012 Rdt + 0,13
kg/ha kg/ha

- Sans engrais
● Avec engrais



Gr. 15: RELATION ENTRE RENDEMENT ET EXPORTATIONS: MgO

(Sont exportés épis + 2/3 pailles)



Gr. 16 : RELATION ENTRE RENDEMENT ET EXPORTATIONS: P $_2$ O $_5$
 (Sont exportés: les épis)

kg $K_2O \times ha^{-1}$

n = 27

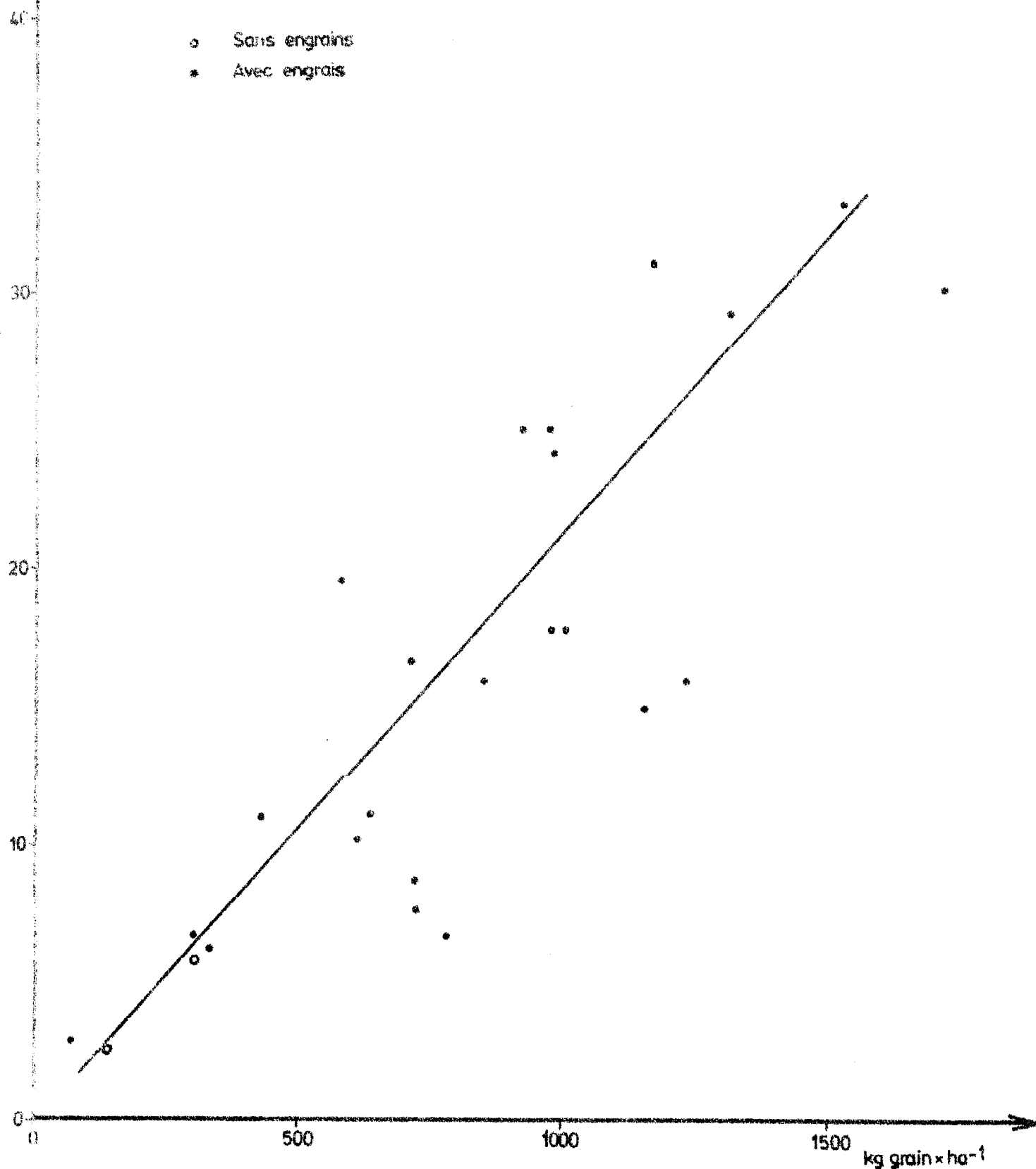
r = 0,854

y = 0,021 RdI + 0,30

kg/ha kg/ha

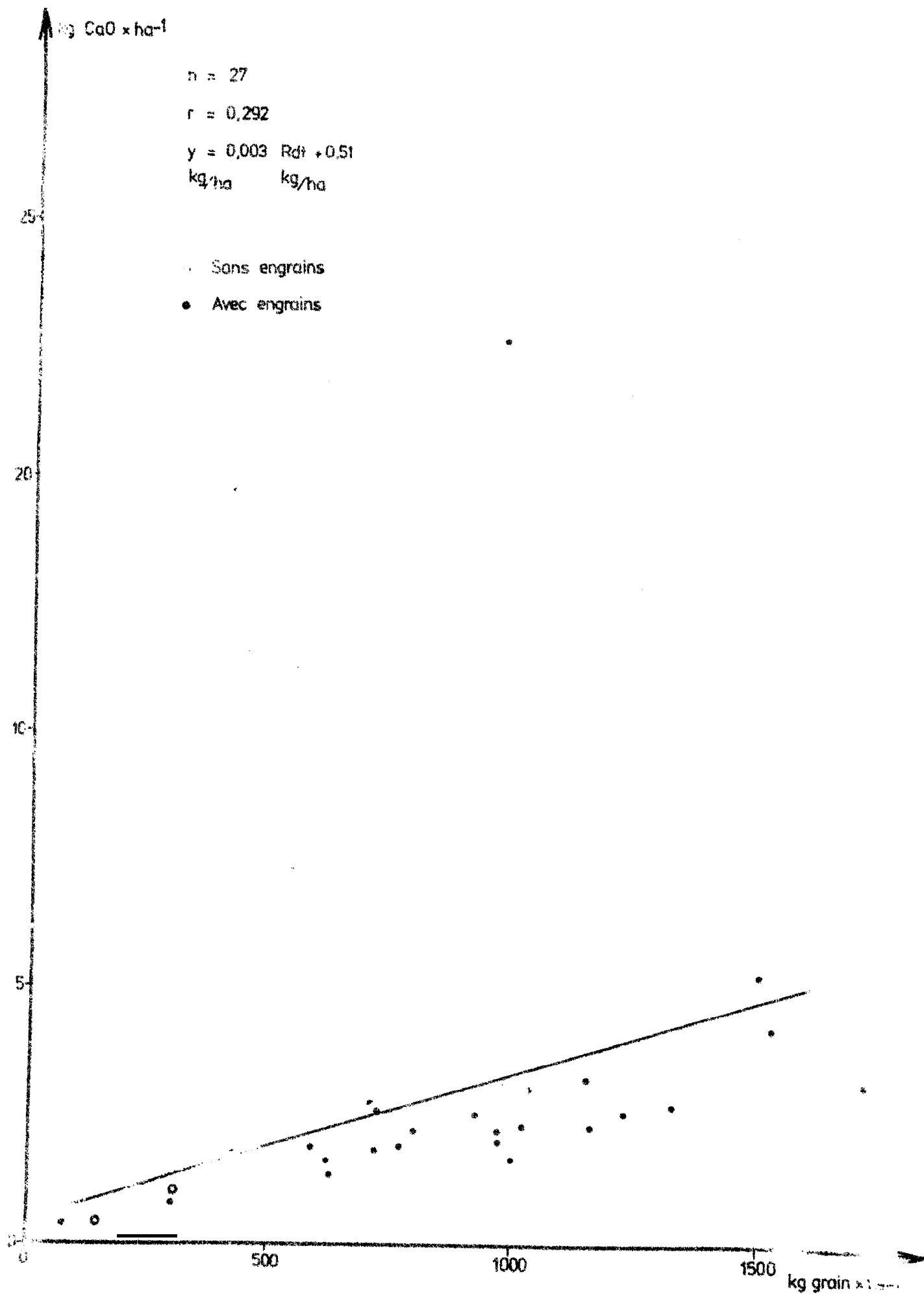
o Sans engrais

* Avec engrais

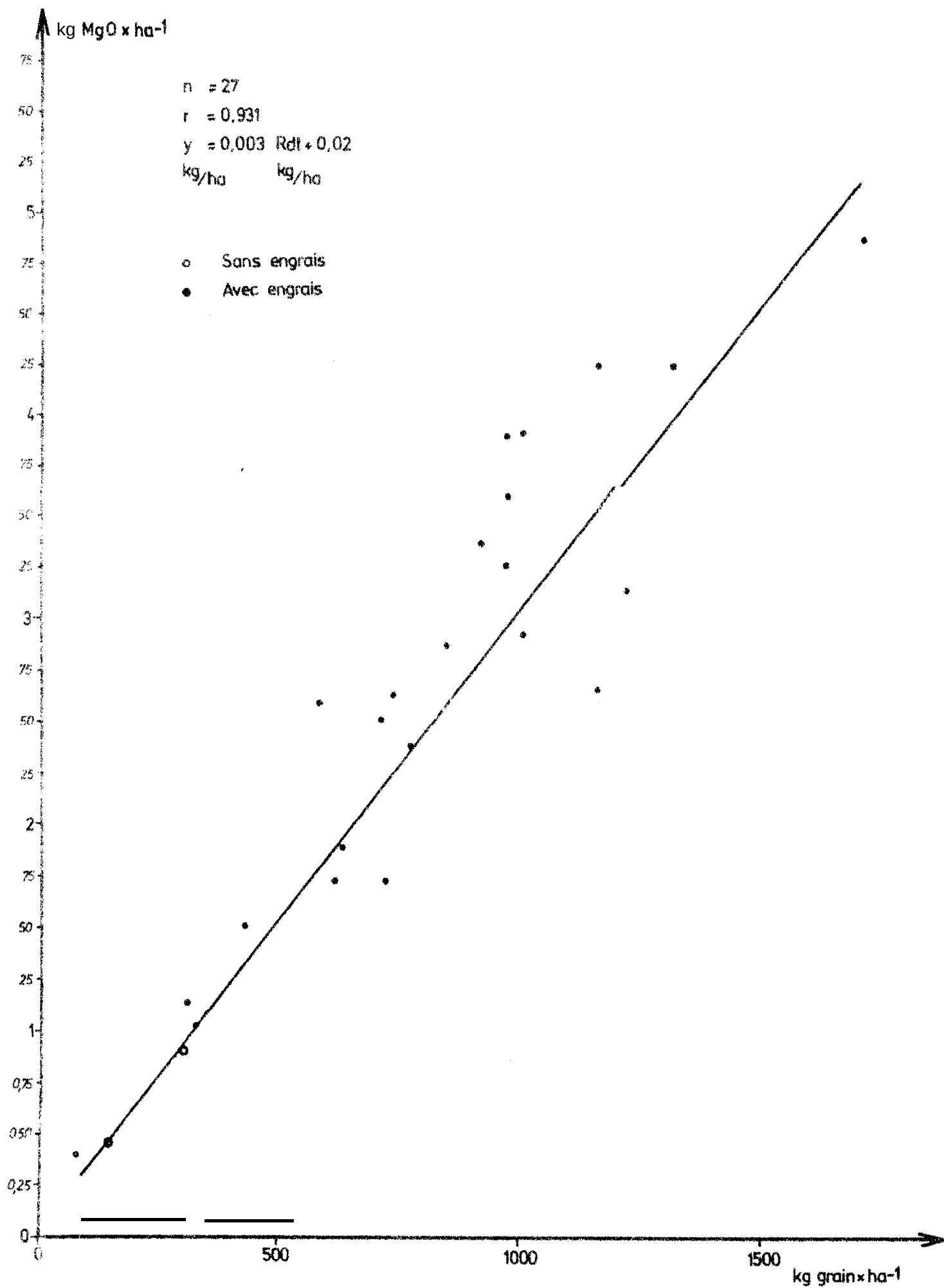


Gr. 17: RELATION ENTRE RENDEMENT ET EXPORTATIONS: K_2O

(Sont exportés: les épis)



Gr.18: RELATION ENTRE RENDEMENT ET EXPORTATIONS: CaO



Gr.19: RELATION ENTRE RENDEMENT ET EXPORTATIONS: MgO

(Sans engrais les faibles)

1.3.4 - Essai de bilan minéral brut sur une rotation

Arachide - Mil - Arachide

Compte tenu de tout ce qui a été dit plus haut, nous pouvons essayer de voir quelle sera la "santé" du sol au terme d'une rotation triennale Arachide-Mil-Arachide.

Pour cela, il nous faut encore une fois faire un certain nombre d'hypothèses :

- hypothèse de rendements faibles :

première arachide :	800 kg/ha
Mil :	500 kg/ha
deuxième arachide :	1000 kg/ha

- hypothèse de rendements moyens :

première arachide :	1300 kg/ha
Mil :	1000 kg/ha
deuxième arachide :	1500 kg/ha

- hypothèse de rendements forts :

première arachide :	1800 kg/ha
Mil :	1500 kg/ha
deuxième arachide :	2000 kg/ha

- hypothèse d'exportation :

Nous avons choisi ici le cas qu'on a le plus de chance de rencontrer à savoir épis + 2/3 pailles exportés (1/3 pailles brûlés sur place)

- fumures recommandées

. systèmes extensifs

Mil :	14-a-7	150 kg/ha
Arachide :	8-18-27	150 kg/ha

. systèmes semi-intensifs et intensifs

Mil :	10-21-21	150 kg/ha
	+ Urée	100 kg/ha
Arachide :	8-18-27	150 kg/ha

- fumure moyenne appliquée

Nous avons calculé cette fumure en faisant la moyenne des apports d'engrais d'une part sur les parcelles de mil échantillonnées et d'autre part sur les parcelles en arachide.

Pour le mil cette fumure est la suivante :

N _{13,1}	P ₂₀₅ 14,1	K ₂₀ 21,2	CaO _{2,0}	MgO ₀
-------------------	-----------------------	----------------------	--------------------	------------------

Pour l'arachide :

N ₇	P ₂₀₅ 15,6	K ₂₀ 23,4	CaO ₀	MgO ₀
----------------	-----------------------	----------------------	------------------	------------------

Sur une rotation Arachide-Mil-Arachide l'apport total d'éléments fertilisants par la fumure moyenne est de :

N_{27,1} P₂₀₅ 45,3 K₂₀ 68,0 CaO_{2,0} MgO₀

L'apport total de principes fertilisants par la fumure recommandée en système extensif Pour la même rotation sera de :

N₄₅ P₂₀₅ 64,5 K₂₀ 91,5 CaO_{3,4} MgO₀

En système intensif on aura :

N₈₅ P₂₀₅ 85,5 K₂₀ 112,5 CaO_{1,5} MgO₀

Comme les exportations sont proportionnelles aux rendements nous pouvons donc calculer les exportations minérales sur toute la rotation en tenant compte de l'hypothèse de restitution formulée plus haut. Ce faisant nous pouvons établir un bilan minéral en fonction de chaque hypothèse de rendements et de l'hypothèse de restitution.

Les éléments du bilan brut établis sont présentés dans le tableau 7. La lecture de ce tableau appelle les commentaires suivants :

- Il y a lieu de se montrer prudent en ce qui concerne l'azote car il existe une incertitude quand au bilan sur arachide. En effet nous n'avons pas de données précises sur les quantités d'azote fixées dans l'atmosphère ;

- La fumure moyenne appliquée ne compense les exportations que dans le cas du phosphore avec des rendements relativement faibles aussi bien pour le mil que pour l'arachide. Les bilans des autres éléments nutritifs sont nettement déficitaires ;

- Avec l'application de la fumure recommandée en systèmes extensifs, le bilan du phosphore est positif si les rendements sont faibles à moyens. Celui du potassium est équilibré dans l'hypothèse de faibles rendements ; le déficit s'accroît avec l'augmentation des rendements ;

- La fumure recommandée en système intensif assure un bilan du phosphore positif aussi bien avec de faibles rendements que de rendements élevés. Pour le potassium le bilan est nettement déficitaire sauf dans l'hypothèse de faibles rendements. Cependant dans ces conditions la fumure ne saurait être rentable ;

- Les bilans du calcium et du magnésium sont toujours déficitaires. C'est que les formules de fumure vulgarisées ne contiennent ni du Ca ni du Mg (c'est le cas de la S-18-27) ou bien en contiennent très peu (cas de la 14-7-7 et de la 10-21-21 qui titrent respectivement 2,25 et 1% de CaO). Un appauvrissement continu donc du sol en calcium et magnésium peut avoir à long terme des conséquences très graves (augmentation de l'acidité du sol).

Par ailleurs, nous avons vu que le bilan du potassium était toujours déficitaire pour des rendements moyens à forts quel que soit le type de fumure appliquée, ce qui est très préoccupant, si l'on sait que les sols dont il est question ici sont pauvres en potassium échangeable. D'où donc la nécessité de compenser les exportations des récoltes par les restitutions soit on enfouissant des résidus de récolte soit en apportant au sol du compost ou de fumier.

Tableau n° 7

	Première hypothèse de rendt.					Deuxième hypothèse de rendt.					Troisième hypothèse de rendement				
	Ar ₁	:	800	kg/ha		Ar ₁	:	1300	kg/ha		Ar ₁	:	2000 800	kg/ha	
	Mil	:	500	kg/ha		Mil	:	1000	kg/ha		Mil	:	1500	kg/ha	
	Ar ₂	:	1000	kg/ha		Ar ₂	:	1500	kg/ha		Ar ₂	:	2000	kg/ha	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Exportations	137,7	30,1	84,2	51,4	51,2	222,7	50,4	143,7	82,6	82,3	307,9	70,7	203,1	114,6	113,4
Fumure moyenne appliquée	-110,6	+15,2	-16,2	-49,4	-51,2	-195,6	- 5,1	- 75,7	-80,6	-82,3	-280,8	-25,4	-135,1	-112,6	-113,4
Fumure recommandée en système extensif	- 92,7	+34,4	+ 7,3	-48,0	-51,2	-177,7	+14,1	- 52,2	-79,2	-82,3	-262,9	- 6,2	-111,6	-111,2	-113,4
Fumure recommandée en système intensif ou semi-intensif.	- 52,7	+55,4	+28,3	-49,9	-51,2	-137,7	+35,1	- 31,2	-81,1	-82,3	-222,9	+14,8	- 90,6	-113,1	-113,4

En conclusion il faut dire que les fumures vulgarisées ne permettent pas de maintenir intégralement la fertilité chimique des sols. La simple confrontation des quantités d'éléments apportés par ces fumures et des exportations des cultures suffit à en fournir la preuve. Les conséquences sur le bilan agronomique sont graves et correspondent à une déperdition du capital fertilité des sols et par voie de conséquence à une baisse de rendements.

Cependant il conviendrait, dans le souci d'établir un bilan plus précis, de tenir compte d'une part de certains apports minéraux supplémentaires: résidus de parage, apport par les eaux de pluies - et d'autre part des autres sources de pertes telle que la lixiviation et les entraînements par érosion de surface, fréquents dans le Sine-Saloum.

II - ENQUETE pH

Cette partie de l'enquête a été réalisée à partir d'un échantillonnage systématique des parcelles on arachide des paysans encadrés par la SODEVA.

Le pH_{KCl} étant un meilleur critère d'appréciation de l'acidité du sol, nous avons évalué l'acidité des terres des parcelles échantillonnées en fonction de ce critère. La liste des parcelles et des exploitants correspondants est donnée en annexe. La répartition fréquentielle des pH_{KCl} des sols (graphique 20) montre que 26 % des parcelles ont un pH_{KCl} inférieur à 4,6, seuil au-delà duquel apparaît dans le sol l'aluminium échangeable, élément toxique pour les plantes.

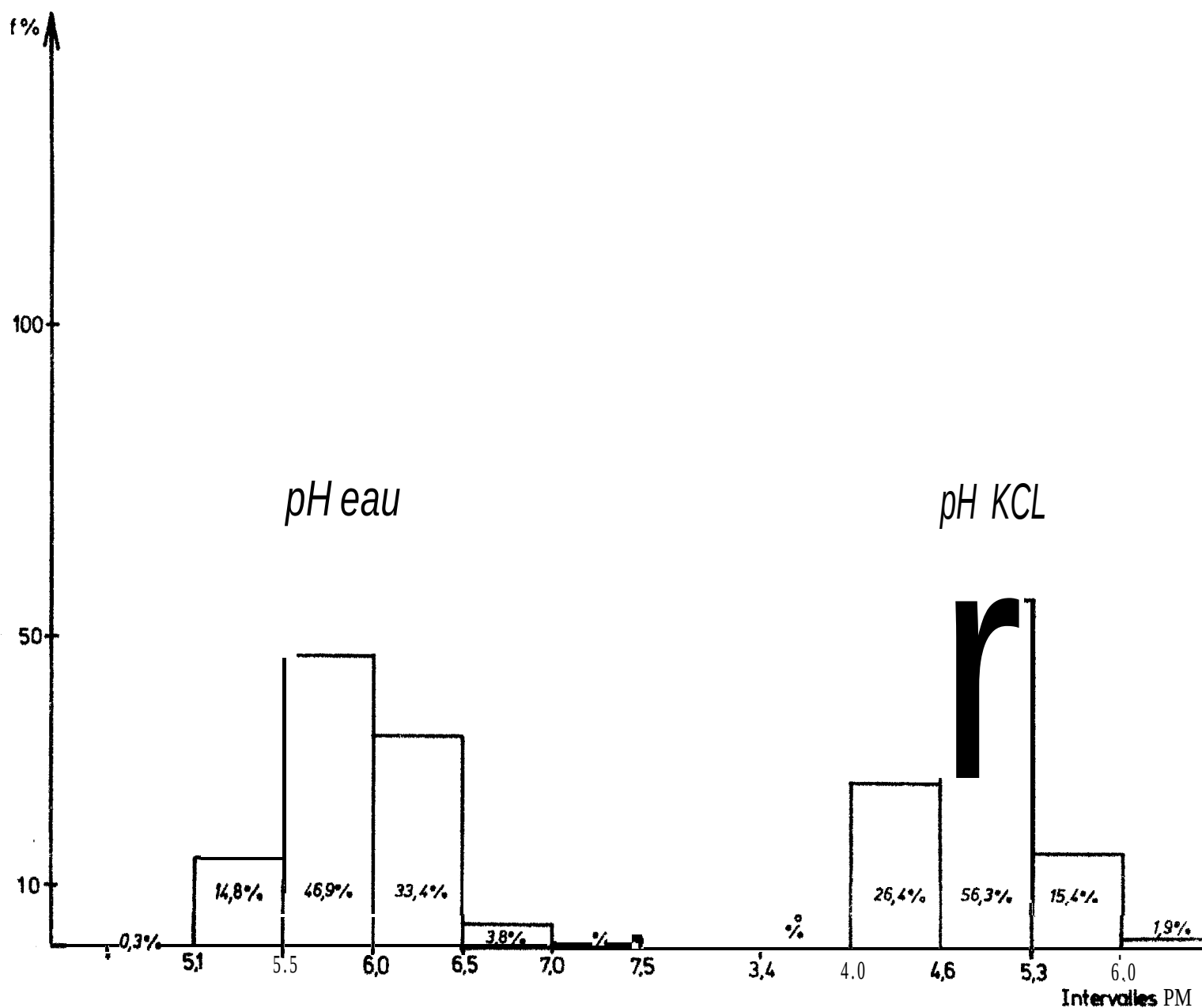
Si l'on compare ce taux de 26 % à celui obtenu dans l'enquête fertilité (4,7 %) on se rend compte que les 64 parcelles échantillonnées ne sont pas représentatives. En effet plus de la moitié de ces parcelles ont un pH favorable à la croissance et au développement des cultures.

Les résultats de cette enquête pH nous ont permis, après détermination du taux de saturation de la CEC par Al échangeable pour les parcelles ayant un pH_{KCl} inférieur à 4,6, de choisir un certain nombre de sites (6 au total) pour y mener éventuellement des essais de chaulage en collaboration avec la SODEVA.

CONCLUSION

Nous avons tenté dans chaque cas de présenter des normes d'interprétation chiffrées. Cependant, il est bien évident que les critères de fertilité dont nous nous sommes servis ne peuvent être qu'approximatifs. Néanmoins ils ont l'avantage de préciser l'orientation des phénomènes, l'intensité de chaque facteur pris séparément et fixer certains niveaux de valeurs où ces facteurs deviennent insuffisants.

Pour notre part, nous estimons que cette première enquête d'évaluation de la fertilité en milieu paysan doit être poursuivie et si possible étendue et améliorée dans les années à venir, car si les engrais sont un moyen très important d'augmenter la production, il ne faut pas oublier qu'il y a des limites à l'utilisation des engrais et ce que nous cherchons aujourd'hui c'est de définir les limites de leur emploi optimum.



*Gr:20: REPARTITION FREQUENTIELLE DES pH_{EAU} ET pH_{KCL} DES SOLS
DU SINE SALOUM*

B I B L I O G R A P H I E

PIERI C. 1974.

Premiers résultats expérimentaux sur la sensibilité de l'arachide
à la toxicité aluminique.

Agron. Trop. vol. XXIX N°6-7.

GARAUDEAUX J., 1973

Aspects théoriques de l'étude de l'action des fertilisants.

Revue de la Potasse n° 2/1973.

DABIN B., 1970.

Les facteurs chimiques de la fertilité des sols.

Techniques rurales en Afrique.

10 Pédologie et Développement - ORSTOM, 1970

BOUYER S., 1950.

Phosphate et arachide.

Annales du Centre de Recherches agronomiques de Bambey, 1950.