

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre d'Adiopodoumé

Laboratoire d'Agronomie

PROGRAMME D'ÉTUDE DES INTÉRACTIONS SOL-PLANTES
FOURRAGÈRES EN MILIEU TROPICAL HUMIDE

STATION DE GAGNOA - 23.2- RESULTATS DE L'ETUDE D'EVOLUTION DU SOL.

par

J.-C. TALINEAU

G. HAINNAUX

avec la collaboration technique de E. BONNIN

S O M M A I R E

	page
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>PREMIÈRE PARTIE : PRESENTATION DE L'EXPERIMENTATION</u>	2
I - Rappel des éléments nécessaires à la compréhension du protocole expérimental	2
II - Calendrier cultural	3
III - Présentation sommaire du milieu	3
<u>DEUXIÈME PARTIE : RESULTATS ET INTERPRETATIONS</u>	4
I - Etat initial des principales caractéristiques du sol	4
II - Evolution des principales propriétés du sol sous culture fourragère	15
III - Analyse des tests d'homogénéité finale	43

INTRODUCTION.

Ce document rend compte des résultats analytiques et des premières interprétations concernant l'évolution du sol des parcelles expérimentales de la Station de Gagnoa.

Il fait suite au rapport relatif à la Station de Bouaké (TALINEAU, HAINNAUX 1974) et précède celui concernant le troisième milieu d'étude : le Centre ORSTOM d'Adiopodoumé.

Il s'agit d'un document de travail destiné à préciser les principales caractéristiques étudiées et à déceler les grandes tendances évolutives du milieu sol dans les conditions expérimentales retenues.

Ce travail a été conduit dans le cadre d'une collaboration, ayant fait l'objet d'un protocole d'accord en 1967, entre le Ministère de l'Agriculture de Côte d'Ivoire relayé par l'IRAT en 1968 d'une part et l'ORSTOM d'autre part.

Après une présentation générale de l'expérimentation, on analyse les principaux résultats permettant de caractériser :

- l'état initial du sol,
- son évolution sous l'influence des principaux traitements.
- les arrières-effets des traitements.

PREMIÈRE PARTIE

PRÉSENTATION DE L'EXPÉRIMENTATION

Bon nombre d'informations déjà mentionnées précédemment ne sont pas rappelées. Ainsi en est-il de la nature des prélèvements et des méthodes analytiques utilisées.

I - RAPPEL DES ELEMENTS NECESSAIRES A LA COMPREHENSION DU PROTOCOLE EXPERIMENTAL.

Les interactions sol-plantes fourragères sont étudiées dans le cadre de la rotation maïs - prairie - maïs.

La phase prairiale est représentée par des cultures de plantes fourragères exploitées pendant trois années et incluses dans deux dispositifs expérimentaux.

Le premier correspond à l'essai dit de "type B" est identique à celui déjà décrit à propos de la station de Bouaké. Les traitements rythme de fauche sont symboliquement désignés par L et N selon qu'ils sont respectivement lent ou normal. Les traitements fertilisation sont symbolisés par les lettres 0 (sans apport d'engrais) et F (avec engrais).

Le second est un essai dit de "type A". Il met en comparaison, selon un dispositif statistique "bloc à trois répétitions", le comportement et les interactions sol-plante de huit cultures fourragères et d'une parcelle nue. Il s'agit de :

- six graminées dont :
 - deux à port en touffe et à développement foliaire moyen : *Panicum maximum* clone G 23 et *Setaria anceps*,
 - deux à port en touffe et à grand développement foliaire : *Pennisetum purpureum* et *Tripsacum laxum*,
 - deux à port décombant montrant quelques tiges rampantes chez *Brachiaria mutica* ou très nombreuses et prenant l'allure de stolons chez *Cynodon aethiopicus*,
- deux légumineuses dont :
 - l'une à port érigé : *Stylosanthes guyanensis*,
 - l'autre à port rampant : *Centrosema pubescens*.

Chaque plante est cultivée sur des parcelles de 24 x 8 = 192 m², exploitée avec exportation des produits de la fauche trois fois par an selon le rythme lent des essais de type B et reçoit les fertilisations mentionnées aux figures 1 et 2 selon qu'il s'agit de graminées ou de légumineuses. La parcelle nue reçoit la fertilisation appliquée sur les graminées. On notera qu'il a été très difficile de maintenir le sol effectivement nu ; malgré de nombreux sarclages et même l'application d'herbicides, l'envahissement par *Cyperus rotundus* n'ayant jamais été parfaitement maîtrisé.

II - CALENDRIER CULTURAL.

L'expérimentation a été installée sur l'emplacement d'une ancienne plantation de caféiers âgée d'environ 25 ans. Après l'arrachage des caféiers au début de 1966 une première culture de maïs fut implantée suivie par une deuxième semée en avril 1967 et récoltée en août. Cette dernière culture permit de tester l'hétérogénéité initiale et les premiers prélèvements de sol intervinrent au moment de la récolte.

Les cultures fourragères furent installées dès septembre 1967 après un labour d'enfouissement des résidus de maïs. En fin 1967 et début 1968 une fauche de régularisation a été pratiquée pour toutes les cultures à l'exception de *Centrosema*. La première campagne de prélèvement a eu lieu le 26 mars 1968 et les suivantes se sont poursuivies, à raison de trois par an, jusqu'au 3 mars 1971. Les arrières-effets ont alors été testés sur trois cultures successives de maïs dont deux en 1971 et une en 1972.

Ces diverses interventions sont mentionnées sur la figure 3.

III - PRESENTATION SOMMAIRE DU MILIEU.

La station expérimentale sur laquelle s'est déroulée cette étude est située à trois kilomètres à l'Ouest de la ville de Gagnoa (6° 08' N, 5° 57' W) dans la région Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.

Le terrain retenu pour l'expérimentation est orienté Sud-Nord dans le sens de la pente relativement douce (moins de 5%) et est situé à mi-chemin entre le plateau très gravillonnaire et la ligne de bas-fond à sol très sableux. On note également une ligne de pente non négligeable perpendiculaire à la précédente.

Le substratum est granitique et le sol est classé comme ferrallitique moyennement saturé. Il n'y a pas de véritable cuirassement mais très fréquemment un fort concrétionnement à profondeur variable (de 20 à 80 cm). Le taux d'éléments grossiers est également très variable et peut aller jusqu'à 40% en surface.

Le climat de la région est tropical humide à deux saisons des pluies séparées par une petite et une grande saison sèche. Quelques données climatiques moyennes, calculées sur 18 années, sont reportées en figure 4. La répartition mensuelle des pluies est assez bonne et les écarts entre la pluviosité et l'ETP ne sont jamais excessifs. A chaque saison pluvieuse correspond un excédent hydrique supérieur à la capacité maximale de stockage par le sol. Le déficit hydrique climatique commence en décembre ; si l'on tient compte du rôle joué par la réserve du sol, en fait variable selon la profondeur utile de sol et le taux de gravillons, la durée de cette période de sécheresse n'excède pas en moyenne deux mois. La variation mensuelle de température est assez parallèle à celle de l'ETP mais les fluctuations restent de faible amplitude : l'écart maximal ne dépasse pas 2,5°. La répartition de la pluviosité décadaire pendant la durée de l'expérimentation, reportée en figure 3, reste comparable aux normes moyennes de la station.

DEUXIÈME PARTIE

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

I - ETAT INITIAL DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU SOL.

Le terrain expérimental retenu sera successivement caractérisé par ses propriétés physiques, sa teneur en matière organique et en éléments minéraux d'une manière analogue à la présentation qui a déjà été faite pour les sols de Bouaké. En conclusion de cet examen les faits déterminants pour l'analyse de l'évolution du système sol- plante seront soulignés : tout particulièrement l'hétérogénéité spatiale, les liaisons entre quelques paramètres, et un éventuel déterminisme du rendement à partir de la connaissance du niveau de certaines caractéristiques du sol.

Ce sol appartient à la classe des sols ferrallitiques. Il est fortement remanié et faiblement désaturé. En haut de pente, il est du type remanié modal alors qu'au fur et à mesure qu'on approche de la partie basse (cas notamment de la zone Nord-Ouest de l'expérimentation) il devient remanié colluvionné avec tendance à l'appauvrissement.

Les principales données analytiques représentent les moyennes par bloc (9 ou 16 données par horizon selon qu'il s'agit de l'essai A ou B) pour chacun des deux essais afin de faire ressortir un premier type d'hétérogénéité.

11. Propriétés physiques.

La différenciation immédiate et la plus nette des parcelles repose sur les caractères de profondeur utile de sol et de taux d'éléments grossiers.

111. Observation de profils de sol.

Un des traits dominants de ces profils est la faible épaisseur de l'horizon humifère, au demeurant relativement riche en matière organique, mais qui dépasse rarement la profondeur de dix centimètres. Cela reflète une évolution propre aux plantations arbustives pérennes assez proche de celle du milieu naturel forestier. La reprise de ce terrain en vue des cultures de maïs s'est effectuée à l'aide d'une charrue à disques, il n'y a donc pas eu un véritable enfouissement de résidus organiques en profondeur.

Parcelles gravillonnaires.

Les profils ne sont pas différents qu'il s'agisse de l'essai A ou B. En surface les teneurs en éléments grossiers varient de 10 à 40% et en profondeur elles peuvent atteindre 60%. Le plus souvent apparaît un horizon compact parfois dès 20 centimètres, très concrétionné, l'argile est tachetée par des oxydes de fer ; ce niveau n'est pas un obstacle infranchissable par les racines mais leur nombre et leur degré de ramification deviennent faibles.

Les fortes teneurs en gravillons en surface confèrent au sol une structure particulière, peu cohérente à forte macroporosité. Ces gravillons de forme arrondie sont de petite taille (1 à 2 cm) ; ils sont accompagnés de rares cailloux de quartz plus volumineux.

La couleur de l'horizon de surface est brun-foncé en raison d'une forte teneur en matière organique : cette dernière est toutefois bien évoluée, rarement accumulée en débris grossiers. La mésofaune est abondante et les vers de terre assurent un remaniement important des particules fines. Un certain état structural se développe entre 5 et 20 centimètres de profondeur : il s'agit le plus souvent d'une structure polyédrique avec des mottes aux arêtes vives de taille allant de 0,5 à 2 cm facilement dissociables en agrégats plus petits.

La couleur de brune et parfois noire en surface devient franchement rouge en profondeur. Dans le cas de l'essai A, les teneurs en argile de la terre fine sont plus faibles que celles des parcelles sans gravillons à l'exception du bloc 3. Cette tendance à l'appauvrissement en éléments colloïdaux peut s'expliquer par un fort drainage facilité par l'importante macroporosité et la faiblesse de la réserve hydrique.

Parcelles non gravillonnaires.

Elles ne sont pas très nombreuses et ne représentent guère que le quart de la superficie totale en expérimentation ; elles sont situées du Sud au Nord en bordure Ouest des deux essais.

Dans le cas de l'essai A ces parcelles ont des teneurs en argile et limon fin assez fortes se situant entre 30 et 35% dans 0-25 cm. En profondeur à 80 centimètres ces teneurs sont les mêmes, en moyenne 47%, que les parcelles soient ou non gravillonnaires. L'absence de gravillons dans les parcelles de l'essai B conduit à une diminution des teneurs en éléments fins : de l'ordre de 2% superficiellement la différence atteint 5% en profondeur. A l'encontre des deux premiers blocs de l'essai A les parcelles gravillonnaires de l'essai B subissent donc un colluvionnement alors que les parcelles sans éléments grossiers mais à taux de sables fins et grossiers plus élevé que les précédentes sont soumises à un processus d'appauvrissement qui se traduit par la migration des colloïdes en profondeur.

D'une façon générale la structure en surface est encore polyédrique mais les éléments structuraux sont liés entre eux avec beaucoup plus de cohésion que précédemment. Dans certaines parcelles plus sableuses de l'essai B la structure devient continue avec tendance à la prise en masse. On note ainsi la présence de grosses mottes compactes dans le profil.

Le concrétionnement est moins superficiel, un horizon de couleur beige puis ocre assure la transition avec les niveaux plus rouges en profondeur.

La matière organique, concentrée en surface est répartie de manière diffuse et la teinte de cet horizon est plutôt grise bien moins sombre que dans les parcelles qui présentent des gravillons.

112. Analyse de la texture. (cf. tableaux 1, 2 et 3)

L'essai de type A est situé au Sud en situation de haut de pente. Les blocs des deux essais sont orientés perpendiculairement à l'axe Sud-Nord de plus grande pente : leurs numéros vont croissant dans la direction de la pente descendante.

Le taux d'éléments grossiers (tableau 1) augmente en moyenne avec la profondeur. Cependant, dans le troisième bloc de l'essai A, ce taux semble se stabiliser à partir de 25 cm, et, dans l'essai B, tend même à diminuer au niveau 45-85 cm. Ces variations entraînent des fluctuations parallèles dans la densité apparente. On peut toutefois remarquer, qu'à même taux de gravillons, cette dernière est plus faible en surface dans le cas du bloc 3 de l'essai A ce qui traduit une plus grande porosité.

Ce même bloc se distingue encore si l'on examine d'autres éléments texturaux (tableaux 2 et 3). Ainsi le taux d'argile et de limon de ce bloc en surface est supérieur d'environ 3% à celui des quatre autres. Par contre l'accroissement de ce même taux en profondeur est moindre, ce comportement se rapprochant de celui que l'on peut constater au niveau de l'essai B.

Les rapports entre éléments texturaux figurant au tableau 3bis montrent la prédominance des classes extrêmes de granulométrie dans la répartition.

Le niveau de la réserve hydrique utile apparaît au tableau 1bis: en valeur moyenne elle atteint 1,5 mm par cm pour l'essai A mais ne dépasse pas 1 mm par cm dans le cas de l'essai B.

Enfin l'analyse aux rayons X montre que l'argile de ce sol est uniquement de type kaolinitique.

12. Matière organique. (cf. tableaux 4,5,6 et 7)

La matière organique est concentrée en surface ainsi que le montre le tableau 4.

Dans les dix premiers centimètres le stock est voisin de 33 tonnes à l'hectare en moyenne pour les deux essais. A partir de 10 cm les teneurs en carbone dans l'essai A chutent de 45%, celles d'azote de 40% ; la décroissance est encore plus sévère pour l'essai B.

L'hétérogénéité apparaît encore au niveau du bloc 3 de l'essai A dont le niveau moyen d'accumulation de matière organique est supérieur d'environ 20% à celui des autres blocs.

Il s'agit d'une matière organique à faible C/N (tableau 6) et bien évoluée.

La fraction dite libre (tableau 5), isolée par séparation densimétrique à densité 2, représente en moyenne générale en surface 22% du carbone total et 12% de l'azote alors que dans 10-25 ces pourcentages tombent respectivement à 15 et 7%. On peut noter que cette fraction est un peu plus importante en bas de pente dans l'essai B.

Dans la fraction liée (tableau 7) il n'a été possible d'extraire qu'une faible quantité de produits humiques soit 24% du carbone total en moyenne pour 0-10 cm et 36% dans 10-25 cm, les valeurs les plus faibles étant obtenues pour le troisième bloc de l'essai A et le premier de l'essai B. La quantité de produits inextraits, assimilée à de l'humine, est donc relativement considérable et atteint en moyenne 54%. L'humification donne naissance préférentiellement à des produits peu polymérisés tels que les acides fulviques ainsi qu'en témoignent les valeurs des rapports AF relativement élevés. Cette tendance est particulièrement accentuée sur les parcelles non gravillonnaires de l'essai B et dans l'horizon 10-25 cm.

13. Caractéristiques chimiques.

131. Acidité, pH.

Les résultats relatifs à l'acidité actuelle mesurée dans l'eau figurent au tableau 8. Les valeurs moyennes par bloc et par horizon mettent en évidence :

- un effet profondeur, le pH augmentant légèrement de 0 à 25 cm pour diminuer ensuite, diminution de l'ordre de 0,5 unités en moyenne à 85 cm à l'exception du bloc 2 de l'essai B où il continue d'augmenter,

- un effet bloc, le pH moyen sur l'ensemble du profil étant de 5,75 pour les deux premiers blocs de l'essai A, de 6,56 pour le troisième et 6,14 dans le cas de l'essai B.

D'une manière générale ces valeurs du pH sont satisfaisantes, l'acidité du sol ainsi révélée n'étant nullement excessive.

132. Etat du complexe absorbant. (cf. tableaux 8 et 9)

L'examen des valeurs de la somme des bases, de la capacité d'échange et du taux de saturation permet de différencier :

- l'horizon superficiel 0-10 cm dont la capacité d'échange est nettement supérieure à celle de l'horizon immédiatement sous-jacent,

- les différents blocs, le bloc 3 de l'essai A présentent les meilleures caractéristiques d'échange. Les deux autres blocs de l'essai A ainsi que les deux blocs de l'essai B forment deux sous-ensembles homogènes, le premier plus riche que le second contrairement à ce que laissent prévoir les valeurs du pH.

En effet, si au sein de chaque type d'essai les variations du pH (y) sont en relation avec celles du taux de saturation (x) conformément aux équations de régression suivantes calculées pour l'horizon 0-10cm :

$$\text{- essai A : } y = 0,031 x + 3,738 \quad (r = 0,777^{***} \quad 25 \text{ d.d.1.})$$

$$\text{- essai B : } y = 0,0187 x + 4,895 \quad (r = 0,745^{***} \quad 30 \text{ d.d.1.})$$

les différences entre essais, en particulier entre les deux sous-ensembles mentionnés ci-dessus doivent avoir une autre cause puisque, avec des taux de saturation inférieurs, les blocs de l'essai B ont cependant un pH plus élevé que celui des blocs 1 et 2 de l'essai A.

133. Etat des cations essentiels. (cf. tableaux 9 à 17)

Les tableaux 9 et 10 mentionnent les teneurs en éléments échangeables et totaux ainsi que leur rapport.

Les valeurs moyennes aussi bien en bases totales qu'échangeables sont toujours plus élevées dans l'horizon de surface. Elles diminuent ensuite brutalement pour rester sensiblement constantes dans les autres horizons du profil.

En ce qui concerne les bases totales le bloc 3 de l'essai A s'oppose à tous les autres blocs en surface, ces derniers ayant des valeurs assez semblables. En profondeur on peut différencier deux groupes de parcelles, celles de l'essai B et du bloc 3 précédent dont les teneurs sont en moyenne de 10 mé et celles des blocs 1 et 2 de l'essai A dont les teneurs sont proches de 8 mé.

Le bloc 3 de l'essai A se distingue encore par les fortes valeurs de sa somme en bases échangeables ; les deux autres blocs du même essai ont également des teneurs supérieures à celles des blocs de l'essai B. Cette distinction en trois sous-groupes est encore possible si l'on considère le rapport entre éléments échangeables et totaux ; elles concerne tous les horizons analysés.

Pendant tous ces effets ne se manifestent pas de la même façon pour tous les éléments.

1331. Cas du potassium. (cf. tableaux 11 et 12)

Les deux essais A et B se différencient assez nettement si l'on observe les teneurs moyennes en potassium et surtout leurs variations dans le profil.

Alors que dans l'essai B les teneurs passent brutalement de 0,20 en surface à 0,13 mé au-delà de 10 cm de profondeur pour ensuite rester stables, dans l'essai A on constate, outre une chute de 0,30 à 0,16 mé entre les deux premiers horizons, une augmentation des teneurs dans l'horizon 25-45 cm qui se situent en moyenne à 0,24 mé. Plus profondément ces teneurs diminuent légèrement.

Ce potassium échangeable représente dans les blocs de l'essai A de 22% en surface à 16% à 45 cm du potassium total, ces proportions n'étant plus que respectivement 13 et 7% dans l'essai B.

A l'exception de quelques variations dans le bloc 3 de l'essai A cet élément sature la capacité d'échange d'une façon homogène sur l'ensemble du profil, à un niveau moyen de 4 à 5%.

Il ne représente également qu'un faible pourcentage des bases échangeables de l'ordre de 5% en surface et de 8% à 65 cm, le deuxième bloc de l'essai B se distinguant par un taux de saturation constant sur tout le profil et égal à 5%.

1332. Cas du calcium. (cf. tableaux 13 et 14)

Les teneurs tant en calcium échangeable que total diminuent avec la profondeur. La variation la plus brutale concerne le passage de l'horizon 0-10 à l'horizon 10-25 ; elle est en moyenne de 40%.

Comme pour le potassium on peut distinguer le bloc 3 de l'essai A, plus riche, des blocs 1 et 2 du même essai, moyennement pourvus, et des blocs de l'essai B légèrement plus pauvres que ces derniers surtout en surface.

Le calcium échangeable représente une forte proportion du calcium total, de l'ordre de 75%, qui augmente avec la profondeur dans l'essai A alors qu'elle diminue dans l'essai B.

Cet élément sature la capacité d'échange à un fort taux dans le cas du bloc 3 de l'essai A, entre 70 et 50% selon la profondeur alors que la variation de ce taux va de 45 à 35% pour les autres blocs.

Le pourcentage de calcium dans la somme des bases échangeables est important, en moyenne 70% en surface et 60% en profondeur. Dans l'essai B ce taux est toujours un peu plus élevé ce qui peut expliquer les différences constatées entre les deux essais pour les valeurs du pH.

1333. Cas du magnésium. (cf. tableaux 15 et 16)

Les variations de teneurs en cet élément tant entre parcelles qu'entre horizons sont très semblables à celles déjà constatées pour le potassium.

Le taux de magnésium échangeable dans le profil varie de 1,25 à 0,80 mé dans l'essai A et de 0,80 à 0,60 mé dans l'essai B. En surface il représente 30% du magnésium total et 15% à 45 cm.

Cet élément sature en moyenne 15% de la capacité d'échange et représente de 20% en surface à 30% en profondeur des bases échangeables.

1334. Les équilibres cationiques.

Les valeurs des rapports Ca/K et Mg/K qui figurent au tableau 17 n'indiquent aucun déséquilibre flagrant. Elles varient en ce qui concerne le rapport Ca/K de 14 en surface à 10 en profondeur alors que le rapport Mg/K reste constant dans le profil et est voisin de 4.

Il semble par ailleurs y avoir dépendance entre ce rapport Ca/K ou le rapport Ca + Mg/K + Na (fig. 6) et :

- d'une part la capacité d'échange,
 - d'autre part le taux de saturation,
- ces liaisons variant selon l'horizon pris en compte.

	Y = Ca/K	X = CEC	Y = Ca/K	X = TS
Horizon				
0-10	$y = 1,$	$x + 3,266$ (0,300 [*])	$y = 0,174x + 2,806$	(0,443 ^{**})
10-25	$y = 0,646x + 10,775$	(0,068)	$y = 0,135x + 5,319$	(0,458 ^{**})
25-85	$y = 3,310x + 27,626$	(- 0,298 [*])	$y = 0,070x + 17,844$	(- 0,142)
* 0,05				
** 0,01				

De positives en surface, confirmant en cela les prévisions déductibles des équilibres de DONNAN, elles deviennent négatives en profondeur.

Ces observations, en ce qui concerne au moins les horizons de surface, appellent les remarques suivantes :

- toute dilution de la solution du sol (humidification) provoquera une adsorption préférentielle des cations bivalents, et entraînera donc une mise en solution des monovalents, d'où des risques importants de lixiviation pour le potassium,

- toute diminution de la CEC entraînera au niveau du complexe une augmentation relative du taux de monovalents adsorbés, d'où risque de pertes en bivalents et acidification. Pour SCHUFFELEN ce risque est prédominant en zones tropicales et expliquerait que la lixiviation se fasse aux dépens du calcium et du magnésium.

134. Etat des anions essentiels.1341. Cas de l'azote. (cf. tableau 4)

La teneur moyenne en azote total de l'ensemble des parcelles est de 1,32% ; en surface, elle est un peu plus élevée dans l'essai A au sein duquel le taux moyen du bloc 3 est supérieur d'environ 15% à la moyenne générale.

Le fait le plus important semble être la chute brutale de ces teneurs au-delà de 10 cm de profondeur, chute moyenne de l'ordre de 40%.

1342. Cas du phosphore. (cf. tableaux 18 et 19)

La distribution du phosphore dans le profil est comparable à celle des autres caractéristiques : on observe une forte concentration en surface notamment pour ce qui est de la forme assimilable (Olsen).

Le rapport entre phosphore assimilable et phosphore total est plus élevé dans l'essai B (15% en moyenne dans 0-10) que dans l'essai A (7%).

1343. Equilibres anioniques.

Les principaux rapports sont mentionnés au tableau 19. Ils indiquent un équilibre satisfaisant au niveau des éléments totaux. Le phosphore assimilable apparaît toutefois déficient notamment dans l'essai A.

14. Conclusions générales sur l'état initial.141. Comparaison des sols de Gagnoa et Bouaké.

Les sols de ces deux stations appartiennent au même groupe et sous-groupe et se sont formés à partir de la même roche-mère : il s'agit de sols ferrallitiques plus ou moins remaniés, modaux issus de granite. Certaines conditions de milieu et notamment le régime hydrique résultant du climat permettent d'opposer quelques unes de leurs caractéristiques. Le type d'exploitation agricole du milieu joue également un rôle considérable dans la différenciation de la couche arable superficielle.

Ainsi à Bouaké il n'y a pas de stratifications d'horizons ; on est en présence d'un "profil cultural" ayant subi depuis une vingtaine d'années l'influence des pratiques culturales notamment des labours d'enfouissement dont la principale conséquence est une homogénéisation des 25 premiers centimètres.

A Gagnoa par contre il n'y a pas de passé cultural ou, plus exactement, absence de travail du sol dans le type de production retenu. L'état du sol résulte donc de processus d'évolution voisins de ceux qui se déroulent dans le milieu naturel. Dans cette région

ces processus se traduisent par la concentration très superficielle, au maximum sur dix centimètres d'épaisseur, de la richesse organique et minérale du sol et un appauvrissement assez important de l'horizon sous-jacent. Un tel gradient va se trouver plus ou moins perturbé au moment du labour qui va provoquer un mélange de ces deux horizons.

D'une manière plus précise, en faisant référence aux déterminations analytiques, le complexe échangeable des sols de Gagnoa est plus fortement saturé en bases échangeables que celui des sols de Bouaké. La répartition entre les divers constituants de la matière organique, dont l'évolution est directement liée aux facteurs climatiques, diffère notablement entre les deux stations. Dans les sols de Gagnoa la fraction "humine" est encore plus prépondérante qu'à Bouaké mais surtout le taux d'acides fulviques par rapport aux acides humiques y est nettement plus élevé.

Le trait dominant et commun aux deux types de sol est l'intense remaniement auquel ils ont été soumis, et leur forte hétérogénéité.

142. Problèmes d'hétérogénéité.

Cette hétérogénéité est conditionnée par la topographie du milieu expérimental caractérisée par deux lignes de plus grande pente principales orientées dans les directions perpendiculaires Sud-Nord et Est-Ouest. Une illustration en est fournie par la figure 5 qui montre la variabilité du taux d'éléments grossiers en surface.

Le gradient Sud-Nord a été mis en évidence par des effets blocs dans les tableaux précédents. Ces derniers conduisent à séparer nettement :

- les blocs 1 et 2 de l'essai A situés en haut de pente,
- le bloc 3 de l'essai A qui se trouve à mi-pente sur un méplat,
- les deux blocs de l'essai B en situation de bas de pente.

La richesse chimique plus élevée dans le bloc 3 de l'essai A pourrait résulter d'un phénomène d'accumulation, lié par exemple à un lessivage oblique. Dans le cas de l'essai B cette accumulation est également probable mais, les parcelles étant plus sableuses, elle ne se manifeste pas à l'exception du cas du phosphore peu mobile, en raison du lessivage vertical qui entraîne un appauvrissement des horizons.

Le gradient Est-Ouest se manifeste notamment par la variation du taux de gravillons qui décroît en allant de l'Est à l'Ouest (figure 5). Pour les parcelles de l'essai A ce gradient de décroissance n'est pas linéaire ainsi qu'en témoigne l'écart entre la moyenne et la médiane figurant au tableau 1bis. Des compensations semblent cependant s'établir dans le cas d'une caractéristique dépendante de plusieurs autres telle que la réserve hydrique puisque les deux paramètres statistiques précédents ont alors des valeurs très proches. Malgré ces difficultés cette hétérogénéité a été caractérisée par la comparaison de moyennes interparcelles obtenues pour les deux horizons de surface en regroupant les parcelles dans le sens Est-Ouest.

- par tiers, soit trois groupes de neuf parcelles pour l'essai A,

- par moitié, soit deux groupes de seize parcelles pour l'essai B ; dans ce dernier essai il a semblé également utile de faire une subdivision par bloc dans le cas des parcelles peu gravillonnaires.

Les résultats relatifs à l'essai A sont reportés au tableau 20. L'irrégularité du gradient de variation du taux d'éléments grossiers ne permet pas d'opposer les parcelles appelées très gravillonnaires et gravillonnaires. Les parcelles ayant peu de gravillons se distinguent par contre nettement et se différencient des précédentes par des teneurs en matière organique et azote plus faibles mais aussi et contrairement aux observations faites à Bouaké par des teneurs en argile et limon plus fortes. Les valeurs relatives au complexe échangeable et les teneurs en phosphore sont voisines pour les trois groupes de parcelles.

Au tableau 21 figurent les données moyennes de l'essai B. Les teneurs des divers éléments sont systématiquement plus élevées dans les parcelles gravillonnaires. Dans le cas des parcelles n'ayant qu'un faible taux de gravillons on peut opposer les deux blocs. Le bloc 1 situé plus au Sud est plus riche que le bloc 2 : il se serait soumis à une évolution relativement proche de celle déjà constatée pour le bloc 3 de l'essai A tandis que le bloc 2 manifeste les conséquences du processus d'appauvrissement.

143. Liaisons entre caractéristiques.

L'hétérogénéité spatiale examinée précédemment, se traduisant par des divergences dans la variabilité de certaines caractéristiques, rend délicat le rapprochement de ces dernières. Il existe cependant des liaisons mais beaucoup moins nombreuses et moins fortes que celles qui avaient pu être détectées à Bouaké. Elles sont parfois limitées au seul horizon de surface 0-10 cm et dans bien des cas ne peuvent être généralisées aux deux essais.

Une des plus fortes dépendances concerne la matière organique estimée par le taux de carbone (C) du sol et la teneur en gravillons (TG). La régression calculée pour les deux essais sur l'horizon 0-10 est la suivante.

$$C = 0,167 TG + 10,78 \quad (r = 0,567^{***} \text{ avec } 57 \text{ d.d.l.})$$

cette corrélation existe encore pour l'horizon 10-25 dans le cas de l'essai A mais plus du tout dans le cas de l'essai B.

Le rapprochement entre les principales caractéristiques chimiques et le taux d'argile et limon ne met en évidence qu'une très faible dépendance. Pour l'essai A elle n'apparaît que si l'on considère les parcelles gravillonnaires (soit les 2/3 des parcelles en raison du comportement particulier signalé au paragraphe précédent. Dans l'horizon 0-10 on obtient les coefficients de corrélation positifs suivants :

- 0,51* entre la somme des bases et le taux d'argile + limon fin (16 d.d.l.)
- 0,42 entre l'azote total et le taux d'argile + limon fin (16 d.d.l.)
- 0,40 entre le carbone total et le taux d'argile + limon fin (16 d.d.l.)

Il n'y a pas de liaison dans 10-25. Pour l'essai B, si l'on isole les parcelles les moins gravillonnaires une très faible liaison apparaît dans l'horizon de surface 0-10. Pour ce même essai dans l'horizon 10-25 on observe une certaine dépendance ; les coefficients de corrélation positifs sont les suivants :

- 0,51^{**} entre le carbone total et le taux d'argile + limon fin (30 d.d.1.)
- 0,44^{*} entre l'azote total et le taux d'argile + limon fin (30 d.d.1.)
- 0,43^{*} entre la somme des bases et le taux d'argile + limon fin (30 d.d.1.)

La variabilité de la capacité d'échange (T) peut être expliquée à partir des variations de teneur en carbone (C) et en argile et limons fins (A). Le pourcentage de la variance de T ainsi expliquée est cependant plus faible qu'à Bouaké.

- Pour les deux essais et les deux premiers horizons T est étroitement liée à C

$$T = 0,261 C + 2,743 \quad (r = 0,86^{***} \text{ avec } 116 \text{ d.d.1.})$$

- La liaison avec A peut s'établir que pour l'horizon 0-10

$$T = 0,178 A + 1,633 \quad (r = 0,57^{***} \text{ avec } 57 \text{ d.d.1.})$$

- Pour l'ensemble des essais et dans l'horizon de surface on peut établir l'équation de régression multiple

$$T = 0,138 A + 0,230 C - 0,547 \quad (r = 0,84^{***} \text{ avec } 56 \text{ d.d.1.})$$

On explique ainsi 70% de la variance totale de la capacité d'échange.

En conclusion, il apparait que la variabilité observée pour les différentes caractéristiques n'est pas seulement explicable par les seules liaisons fonctionnelles calculées, dues en partie aux propriétés intrinsèques du matériau comme c'était le cas à Bouaké ; en effet ces liaisons ne concernent pas l'ensemble des parcelles. Il existe probablement d'autres sources de variabilité dont certaines peuvent être dues à des processus évolutifs différents dépendant de la situation topographique.

144. Incidence de la variabilité observée sur les rendements.

L'expression du potentiel de fertilité d'un sol peut être établie en termes de facteurs limitants. Ainsi à Gagnoa le volume de sol prospecté par les racines, déterminé par le niveau de concrétionnement et le taux d'éléments grossiers, sera une des premières contraintes. En fait la couche arable à bonne porosité a toujours au moins 25 centimètres d'épaisseur et la répartition des pluies est suffisamment bonne pour que la réserve en eau du sol n'ait pas à jouer un rôle prépondérant.

La concentration des réserves minérales en surface offre certains avantages tels qu'une bonne disponibilité dans la zone la plus intensément prospectée par les racines ou encore l'incidence directe des hautes teneurs en éléments minéraux et organiques sur l'intensité de l'absorption des éléments minéraux.

Les rapports des principaux cations entre eux notamment Ca/K et Mg/K (tableau 17) voisins en surface respectivement de 14 et 4 ne reflètent aucun déséquilibre flagrant.

n Quant à la quantité d'éléments minéraux contenue dans les 45 premiers centimètres elle représente en moyenne à l'hectare et respectivement pour l'essai A et B :

- 4800 et 4450 kg d'azote total,
- 65 et 105kg de phosphore assimilable Olsen,
- 525 et 345 kg de potassium échangeable,
- 2980 et 2200 kg de calcium échangeable,
- 620 et 380 kg de magnésium échangeable,

soient des valeurs bien supérieures au cumul des exportations et immobilisations par le maïs pré-cultural qui représentent à l'hectare et en moyenne pour les deux essais 84 kg d'azote, 13 kg de phosphore, 102 kg de potassium 13 kg de calcium et 9 kg de magnésium. Le potassium, surtout pour l'essai B, et le phosphore pour l'essai A, sont susceptibles de ne pas satisfaire les exigences des plantes.

Les rendements obtenus avec la pré-culture de maïs constituent une extériorisation du niveau de fertilité du sol mais un examen du tableau 22 montre que l'on ne peut les mettre en rapport avec les hétérogénéités précédemment décrites. Cette culture n'ayant jamais souffert du manque d'eau la cause du nivellement de la production autour d'un rendement moyen relativement peu élevé eu égard au potentiel du sol peut être due :

- aux faibles possibilités d'extériorisation offertes par la variété de maïs utilisée,
- à l'existence d'un facteur limitant intervenant probablement à un niveau assez élevé d'interaction tant il est vain de tenter le rapprochement d'une caractéristique du sol avec une composante du rendement.

Il a cependant pu être établi une liaison entre une donnée synthétique exprimant la concentration en principaux cations échangeables en l'occurrence la somme des bases et le rapport tiges + feuilles par ailleurs indépendant du rendement. Les régressions ^{grains} calculées sont les suivantes (x = somme des bases sur 0-25 cm, y = tiges + feuilles) :

pour l'essai A : $y = 0.0904x + 0.663$ ($r = 0,656^{**}$ avec 25 d.d.1.)

pour l'essai B : $y = 0.0941x + 0.819$ ($r = 0,575^{**}$ avec 30 d.d.1.)

Examinée en détail cette dépendance s'explique par une liaison positive entre la quantité de feuilles et tiges produites et la somme des bases échangeables et l'absence de liaison voire même une liaison négative entre cette caractéristique sol et le poids de grains. Ce dernier résultat est obtenu dans le cas de l'essai A avec une faible intensité de corrélation ($r = -0,404^*$ avec 25 d.d.1.) dans ce même essai on constate par ailleurs que le poids de grain par épi est lié négativement au nombre d'épis par m^2 ($r = -0,646^{**}$) ce qui laisse supposer une certaine compétition au moment du remplissage des grains.

II - EVOLUTION DES PRINCIPALES PROPRIETES DU SOL SOUS CULTURES FOURRAGERES.

Le plan de cette étude est le même que celui retenu pour la présentation des résultats obtenus à Bouaké, c'est à dire que sont analysées successivement :

- les caractéristiques physiques du sol,
- les données relatives à la détermination du taux de matière organique et de quelques uns de ses constituants,
- les caractéristiques physico-chimiques et chimiques.

21. Evolution de l'état physique du sol.

L'appréciation de l'état physique du sol est faite à partir des résultats de tests de laboratoire pratiqués à la fois sur des monolithes de sol non perturbés (échantillons VERGIERE) et sur échantillons remaniés et tamisés.

L'analyse de l'état structural en fin de culture fourragère a fait l'objet d'une étude particulière afin de mettre en évidence avec beaucoup plus de précision d'éventuelles différences entre les traitements.

211. Evolution de quelques caractéristiques physiques dans le temps.

2111. Résultats des déterminations pratiquées sur échantillons non perturbés.

Les déterminations portent sur la mesure de la densité apparente sèche ce qui permet d'apprécier la porosité totale de l'échantillon. La vitesse de filtration de l'eau au travers des échantillons soumis à une charge constante pendant trois heures a été également déterminée : cette caractéristique reflète en partie l'état de la porosité du milieu mais semble également sensible à d'autres paramètres tels que l'importance et la nature de l'enracinement ou encore le taux et l'arrangement des éléments grossiers à l'intérieur de l'échantillon.

Sur la figure 7 sont reportées quelques valeurs moyennes de la densité apparente sèche du sol total pour quelques traitements de l'essai A. Les importantes fluctuations constatées dans le cas des données de la parcelle nue reflètent, en raison du nombre de répétitions limité à trois, les conditions d'hétérogénéité du milieu. Dans l'horizon de surface et pour l'ensemble des traitements la densité augmente au cours du temps surtout au cours des deux premières années ce qui correspond à un tassement du sol très rapidement marqué chez les légumineuses qui ont des densités systématiquement supérieures d'environ 0,1 point à celles des graminées. En profondeur la dispersion des mesures s'accroissant, il est beaucoup plus difficile de conclure.

En fait cette caractéristique mesurée sur le sol total est liée à la teneur en gravillons dont l'amplitude de variation est forte surtout dans l'essai A mais également dans l'essai B comme en témoigne la figure 8. Sur cette même figure les régressions, calculées à partir de l'ensemble des déterminations effectuées pendant toute la durée de la culture fourragère, permettent le calcul de résidus révélant un effet moyen éventuel de quelques traitements. Ainsi dans le cas de l'essai A les graminées à port en touffe et notamment *Tripsacum* ont un effet d'ameublissement sur l'horizon de surface alors que les légumineuses et surtout *Centrosema* occasionnent un

tassement du sol. Les différences sont plus tamponnées dans le cas de l'essai B mais il est intéressant de constater que l'absence de fertilisation chez les graminées conduit à un accroissement sensible de porosité.

Les valeurs moyennes des vitesses de filtration pour quelques traitements sont reportées en figure 9 et 10 pour l'essai A et en figure 11 pour l'essai B. Dans le cas de l'essai A l'opposition entre les familles (figure 9) est peu nette aussi bien en surface qu'en profondeur ; les amplitudes de variation sont les plus fortes dans l'horizon de surface avec tendance à des valeurs plus élevées en troisième année mais surtout il y a lieu de noter que les valeurs les plus faibles sont obtenues au moment de la 3e campagne de prélèvement de chaque année c'est à dire en fin de saison des pluies. La figure 10 met en évidence quelques traitements plantes surtout distincts en surface. On notera les valeurs en moyenne élevées sous *Tripsacum* et faibles sous *Cynodon*.

La figure 11 relative à l'essai B ne révèle l'effet d'aucun traitement particulier si ce n'est la tendance, chez *Panicum*, à obtenir des valeurs de la vitesse de filtration supérieures à celles des autres traitements. Les mesures effectuées en surface sont fortement dispersées en particulier au cours des deux premières campagnes : ce fait peut résulter de la difficulté d'effectuer un prélèvement rigoureux sur une tranche de sol qui correspond à l'individualisation de l'horizon de surface par ailleurs encore influencé par le remaniement dû au labour, ce qui conduit à intégrer la variabilité du gradient de profondeur. Néanmoins les vitesses de filtration diminuent au cours du temps ce qui exprime une certaine dégradation du milieu. L'effet saisonnier est relativement net : les plus fortes valeurs sont observées pour le prélèvement de fin de saison sèche à l'exception toutefois de l'année 1971 pour laquelle le prélèvement a été plus précoce (mars au lieu d'avril).

2112. Mesures sur échantillons remaniés.

21121. Taux d'agrégats stables au benzène.

Le test a été pratiqué avec un tamis d'ouverture de maille égale à 100 μ . Les résultats d'évolution dans le temps sont reportés en figure 12 pour quelques traitements moyens de l'essai A et dans la partie gauche de la figure 14 en ce qui concerne l'essai B.

Les différences entre traitements sont davantage accusées en surface qu'en profondeur. Dans le cas de l'essai A le taux d'agrégats stables stagne pendant un an sous les graminées et diminue légèrement pendant dix huit mois sous légumineuses et parcelle nue. A partir de la seconde année de culture ce taux s'accroît de manière à peu près comparable sous les cultures mais plus précocement chez les graminées qui montrent un taux d'agrégation supérieur d'environ 2 à 3% à celui constaté sous légumineuses. Malgré une tendance à voir le taux d'agrégats augmenter même sous parcelle nue en troisième année, ce qui pourrait éventuellement résulter d'un effet propre au traitement des échantillons au laboratoire, l'effet de la culture est indéniable : il correspond en moyenne au doublement du taux d'agrégats stables après trois années de culture fourragère.

L'évolution est très semblable dans le cas de l'essai B : pour l'ensemble des traitements l'augmentation de l'agrégation des particules se dessine en seconde année et s'amplifie en troisième année de culture. Les forts accroissements se situent entre avril et novembre, période de croissance végétative active, alors qu'en saison sèche il y aurait plutôt stagnation de l'amélioration de la stabilité structurale. Les traitements s'opposent moins que précédemment.

Toutefois l'effet positif sur la structure de *Panicum* est net et se fait sentir même dans l'horizon 10-25 cm. De même l'absence d'apport d'engrais sur les graminées conduit le plus souvent à une meilleure stabilité de la structure.

21122. Indice de perméabilité.

Les valeurs moyennes de ce paramètre relatives à quelques traitements ont été reportées en figure 13 pour l'essai A et dans la moitié droite de la figure 14 pour l'essai B.

Les évolutions constatées dans les deux essais vont dans le même sens que celles du taux d'agrégats stables au benzène examinées précédemment. Au delà d'une profondeur de 25 cm cette caractéristique ne présente pratiquement aucune variation au cours du temps.

Dans le détail et notamment pour l'essai A on remarque toutefois, outre quelques fluctuations d'assez forte amplitude en début de culture un accroissement beaucoup plus précoce de la perméabilité chez les graminées, qui a lieu dès la fin de la première année, par rapport aux légumineuses pour lesquelles une telle augmentation ne se produit qu'à partir de la seconde année. En troisième année de culture les différences entre ces traitements s'estompent mais des fluctuations brutales s'observent notamment en surface, auxquelles n'échappe pas la parcelle nue.

Le classement des traitements dans le cas de l'essai B est assez voisin de celui obtenu à propos du taux d'agrégats. Si la perméabilité sous *Panicum* est encore plus élevée que sous les autres plantes en début de culture ce n'est plus aussi net en troisième année. C'est sous *Centrosema* que s'observent, quasi systématiquement, les valeurs de perméabilité les plus faibles. Par ailleurs les différences dues à la fertilisation dans le cas des graminées ne se manifestent plus, tandis que l'opposition graminée-légumineuse ressort assez nettement.

Enfin de sensibles diminutions du taux d'agrégats stables au benzène et de la perméabilité s'observent au cours des saisons sèches 1969-70 et 1970-71. Ce comportement est assez différent de celui constaté à Bouaké où l'amélioration de stabilité structurale se développait surtout en saison sèche. Il semble qu'à Gagnoa la quantité de pluie soit suffisante en saison sèche pour réduire la porosité et diminuer la cohésion des agrégats.

212. Analyse de l'état structural après trois années de culture fourragère.

L'analyse s'est d'une part intéressée au développement de l'état structural en caractérisant le système de porosité du sol en place et en estimant la taille des éléments structuraux. D'autre part les tests classiques d'appréciation de la stabilité structurale ont été effectués.

2121. Développement de l'état structural.

21211. Etude de la porosité du sol en place.

La porosité totale ne dépasse généralement pas 40% et correspond à un état structural plutôt fondu assez peu développé. Dans un tel cas la composition granulométrique exerce une forte influence sur la structure du sol.

Il a cependant semblé intéressant de tenter de mettre en évidence une éventuelle action de fissuration du matériau par les racines de nature à engendrer un système de porosité supplémentaire lié à la taille moyenne des éléments structuraux ainsi délimités.

Pour ce faire des mesures de densité apparente ont été pratiquées sur des agglomérats terreux de différentes tailles obtenus par fractionnement manuel et tamisage à sec d'une partie de monolithes de sol non perturbés et prélevés en surface (0-10 cm).

Les méthodes utilisées pour la détermination du volume des agglomérats sont celles mises au point par MONNIER* (1972, 1973) et consistent à enrober les mottes de vermis et, à partir d'une certaine taille, à imprégner les agrégats par du pétrole. L'influence du taux des gravillons de diamètre supérieur à 2 mm et constitués essentiellement de quartz de densité constante et égale à 2,65 a été prise en compte. La densité apparente de la terre fine a été obtenue à l'aide de la formule suivante.

$$d = \frac{D(P-q)}{p - \frac{Dq}{2,65}}$$

où P est le poids sec de terre et gravillons, q le poids de gravillons et D la densité apparente sèche du sol total.

TABLEAU 23 - Comparaison des méthodes de mesure de densité apparente. Gagnoa A.

Méthode utilisée	Enrobage au semis		Imprégnation au pétrole			
	25-30 cm ³	2- 3cm ³	220 mm ³	40 mm ³	10 mm ³	2 mm ³
Volume moyen des échantillons	25-30 cm ³	2- 3cm ³	220 mm ³	40 mm ³	10 mm ³	2 mm ³
Diamètre moyen des échantillons en mm	35-40	16-20	7,5	4,1	2,6	1,5
Densité apparente moyenne de 10 échantillons	1,67	1,71	1,89	1,87	1,93	2,07
Ecart-type	0,035	0,037	0,020	0,030	0,047	0,040
Porosité correspondante (%)	32,7	31,1	23,8	24,6	22,1	16,5

Les résultats du tableau 23 mettent en évidence l'augmentation de porosité des échantillons liée à l'accroissement de leur taille. La méthode d'imprégnation en pétrole portant sur des agrégats voisins d'assemblages élémentaires permet d'approcher la mesure d'une porosité texturale. Toutefois à partir d'une certaine taille des agglomérats, correspondant à un diamètre d'environ 2 mm, la technique de mesure semble moins fiable ainsi qu'en témoigne les valeurs prises par l'écart-type de la distribution des mesures.

MONNIER G., BUI HUU TRI, 1972.- Une méthode d'évaluation de la taille des éléments structuraux du sol. Bull. A.F.E.S., 2, 17-27.

MONNIER G., STENGEL P., FIES J.C., 1973.- Une méthode de mesure de la densité apparente de petits agglomérats terreux. Application à l'analyse des systèmes de porosité du sol. Ann. Agron., 1973, 24(5), 533-545.

La méthode au vernis pratiquée sur de véritables mottes ajoutée à la précédente la mesure d'une porosité structurale engendrée par le système de fissures délimitant les éléments structuraux. En tout état de cause il semble bien que dans le cas du sol étudié ce supplément de porosité soit d'au moins 10%.

Les deux tests ont été appliqués à quelques échantillons prélevés en fin de phase fourragère sur l'essai de type A afin de déceler un éventuel effet des couverts végétaux sur la fissuration du sol. La comparaison a porté sur les couverts de *Panicum* et *Stylosanthes* et les résultats des mesures de densité apparente ont été reportés en figure 15. La distinction des deux traitements s'opère au niveau des agrégats dont le diamètre est compris entre 4 et 1,5 mm : sous *Panicum* l'espace poreux délimité est plus grand d'environ 2 à 4%. Ce comportement s'explique par la possibilité de fissuration des petits agglomérats terreux qu'offrent les très fines et nombreuses racines de cette graminée.

Par contre il semble bien qu'au niveau de l'appréciation d'une macroporosité sur des mottes dont le diamètre est compris entre 1 et 4 cm, aucune différence ne puisse être détectée entre les deux espèces végétales.

21212. Test de granulation.

Pour essayer de mieux apprécier la dynamique du développement de la structure le test de granulation préconisé par TRI et MONNIER* (1973) a été appliqué. Ce test utilise le traitement et le tamisage sous alcool, à travers une batterie de tamis, d'échantillons de sol non remaniés. Le taux d'éléments structuraux inférieurs à 10 mm ainsi que leur taille moyenne sont les principaux paramètres de granulation.

En fait cette tentative s'est révélée rapidement vaine puisque la structure est apparue continue dans la majorité des cas et quelques rares fois à tendance continue. Ces résultats confirment l'hypothèse que certaines propriétés texturales du sol sont déterminantes pour l'évolution structurale et que l'action des racines est faible si certaines conditions ne sont pas réunies. La composition granulométrique des sols expérimentés est très particulière et fort éloignée de celles des échantillons habituellement analysés par TRI et MONNIER : le taux de limon (2-50 μ) ne dépasse que très rarement 10% et le rapport argile fluctue de 1,5 à 3. La nature des argiles étant kaolinique le ^{limon} taux de gonflement n'atteint sûrement pas 10% et les possibilités de fissuration sont réduites. Enfin le rapport argile _{limon} explique beaucoup plus mal que le taux d'argile seul la variabilité du taux d'agrégats. Dans ces conditions il était tout à fait prévisible qu'un phénomène de granulation normal ne puisse se déclencher quel que soit l'état de développement et l'activité du système racinaire.

Une série de résultats présentée dans le tableau ci-dessous retient toutefois l'attention.

* BUI HUU TRI, MONNIER, G. 1973.- Etude quantitative de la granulation des sols sous prairies de graminées.
 I. Paramètres définissant la structure granulaire et leur relation avec la porosité du sol. Ann. Agron. 24, 4, 401-424.
 II. Les paramètres de granulation en relation avec la constitution physique du sol et le système racinaire. Ann. Agron. 24, 6, 651-677.

TABEAU 24 - Taux cumulé d'éléments structuraux plus petits que la taille indiquée.

Maille du tamis en mm		0,5	1	2	3	5	10
0- 6 cm	<i>Panicum</i>	2,85	4,17	5,38	6,08	6,78	8,90
	<i>Cynodon</i>	1,74	1,95	2,17	2,22	2,50	3,43
6-12 cm	<i>Panicum</i>	4,04	6,23	7,77	8,70	9,77	12,55
	<i>Cynodon</i>	2,03	2,46	2,84	3,03	3,27	4,10

Il s'agit de la distribution des taux cumulés des éléments structuraux en fonction de leur taille. La structure est bien entendu continue et la comparaison ne peut porter que sur une toute petite fraction de sol. Néanmoins les différences sont suffisamment importantes et systématiques pour que l'on puisse opposer le comportement de *Panicum* et *Cynodon*. Il est permis de penser que le système racinaire de *Panicum*, dans des conditions de très faible développement d'une granulation, assure cependant une division plus fine des particules de sol que celui de *Cynodon*.

2122. Etude de la stabilité structurale.

Cette stabilité a été évaluée à partir des résultats des tests de laboratoire proposés par HENIN et ses collaborateurs et appliqués à des échantillons remaniés. Le test principal est une analyse d'agrégats soumis à plusieurs prétraitements et dont on détermine les fractions stables et dispersées.

Quelques résultats moyens de ce test sont reportés en figure 16 en ce qui concerne l'essai A et 17 pour l'essai B. Y figurent les expressions de l'indice synthétique d'instabilité I_s et de deux de ses principaux termes : le taux maximum d'éléments dispersés et le taux moyen des agrégats vrais.

Par ailleurs les fractions agrégées stables à l'alcool et au benzène ont été étudiées plus en détail. Enfin ces résultats ont été rapprochés de ceux du test complémentaire de percolation qui permet de déterminer un coefficient de perméabilité.

21221. Indice global d'instabilité.

En moyenne cet indice est voisin de 1 en surface et de 1,5 dans l'horizon 10-25. Dans le cas de l'essai A l'opposition graminée-légumineuse est peu nette, par contre l'instabilité de la structure se révèle sous parcelle nue à la fois sur les deux horizons testés.

Dans l'essai B la tendance est à une plus grande instabilité sous légumineuse que sous graminée. Aucun des traitements appliqués ne marque nettement sous légumineuses. Par contre chez les graminées l'application d'engrais engendre un accroissement sensible de la stabilité structurale sur les deux horizons 0-10 et 10-25.

21222. Eléments dispersés.

Il s'agit de la fraction argile + limon de 0 à 20 μ dispersée à la suite du pré-traitement des échantillons au benzène. Cette quantité a été exprimée en % de la même fraction granulométrique pour atténuer les effets de l'hétérogénéité texturale entre les parcelles.

Le sol sous légumineuses dans l'essai A présente un taux d'éléments dispersés légèrement supérieur à celui constaté sous graminées mais inférieur à celui de la parcelle nue. Les résultats relatifs à l'essai B montrent que l'amélioration de stabilité due à l'apport d'engrais sur graminées tient à une moins grande dispersion des colloïdes : ce renforcement de cohésion des agrégats s'explique peut être par un plus grand nombre de cations adsorbés notamment H^+ et NH_4^+ (lié aux apports intenses de sulfate d'ammoniaque) ce qui ne se produirait pas sous légumineuses. En outre l'effet flocculant de certains sels solubles n'est pas à exclure.

21223. Taux d'agrégats vrais moyens.

Ce taux représente la moyenne générale des agrégats obtenus pour chacun des pré-traitements (eau, alcool, benzène). Ce sont des agrégats vrais c'est à dire que les sables grossiers restant sur le tamis ont été éliminés. Pour l'essai A la fraction des sables fins (50-200 μ) associée aux agrégats a été également déterminée : il ne s'agit toujours que de faibles quantités (10 à 15% du total agrégé) qui ne modifient pas le comportement propre à chaque couvert. Les valeurs moyennes permettent de différencier les trois principaux traitements qui, dans l'ordre, montrent des taux d'agrégats stables décroissants : graminées, légumineuses, parcelle nue. La comparaison entre espèces fait ressortir les conclusions suivantes :

- *Panicum* et *Setaria* plantes à port en touffes à moyen développement mais à croissance rapide et à racines relativement fines ont des taux moyens d'agrégats stables élevés aussi bien dans 0-10 que dans 10-25 cm,

- *Cynodon* développe également un fort taux d'agrégats mais limité au seul horizon 0-10 cm,

- C'est *Stylosanthes* qui présente le plus faible pourcentage d'agrégats stables.

Dans le cas de l'essai B les différences de comportement entre graminées et légumineuses s'atténuent. Pour les traitements avec engrais le comportement est différent de celui constaté dans l'essai A puisque sous légumineuses le taux d'agrégats est plus élevé que sous graminées. En fait l'interprétation doit tenir compte de l'influence et de la variabilité de la composition granulométrique des parcelles : ainsi pour les traitements précédents la teneur moyenne en argile et limon fin (0-20 μ) des parcelles de graminées est inférieure de 5% à celle des parcelles de légumineuses. Malgré cela l'écart est suffisamment important, au bénéfice des graminées, dans le cas des traitements sans engrais pour qu'il ne soit pas seulement du à une telle dépendance. Enfin il est à retenir que le traitement rythme d'exploitation lent (L) ou rapide (R) n'a pratiquement aucun effet sur l'une ou l'autre des caractéristiques de la stabilité structurale.

21224. Taux d'agrégats stables à l'alcool et au benzène.

Il semble intéressant d'analyser les résultats de ces pré-traitements des échantillons parce qu'ils mettent en lumière les mécanismes de résistance de la structure à la dégradation et sont susceptibles de révéler des effets traitements.

La figure 18 est relative aux taux d'agrégats stables à l'alcool et au benzène dans les deux horizons de surface pour l'ensemble des espèces testées dans le cadre de l'essai A.

Le pré-traitement à l'alcool, en réduisant le gonflement des colloïdes protège l'ensemble des agrégats et renforce leur cohésion. Il conduit à l'obtention d'un indice révélateur d'un taux d'agrégation maximal des échantillons, étroitement dépendant par ailleurs de la teneur en éléments fins comme le montrent les valeurs encore élevées des taux d'agrégats dans l'horizon 10-25 en moyenne plus argileux que l'horizon 0-10 cm.

Les résultats du pré-traitement au benzène mettent en évidence le rôle de protection joué par la matière organique sur la stabilité des agrégats. L'opposition est nette entre les deux horizons de surface dont le premier, de 0 à 10 cm, est beaucoup plus riche en matière organique que le second.

La comparaison des résultats de ces tests pour les différents traitements ne peut se faire sans ignorer l'influence des principales variables explicatives de ces taux d'agrégats. La figure 19 illustre les dépendances étroites des taux d'agrégats stables à l'alcool et au benzène avec respectivement le pourcentage d'éléments fins A + L (0-20 μ) et la teneur en carbone en %. Ces liaisons, calculées pour l'ensemble des deux essais A et B, sont très étroites particulièrement dans le cas des agrégats stables à l'alcool où les pentes des droites de régression sont voisines dans les deux horizons concernés. Pour les agrégats stables au benzène il est probable que l'influence de la teneur en argile sur le taux de matière organique, déjà examinée dans la deuxième partie de ce document, atténue l'intensité de la corrélation mais il faut surtout remarquer que la pente de la droite de régression est plus de deux fois plus faible dans l'horizon 10-25 que dans 0-10 et que la matière organique n'y a donc pas la même influence.

Pour tenter de comparer quelques traitements les résidus des précédentes régressions ont été calculées dans le cas des traitements communs aux essais A et B (rythme lent, fertilisé) pour lesquels on disposait ainsi de cinq répétitions. Les différences apparaissent en figure 20. Les différences sont systématiques entre graminées et légumineuses. Le taux d'agrégats stables à l'alcool se développe surtout en surface sous *Cynodon*, la cohésion pouvant être favorisée par la présence d'une épaisse couche de litière sur le sol, et plus en profondeur sous *Panicum*. Les résidus relatifs à la régression agrégats benzène-carbone laissent entrevoir l'existence sous *Stylosanthes* d'une quantité et qualité de matière organique en surface peu apte à jouer un rôle efficace de protection sur la stabilité des agrégats.

21225. Instabilité structurale et perméabilité.

La combinaison des résultats des deux tests de mesure de la stabilité structurale est utilisée pour apprécier les effets des différents facteurs de cette stabilité.

La figure 21 qui se rapporte aux deux horizons de l'essai A montre que ces deux paramètres sont affectés par des facteurs communs puisqu'il existe une relation inverse entre leur représentation logarithmique qui est la suivante :

$$\log 10 K = 1,77 \log 10 I_s + 4,96 \quad (r = 0,752^{***} \text{ avec } 52 \text{ d.d.l.})$$

Cette corrélation définit une régression un peu différente de celle admise par HENIN et ses collaborateurs. En particulier la pente de la droite de régression est sensiblement plus élevée ce qui entraîne, dans la gamme de stabilité observée, des valeurs de la perméabilité qui paraissent trop fortes. Cela ne peut s'expliquer par la présence d'ions alcalins puisque contrairement aux résultats de MERIAUX (1958)* il n'y a pas de liaison entre les valeurs de K et le taux de Ca^{++} par rapport aux autres cations. Il semble bien que la texture, dans la mesure où elle détermine l'essentiel de la porosité, influence encore plus fortement la perméabilité que l'analyse d'agrégats, à moins que ces derniers ne soient moins stables qu'ils devraient l'être étant donné leur teneur en matière organique.

13. Conclusion.

Cette étude de l'état physique du sol porte essentiellement sur l'analyse du développement de l'état structural et de sa stabilité. C'est avant tout l'évolution au cours du temps qui est mise en évidence en même temps que l'opposition de quelques traitements après trois années de cultures.

L'état structural a été apprécié par des mesures de porosité soit sur des monolithes de sol en place (volume de l'ordre de 1000 cc) soit sur des assemblages de particules de taille variable comprise entre 2 mm³ et 30 cm³. La densité apparente sèche, dans la mesure où l'influence du taux de gravillons a été éliminée permet une bonne estimation de la porosité. L'évolution concerne surtout l'horizon de surface qui témoigne d'un certain tassement du sol mais il est davantage prononcé sous légumineuses que sous graminées et chez ces dernières il existe des possibilités d'amélioration de la porosité d'autant plus importantes qu'il n'y a pas d'engrais apportés.

La vitesse de filtration mesurée sur échantillon non perturbé ne semble pas être un bon test d'appréciation de la porosité sans doute parce que cette caractéristique est directement et fortement influencée par la variabilité de nombreux paramètres mal contrôlés.

L'application de test de granulation montre que l'on est en présence d'un sol à structure continue donc à porosité essentiellement texturale commandée par la composition granulométrique. Malgré certains caractères défavorables (faible taux de gonflement et de limons) des possibilités de fissuration par les racines engendrant une porosité structurale peuvent être détectées. En tout état de cause l'ampleur de la variation ainsi obtenue est faible vis à vis de la variabilité de la granulométrie et sous commune mesure avec l'accroissement de porosité que peut entraîner le travail du sol.

La stabilité structurale évolue au cours du temps et augmente sensiblement au cours de la troisième année de culture dans des proportions plus importantes sous graminées que sous légumineuses. L'interprétation de ces évolutions et la comparaison des effets traitements doit cependant tenir compte de certaines propriétés intrinsèques du sol au rang desquelles la texture occupe une place déterminante. L'analyse des agrégats et le test de percolation sont sensiblement en accord pour caractériser la stabilité de la structure mais à partir de la comparaison des résultats on est conduit à s'interroger sur le rôle des matières organiques sur cette stabilité. Les comportements saisonniers, tels la diminution de stabilité en saison sèche ou encore les taux particulièrement faibles d'agrégats stables au benzène sous certains traitements, en particulier *Stylosanthes*, pourraient éventuellement être rapprochés de l'évolution quantitative et qualitative de la matière organique.

22. Evolution de la matière organique.

Poursuivant le même objectif qu'à Bouaké l'étude a pour principal but d'estimer les quantités de matière organique susceptibles de s'accumuler dans le sol au cours du temps sous les différents traitements. La détermination analytique de quelques uns des constituants de l'humus permet également de porter un jugement sur l'évolution qualitative des produits accumulés.

Ainsi qu'il a été vu précédemment le taux de carbone du sol n'est pas aussi nettement déterminé qu'à Bouaké par certains paramètres caractéristiques de la granulométrie. Dans l'horizon 0-10 cm la dépendance a été établie avec le taux de gravillons ; il est possible de s'en affranchir en considérant des quantités de matière organique contenues dans la terre fine. Néanmoins d'autres liaisons avec le taux d'argile et de limons, semblant elles-mêmes dépendre de la présence des gravillons, ajoutent quelques difficultés à l'interprétation des résultats.

221. Evolution quantitative du stock de matière organique.

Les quantités sont exprimées en gramme par mètre carré et ont été obtenues en multipliant la teneur en carbone du sol par 1,72 et en les rapportant au volume de sol utile (hauteur de l'horizon x densité apparente sèche x taux de terre fine).

L'évolution au cours du temps des quantités ainsi mesurées apparaît sur les figures 22 et 23 dans le cas de l'essai A et sur la figure 24 pour l'essai B.

En raison d'une part du labour de retournement qui a précédé l'implantation des cultures fourragères et d'autre part du fort gradient de teneur entre les horizons 0-10 et 10-25 il était difficile de comparer l'évolution dans l'horizon 0-10 entre 1967 et 1968. Par contre les évolutions relatives à la tranche de sol 0-25 cm pouvaient en principe être analysées.

En fait les résultats relatifs aux deux premiers prélèvements effectués en 1968 ont le plus souvent traduit de fortes fluctuations dont les amplitudes sont difficilement interprétables et qui ne peuvent guère s'expliquer qu'en supposant une forte hétérogénéité du sol, à moins qu'il ne s'agisse d'une forte susceptibilité aux phénomènes d'humification et de minéralisation, consécutives au labour et à la mise en place de la culture.

2211. Résultats relatifs à l'essai A.

L'horizon 0-10 cm contient en moyenne de 30 à 35 tonnes de matière organique à l'hectare ce qui représente un accroissement du stock d'environ 30% par rapport aux valeurs mesurées à Bouaké. La quantité présente dans les 25 premiers centimètres qui oscille autour de 60 à 65 tonnes est par contre tout à fait semblable sur les deux stations.

Dans l'horizon de surface (fig. 22) la forte diminution du stock entre mars et juillet 1968 qui correspondrait à une intense minéralisation reste, de par son importance, difficilement explicable. Toutefois cette diminution affecte peu certains traitements qui vont par la suite manifester précocement des accroissements du stock importants : c'est le cas de *Setaria* et *Tripsacum* notamment. L'évolution saisonnière se manifeste par de fréquentes et sensibles accumulations de matière organique au cours des saisons sèches (de novembre à avril) mais il n'est pas exclu d'en rencontrer également au cours de la phase active de croissance c'est à dire entre avril et juillet. Quant aux diminutions du stock elles se produiraient plutôt entre juillet et novembre (cas général en 1969 et très fréquent en 1970). Enfin le fait d'avoir multiplié par cinq les quantités d'engrais apportées à partir d'avril 1969 n'a pas entraîné de diminution immédiate de la quantité de matière organique en surface : les pertes consécutives à la minéralisation ont été aussitôt compensées par des restitutions de même importance.

La figure 23 montre l'évolution des stocks moyens de matière organique pour quelques traitements dans les tranches de sol 0-25 et 25-45 cm. En dessous de la couche labourée la quantité de matière organique est faible et n'évolue pratiquement pas au cours du temps. Dans 0-25 les variations sont toujours aussi fortes que dans 0-10 ce qui veut dire que l'évolution ne se limite pas à l'horizon de surface. Les augmentations du stock semblent plutôt se produire au cours de la deuxième saison des pluies c'est à dire de juillet à novembre. En particulier le brusque accroissement qui se manifeste en 1969 sur les parcelles nues est peut être une conséquence de la variabilité intra-parcellaire mais pouvait éventuellement résulter d'une humification accélérée des résidus du puissant système racinaire, à nombreuses bulbilles dans 10-25, de *Cyperus rotundus* très envahissant sur ces parcelles. Enfin, contrairement à ce qui avait été observé dans 0-10 cm, l'augmentation des apports d'engrais en avril 1969 a un effet sensible qui se traduit par une nette diminution du stock dans 0-25 en juillet de la même année. Cela laisse supposer un rajeunissement du système racinaire tout à fait en surface et également une migration de certains éléments, notamment l'azote, qui activent la minéralisation des produits humiques dans 10-25 cm.

Pour mieux apprécier les principaux faits de l'évolution et opposer les traitements, il a semblé judicieux d'atténuer les fluctuations intra-annuelles (notamment celles de 1968) en considérant les stocks moyens annuels et en s'intéressant à leur variation. C'est ce qui a été fait au tableau 25 dans lequel pour chaque plante on a calculé les stocks moyens en 1968, 1969 et 1970 et les augmentations annuelles de ce stock et totales entre 1968 et 1970. Il convient là encore de distinguer l'horizon 0-10 de l'ensemble de la couche labourée 0-25.

En surface les accroissements totaux entre 1968 et 1970 sont élevés de 10 à 18% du stock sous les couverts de *Pennisetum*, *Panicum* et *Brachiaria*, plutôt faibles de 3 à 6% du stock) sur les autres graminées, nuls sous les légumineuses et sous parcelle nue il y a perte d'environ 2 tonnes de matière organique (8,5% du stock). Il est peut être plus important de considérer la manière dont ces augmentations sont obtenues. En effet il peut s'agir d'une accumulation lente et régulière au cours du temps comme dans le cas de *Panicum* et *Brachiaria* ou bien différée au cours de la troisième année de culture chez *Cynodon*. Mais s'observent également des gains précoces très élevés confirmés dans le temps sous *Pennisetum* ou au contraire suivis d'une phase de minéralisation plus intense que l'humification en particulier sous *Setaria*, *Tripsacum* et *Centrosema*. Cette diminution du stock de matière organique en 1970 témoigne soit d'un ralentissement de croissance qui restreint lui même l'apport de résidus au sol, soit de conditions favorables à la minéralisation liées aux conditions de milieu ou à la qualité de la matière organique sous ces couverts. Le comportement du *Stylosanthes* en 1969, voisin de celui de la parcelle nue, tient à une dégradation sévère de la culture par suite d'une mauvaise résistance à la fauche.

Dans la tranche de sol 0-25 cm il y a augmentation générale du stock de matière organique par rapport à 1968 pour tous les traitements. Les accroissements totaux sont importants et compris entre 5 et 8 tonnes pour un groupe de graminées parmi lesquelles on trouve *Setaria*, *Pennisetum*, *Tripsacum*, *Brachiaria*. Là encore les gains sont obtenus soit très rapidement comme sous *Tripsacum* et *Setaria* soit tardivement dans le cas de *Panicum*, *Brachiaria*, *Cynodon* et *Stylosanthes*. Seul *Tripsacum* manifeste une diminution du stock de matière organique au cours de la troisième année de culture.

2212. Résultats relatifs à l'essai B.

L'évolution des quantités de matière organique accumulée au cours du temps sous les principaux traitements dans les horizons 0-10 et 0-25 cm est reportée en figure 24.

Par rapport aux résultats précédents relatifs à l'essai A la baisse du stock est générale et représente environ 5 tonnes à l'hectare pour 0-10 et 10 tonnes pour 0-25 soit environ 17% du stock total.

Il n'y a que relativement peu de fluctuations des quantités présentes dans l'horizon 0-10. Tout au plus existe-t-il un accroissement assez net pour les graminées au cours de la saison sèche 1968-1969. Les différences entre traitements sont faibles tout en étant cependant assez systématiques en particulier dans le cas de la fertilisation et du rythme rapide chez les graminées.

Dans la tranche de sol 0-25 les amplitudes de variation sont plus importantes ce qui confirme l'idée précédemment émise que l'horizon 10-25 participe activement à l'évolution peut être en raison de la discontinuité avec l'horizon supérieur. De même que précédemment il y a forte diminution du stock de matière organique entre mars et juillet 1968 avec toutefois moins d'ampleur que dans l'essai A mais elle atteint cependant 10 tonnes à l'hectare. Par la suite les stocks augmentent assez rapidement et considérablement jusqu'en avril et même parfois juillet 1969. A partir de cette date la tendance générale est à la diminution des quantités de matière organique malgré des gains instantanés sensibles en juillet 1970 pour certains traitements tels que *Cynodon*, *Stylosanthes* avec ou sans apport d'engrais. Ce dernier traitement d'ailleurs ainsi que l'application du rythme lent d'exploitation accélère la chute dans le cas des graminées. Par ailleurs il y a lieu de noter le faible niveau d'accumulation sous *Centrosema* et par contre des

niveaux élevés d'enrichissement en matière organique sous graminées fertilisées et exploitées rapidement.

Afin de quantifier ces évolutions de la même manière que précédemment, le stock moyen annuel et sa variation au cours du temps ont été calculés et reportés aux tableaux 26 et 27. Quelques effets traitements peuvent ainsi être dégagés.

22121. Effet "plante".

Il apparaît au tableau 26 et permet d'opposer les légumineuses qui montrent en trois années un bilan humique déficitaire aux graminées sous lesquelles le bilan est largement positif. Le phénomène général d'accumulation de matière organique procède de la même dynamique sous tous les traitements et se caractérise par des gains précoces dans les dix huit premiers mois de la culture suivis de pertes en deuxième et troisième année.

C'est sous *Panicum* que les accroissements de stock sont les plus élevés et les diminutions les plus faibles : ces variations affectent également les horizons 0-10 et 10-25 cm. Dans le cas de *Cynodon* les gains sont en moyenne trois fois moins importants et les fluctuations dans 10-25 sont fortes. Le comportement sous légumineuses est identique à celui constaté pour l'essai A dans 0-10 mais diffère sensiblement pour 10-25 : il n'y a pas accumulation mais au contraire nette diminution du stock.

22122. Effet "fertilisation".

Il figure au tableau 27 dans le cas de l'interaction famille-fertilisation. Chez les graminées il s'agit d'un effet positif très net qui joue sur le niveau des gains précoces, surtout dans l'horizon 10-25 où l'écart atteint 4,5 tonnes de matière organique en faveur de la fertilisation. Sous légumineuses l'apport d'engrais apparaît plutôt dépressif, peut être en favorisant la minéralisation et cela dès 1969 ; les pertes globales sur 0-25 dépassent 3 tonnes à l'hectare.

22123. Effet "rythme d'exploitation".

Le rythme de fauche rapide chez les graminées a un effet comparable à celui de la fertilisation. Il contribue à accroître les restitutions organiques au sol et l'écart avec le rythme lent s'accroît au cours du temps. Son influence se fait surtout sentir sur le ralentissement des pertes en troisième année de culture. Les fréquentes défoliations semblent augmenter la quantité de litière incorporée au sol ainsi que la vitesse de renouvellement des organes aériens et souterrains.

Un effet comparable se constate chez les légumineuses bien que le mode d'action soit quelque peu différent puisque les écarts sont obtenus de manière précoce. Dans ce cas le rythme d'exploitation est beaucoup plus difficile à mettre en accord avec le rythme de croissance des plantes.

222. Evolution qualitative de la matière organique.

A l'exception de déterminations analytiques plus poussées pratiquées en fin de culture, les principaux constituants de la matière organique ont été analysés à l'aide d'un procédé technique d'extraction simplifié limité à une seule attaque par le pyrophosphate de sodium sur des échantillons dont la fraction organique grossière a été éliminée auparavant par traitement densimétrique à densité 2.

Les fractions acides fulviques et humiques ont été isolées et la fraction humine assimilée à l'inextractible calculée par différence.

2221. Aperçu sur les principaux constituants de la matière organique.

L'évolution de chacun des taux de ces constituants par rapport au carbone total dans l'horizon 0-25 cm est illustrée en figure 25 dans le cas des principaux traitements de l'essai A. Les conclusions suivantes peuvent être avancées :

- La répartition entre les différents produits humiques est remarquablement stable et n'évolue que très lentement au cours du temps. Il est permis de penser que les conditions de milieu ont une influence déterminante sur la composition de l'humus. La fraction inextraite est toujours largement représentée à un taux généralement supérieur à 50%.

- Le taux d'acides humiques, constituent le plus faiblement représenté ne fluctue pratiquement pas ni dans le temps ni sous l'influence des traitements.

- Les variations des pourcentages de carbone libre (ou grossier), d'acides fulviques et d'humine semblent interdépendantes. Le carbone libre et plus encore les acides fulviques varient en sens inverse des quantités d'humine.

- L'évolution générale au cours du temps montre une tendance à l'accroissement du taux d'humine aux dépens du carbone libre qui diminue. Le taux d'acides fulviques augmente en début de culture puis diminue et réaugmente de nouveau en troisième année de culture.

- Quelques effets traitements dont les plus nets concernent d'une part l'accumulation d'humine sous légumineuses et à un degré moindre sous graminées, d'autre part la tendance au pourcentage plus élevé d'acides fulviques sous parcelle nue.

2222. Rapport C/N.

Ses variations sont représentées pour quelques traitements et horizons des essais A et B respectivement en figure 26 et 28. Ce rapport fluctue dans des limites assez larges tout en ayant tendance à conserver des valeurs plutôt faibles notamment dans l'essai B où elles ne dépassent pas 12. Les plus fortes variations sont enregistrées dans l'horizon 10-25 ce qui témoigne encore une fois de l'importance des modifications qu'il subit. Il semble qu'il faille attendre la troisième année de culture pour voir des différences entre traitements s'affirmer systématiquement.

Dans le détail et dans le cas de l'essai A la tendance moyenne est à la stagnation du rapport C/N sous légumineuses et à l'augmentation sous graminées à tous les niveaux de profondeur. Dans ce dernier cas l'accroissement a lieu dès le début de la culture, est suivi en 1969 d'une phase d'équilibre, reprend pour atteindre une valeur maximale en juillet 1970 avant de chuter de nouveau. Le quintuplement des apports d'engrais azotés sur graminées à partir d'avril 1969 n'a pas provoqué de diminution du rapport C/N ce qui tendrait à prouver que ces engrais ont été sinon utilisés du moins non stockés dans le sol ; seul peut être un effet cumulatif d'enrichissement en azote de la matière organique commence à se dessiner en décembre 1970.

Pour l'essai B seule l'influence du couvert a été représentée. En effet, et contre toute attente, la fertilisation ne provoque pratiquement aucune différence dans les évolutions. La fluctuation générale est une augmentation des rapports jusqu'en fin 1969 suivie d'une brusque diminution au cours de la saison sèche qui continue par la suite sous légumineuses alors que chez les graminées il y a une nou-

velle remontée. Sous couvert de *Panicum* l'amplitude de variation est forte ; les accumulations de matière organique et les pertes en azote sont maximales en novembre à la fin du cycle pluvial et de la période de forte croissance. *Centrosema* se distingue en ayant le plus souvent les plus faibles valeurs du rapport C/N.

2223. Rapport AF/AH.

Acides fulviques et humiques appartiennent à un même groupe de substances à structure complexe, les fulviques montrant une prédominance des chaînes latérales sur les noyaux aromatiques. Le rapport entre ces deux composés, dont les évolutions sont étroitement liées, peut fournir des indications sur les conditions de l'humification sans que l'on soit en mesure de bien l'interpréter. Les principaux résultats sont reportés aux figures 27 (essai A) et 28 (essai B).

Il y a lieu de noter la prédominance des acides fulviques sur les acides humiques, surtout dans le cas de l'essai B et de manière encore plus nette dans 0-25 que dans 0-10 cm. Ce caractère oppose nettement les conditions d'évolution de la matière organique à Gagnoa à celles déjà constatées à Bouaké où les valeurs de ce rapport ne dépassaient généralement pas 2.

Il y a peu de choses à dire des évolutions relatives à l'essai A à l'exception des variations instantanées sous parcelle nue, reflet de l'hétérogénéité, et du brusque accroissement de ce rapport en juillet 1968 dans l'horizon 10-25, à rapprocher éventuellement de la diminution quantitative sévère dont témoignait la figure 22.

Les fluctuations des traitements de l'essai B reportés en figure 27 semblent pouvoir être ramenées à la succession de deux périodes, l'une de diminution du rapport AF/AH jusqu'en novembre 1969 l'autre d'augmentation de ce rapport à partir de cette même date. Quelques traitements se différencient de l'évolution générale. Sous *Centrosema* et sous *Cynodon* jusqu'en 1969 les valeurs de AF/AH sont systématiquement supérieures à celles obtenues sous les autres couverts. La fertilisation sous graminées par contre réduit la prédominance des acides fulviques sur les acides humiques.

2224. Déterminations analytiques complémentaires en fin de phase fourragère.

Sur un petit nombre d'échantillons, limités à l'horizon 0-10 cm, et relatifs à l'essai A, les déterminations ont été faites selon la méthode préconisée par DABIN* qui consiste à séparer une partie de la fraction organique grossière et à extraire les acides fulviques libres au moyen d'un prétraitement à l'acide phosphorique avant de poursuivre par les extractions classiques au pyrophosphate de sodium et à la soude. Les résultats moyens pour quelques traitements sont reportés en figure 29.

Les différences d'ordre quantitatif déjà illustrées en figure 22 sont confirmées. La diminution des teneurs en carbone total par rapport à la moyenne obtenue sous graminées est de l'ordre de 10% sous légumineuses et de 25% sous parcelle nue.

Ces pertes engendrent des modifications dans la composition qualitative de la matière organique. Pour la parcelle nue la diminution affecte davantage la matière organique grossière et surtout l'humine que les produits intermédiaires comme les acides fulviques et humiques.

* DABIN (B.), 1971.- Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. Science du sol, 1, 47-63.

Sous légumineuses l'évolution semble au contraire favoriser l'accumulation de l'humine dont le pourcentage par rapport au carbone total atteint presque 60% au détriment de la fraction grossière extrêmement réduite et des acides fulviques et humiques. Cette tendance est plus marquée sous *Centrosema* que sous *Stylosanthes*.

La composition qualitative moyenne observée sous graminées masque en fait certaines disparités de comportement. Ainsi la quantité d'humine et d'acides fulviques est relativement plus faible sous *Tripsacum* et *Brachiaria* que sous les autres couverts ; par contre la fraction organique grossière atteint 5% du carbone total et le rapport AF/AH n'est que légèrement supérieur à 1 alors qu'il dépasse 2 sous *Pennisetum* et atteint 1,80 sous *Panicum* et *Setaria*.

223. Conclusion générale sur la matière organique.

Bien qu'à Gagnoa il ne soit pas aisé de mettre en évidence des relations de dépendance entre certains invariants du sol au cours du temps tels que la composition granulométrique et le taux de matière organique, de nombreux indices, comme les différences constatées entre les essais A et B, laissent présager une large influence de certains paramètres du milieu sol sur l'évolution des constituants organiques.

A cette dernière s'ajoute l'effet cumulatif du temps dont une des principales composantes est le climat caractérisé par l'alternance et la succession des saisons.

L'influence de ces facteurs est sans commune mesure avec un éventuel effet de la couverture végétale du sol et des techniques culturales. Cependant ces dernières ont parfois de lourdes conséquences. Ainsi le travail du sol au moment de l'implantation des cultures fourragères a non seulement amélioré la porosité mais encore bouleversé et mélangé des horizons précédemment bien individualisés et différenciés. Ce faisant les évolutions dans 0-10 et surtout dans 10-25 ont été considérablement accélérées.

L'étude des variations quantitatives du stock fait ressortir des possibilités d'accumulation de matière organique non négligeables et qui concernent toute la tranche de sol labourée de 0 à 25 cm. Ces gains qui représentent en moyenne 10% du stock sont le plus souvent obtenus très rapidement après dix huit mois de culture. Ils sont généralement suivis d'une diminution du stock en troisième année, systématique sur l'essai B, parfois remplacée par un nouvel accroissement dans le cas de l'essai A tout particulièrement au niveau de l'horizon 10-25 cm.

Les gains sont beaucoup plus importants sous graminées que sous légumineuses chez ces dernières le bilan organique sur toute la durée de la culture est le plus souvent déficitaire. Outre cet effet "famille", la fertilisation et le rythme rapide d'exploitation entraînent chez les graminées l'accroissement des restitutions de matière organique au sol. Chez les légumineuses par contre l'apport d'engrais accélère la disparition de la matière organique.

L'effet des traitements culturaux sur la composition qualitative de la matière organique est beaucoup moins net. C'est avant tout les facteurs du milieu qui déterminent la répartition entre les divers composants de la matière organique. Dans le cas de Gagnoa le taux d'humine est encore très abondant dans la fraction humifiée mais il faut également signaler une nette dominance des acides fulviques sur les acides humiques. Le rapport entre ces deux constituants est cependant susceptible d'évoluer notamment dans l'essai B.

Le rapport AF/AH diminue tout d'abord au cours de la phase active d'accumulation puis croît lentement pendant ce qu'il convient peut être d'appeler la phase de maturation de l'humus. Les couverts de *Centrosema* et *Cynodon* semblent favoriser la synthèse des acides fulviques alors que la fertilisation sur graminées a par contre tendance à diminuer le rapport AF/AH.

Les résultats d'une analyse approfondie des composés humiques sur des échantillons prélevés en surface dans l'essai A après trois ans de culture ne révèlent pas des effets traitements très spectaculaires à l'exception des différences d'ordre quantitatif. Les écarts les plus importants ne s'observent pas sur les produits intermédiaires mais sur les termes extrêmes de l'extraction à savoir la matière organique grossière et le taux d'humine.

Quant au rapprochement de certaines données de l'évolution de l'état qualitatif de la matière organique avec celles de l'état physique du sol par exemple, il semble hasardeux. Il est cependant frappant d'observer un accroissement du taux d'agrégats stables au benzène corrélativement avec une diminution du rapport AF/AH (comparaison des figures 15 et 28) mais de telles convergences ne sont pas systématiques.

23. Evolution des propriétés chimiques du sol.

231. Evolution de l'acidité.

Elle est illustrée pour chacun des deux essais par les figures 30 et 30 bis obtenues après regroupement des traitements évoluant de façon analogue.

Deux périodes se distinguent :

- la première qui s'étend sur deux ans, devant lesquels l'évolution identique pour tous les traitements, traduit une relative stabilité du pH en surface où il reste voisin de 6,0. Une tendance à la baisse se manifeste, par contre en profondeur, mais elle n'excède pas 0,4 unité pH.

- la seconde période voit deux groupes de traitements se différencier :

- l'un concerne uniquement les légumineuses fertilisées sous lesquelles le pH en surface se maintient ou marque un léger accroissement,
- le second regroupe tous les autres traitements sous lesquels on note une baisse se situant entre 0,5 et 1 unité pH et affectant tous les horizons.

Lors du dernier prélèvement, une remontée est sensible sur l'ensemble des traitements dans tout le profil étudié.

Plusieurs hypothèses peuvent être invoquées pour expliquer ces évolutions :

- en ce qui concerne la parcelle nue et les traitements non fertilisés, les pertes en bases échangeables consécutives soit à la consommation par les plants, soit à la lixiviation semblent devoir être prises en compte. On note en effet que les prélèvements fait en fin de saison des pluies (3e prélèvement annuel) se traduisent sur les courbes par des points bas,

- pour ce qui est des traitements fertilisés, les différences observées entre graminées et légumineuses sont à mettre en rapport avec les fertilisations. Alors que la fertilisation azotée est nulle sur légumineuses, exceptée à l'implantation, elle comporte sur graminées, à partir du 22.7.1969 des apports annuels de 750 unités à l'hectare dont 300 sous forme de sulfate d'ammoniaque dont le rôle acidifiant a été maintes fois mentionné (PRASSAD et al. 1971, GODEFROY 1975) les apports calciques bien que très supérieurs aux besoins des plantes n'avaient alors que peu d'effet étant donné leur grande labilité (GODEFROY et al. 1974).

232. Evolution du complexe absorbant.

Les figures 31 à 33 bis illustrent l'évolution des principales caractéristiques du complexe absorbant. Là encore, deux périodes sont à distinguer.

Durant la première, correspondant à l'année d'installation des prairies, se manifeste une dégradation d'ensemble du complexe particulièrement perceptible en surface où l'on note une diminution :

- de la capacité d'échange,
- de la somme des bases,
- du taux de saturation.

Dans l'horizon 10-25 cm, les fluctuations observées peuvent être le fait du labour qui a été effectué entre le premier et le second prélèvement. Plus profondément aucune évolution n'est décelable.

Ensuite, une remontée de l'ensemble des caractéristiques s'amorce plus ou moins selon la fertilisation et l'on observe :

- en ce qui concerne la capacité d'échange :

+ dans le cas des traitements fertilisés une stabilisation au niveau de la valeur obtenue le 26.11.67. Ce niveau identique pour les graminées et les légumineuses (6,75 et 5,75 me/100 g pour les horizons 0-10 et 10-25 dans l'essai A) est supérieur à celui observé sous parcelles nues (6,0 dans 0-10) les fluctuations autour de ce niveau moyen semblent liées à l'époque du prélèvement. Les valeurs sont supérieures à la moyenne lors de la première campagne annuelle (fin de saison sèche) et inférieures lors des 2e ou 3e campagne (saison des pluies),

+ dans le cas des traitements non fertilisés (essai B) on note à partir du 26.11.69 une diminution progressive sensible tant en surface qu'en profondeur et de l'ordre en dernière année de 1 mé/100 g.

Contrairement à ce qui se passe dans les deux premiers horizons on observe, au-delà de 25 cm de profondeur des variations de plus faible amplitude ne traduisant aucune évolution caractéristique.

Ces évolutions, surtout en ce qui concerne la première période, sont à rapprocher de celles de la matière organique.

Dans un premier temps le travail du sol inhérent à la remise en culture et l'installation des plantes ont pour conséquence une dégradation du complexe qui ensuite se régénère progressivement du fait probablement des restitutions provenant de la litière.

Cependant, les évolutions identiques sous parcelles nues, bien que de moindre amplitude, incite à penser que d'autres facteurs, probablement climatiques, interviennent.

- en ce qui concerne la somme des bases échangeables :

+ dans le cas des traitements fertilisés, excepté les parcelles nues, la somme des bases à partir du 24.7.68 remonte régulièrement dans l'horizon 0-10 cm. Cette remontée paraît plus importante sous légumineuses que sous graminées. Dans l'horizon 10-25, l'augmentation est brève et même à un palier atteint dès le 22.4.69,

+ dans le cas des parcelles nues et des traitements non fertilisés on observe dans 0-10 et 10-25 une évolution identique se traduisant par une augmentation très faible et dès le 22.4.69 s'amorce une baisse continue jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Au delà de 25 cm le, la différenciation entre traitements fertilisés et non fertilisés subsiste.

- en ce qui concerne le taux de saturation.

Là encore, en seconde et troisième année, l'évolution est essentiellement liée à la fertilisation dont l'effet n'est sensible qu'en surface.

Dans le cas des traitements fertilisés, il y a augmentation régulière du taux de saturation due à une recharge du complexe par les engrais, cet effet s'avérant plus important sous légumineuses que sous graminées.

Dans le cas des traitements ne recevant pas d'engrais, le taux de saturation n'évolue plus après la première année de culture.

Quant aux parcelles nues, bien que fertilisées, elles montrent un comportement intermédiaire.

CONCLUSION

L'évolution dans le temps de l'état du complexe d'échange se caractérise par deux périodes correspondant :

- la première à l'année de mise en culture,
- la seconde aux années suivantes.

Durant la première période on observe quels que soient les traitements une dégradation générale des qualités du complexe. Ultérieurement l'évolution discrimine les traitements essentiellement en fonction de la fertilisation dont les effets sont surtout importants dans l'horizon de surface (0-10 cm).

233. Etat des cations essentiels.

2331. Cas du calcium.

23311. Evolution des teneurs (fig. 34 et 34 bis)

Dans l'horizon de surface, les teneurs en calcium échangeable évoluent de façon analogue à celle des caractéristiques du complexe, c'est à dire :

- en première année, diminution sur l'ensemble des traitements,
 - ensuite différenciation en fonction de la fertilisation
- avec :

- remontée suivie d'un palier à un niveau voisin du niveau initial dans le cas des traitements "plantes fertilisées",
- palier au niveau bas atteint en fin de première année, ou légère diminution dans le cas des autres traitements.

Dans l'horizon 10-25 les évolutions se différencient de celles observées dans l'horizon 0-10 par :

- une remontée entre le premier et le second prélèvement pouvant être la conséquence de l'inversion d'horizon liée au labour,
- une diminution générale sur l'ensemble des traitements après le 22.7.1969.

23312. Importance relative du calcium dans le complexe.

L'évolution des paramètres caractérisant l'état du calcium dans le complexe est illustrée par les figures 35 et 35 bis.

Globalement, le taux de saturation en calcium du complexe (Ca/CEC) traduit une évolution analogue à celle des teneurs. Initialement voisin de 50% en surface il tombe à 35% en fin d'expérimentation sous les traitements "non fertilisés" et "parcelles nues" alors qu'il reste constant sous les traitements "plantes fertilisées".

23313. Evolution des stocks. (tableau 28)

Calculés pour l'horizon 0-25, ces stocks évoluent jusqu'à la fin de 1969, de façon indépendante des traitements. Les variations observées marquent :

- une accumulation importante en fin de saison sèche,
- une disparition toute aussi importante en saison des pluies.

Elles atteignent 600 kg/ha en neuf mois entre le 24.7.1968 et le 22.7.1969.

A partir de 1970, un effet traitement se manifeste qui différencie :

- les traitements "plantes fertilisées" qui voient leur stock s'accroître,
- les traitements "plantes non fertilisées" qui restent stables à un niveau voisin du niveau initial,
- les traitements parcelles nues pour lesquelles le stock diminue.

23314. Les bilans en calcium. (Fig. 36, Tableau 29).

Deux périodes sont à distinguer :

- jusqu'au 22.4.1969, l'évolution indépendante des traitements indique compte non tenu des variations liées aux époques de prélèvements une entrée en calcium dans le système de 600 kg/ha en moyenne pour l'ensemble des traitements.

• si, en ce qui concerne les traitements plantes, il est possible d'invoquer pour expliquer ces entrées des remontées par l'intermédiaire du système racinaire, d'autres hypothèses sont à chercher en ce qui concerne le comportement des parcelles nues.

- Après le 22.4.1969 on distingue trois types d'évolution selon les traitements :

+ en ce qui concerne les traitements plantes non fertilisées, le bilan se stabilise à un niveau moyen de l'ordre de 350 kg/ha, l'état d'équilibre étant atteint deux ans après l'implantation des cultures,

+ en ce qui concerne les traitements plantes fertilisées, le bilan se stabilise au voisinage de 0.

+ quant aux traitement-parcelles nues, il décroît avec le temps, les pertes correspondant approximativement aux apports.

2332. Cas du magnésium.

23321. Teneurs.

On retrouve dans l'évolution de l'ensemble des paramètres caractérisant l'état du magnésium deux périodes (fig. 37 à 38 bis).

- En première année, l'évolution identique pour tous les traitements se traduit par une chute de près de moitié en ce qui concerne les teneurs qui en surface passent en moyenne de 1 à 0,5 me et le taux de saturation du complexe diminuant de 5%.

- En deuxième et troisième années, les traitements se différencient les uns par rapport aux autres et l'on note en surface une remontée de l'ensemble des caractéristiques alors que dans l'horizon 10-25 il y a stabilisation au niveau bas atteint en fin de la première période.

23322. Evolution des stocks - Bilans. (fig. 39, Tableau 30)

En première année, on note une chute moyenne des stocks pour l'ensemble des traitements de l'ordre de 100 kg/ha. Ensuite, dans le cas des traitements cultivés, qu'ils soient fertilisés ou non, il y a remontée et après dix huit mois environ stabilisation à un niveau voisin du niveau initial.

Dans le cas des parcelles nues, il y a stabilisation au niveau atteint en fin de première année.

On distingue en ce qui concerne les bilans trois périodes dont les deux premières sont peu dépendantes des traitements culturaux appliqués en ce qui concerne le sens des évolutions et se caractérisent par :

- pour la période située entre l'implantation des cultures et le second prélèvement, une perte moyenne de l'ordre de 40 kg/ha jusqu'à 25 cm de profondeur,

- ensuite, se manifeste une remontée équivalente.

La troisième période, commençant le 22.4.69 voit se différencier les traitements :

- pour les traitements non fertilisés le bilan augmente progressivement pour atteindre un état d'équilibre correspondant à un gain moyen de l'ordre de 40 kg/ha en fin d'expérimentation,

- pour les traitements fertilisés, il décroît d'autant plus que la balance est excédentaire. Les pertes sont de l'ordre de 30 à 40% quand il y a une couverture et de 100% sous parcelles nues.

2333. Cas du potassium.

23331. Les teneurs (fig. 40 et 40 bis)

Les évolutions observées présentent une forte analogie avec celles remarquées pour le magnésium.

Excepté le cas des parcelles nues, les teneurs en première année diminuent pour tous les traitements sur l'ensemble du profil. Ultérieurement les traitements se différencient et l'on note deux effets :

- Un effet fertilisation.

Alors que les traitements non fertilisés stagnent au niveau bas atteint en fin de première année (de l'ordre de 0,1 me), les traitements fertilisés voient leur teneur en potassium échangeable augmenter régulièrement au cours du temps.

- Un effet plante.

Cette augmentation est plus importante sous légumineuses que sous graminées et surtout, plus rapide. En effet, l'augmentation de fertilisation en 1969 a pour conséquence une recharge brutale du complexe qui ensuite se stabilise à un niveau voisin de 0,4 me/100 g en surface.

Les parcelles nues ont une évolution semblable à celle des traitements légumineuses fertilisées.

23332. Importance relative du potassium (fig. 41 et 41 bis)

Initialement, le potassium, dans les 25 premiers centimètres, sature entre 3 et 4% de la capacité d'échange.

En l'absence d'apports d'engrais, ce taux tombe à 1% et se maintient à ce niveau.

Les apports, largement excédentaires à partir de 1969 le font monter à un niveau voisin de 7% en surface sous légumineuses, sous graminées, il ne dépasse pas 4%.

23333. Evolution des stocks - Balance en potassium.

Dans le tableau 31 figure l'évolution des stocks dans le profil 0-45 cm les traitements pour lesquels la balance (apports - exportations) est voisine ont été regroupés.

Avant 1969 le stock diminue pour l'ensemble des traitements. Cependant, il n'y a pas de liaison directe entre ces variations et la balance, chaque groupe de traitements ayant un comportement qui lui est propre. Cependant, en prenant en compte les variations de stock du sol et la balance, 3 groupes de traitements se distinguent :

- les parcelles nues qui malgré une balance positive voient leur stock diminuer,

- les légumineuses fertilisées ou non, pour lesquelles la variation de stock est voisine de la balance,

- les graminées pour lesquelles le stock diminue deux fois moins vite que la balance.

Après 1969,

- quand les apports deviennent excédentaires, le stock du sol augmente :

· moins que proportionnellement dans le cas des parcelles nues et des légumineuses fertilisées,

. proportionnellement dans le cas de *Brachiaria* et *Cynodon* fertilisés,

. plus que proportionnellement dans le cas de *Panicum*, *Setaria* et *Tripsacum*.

- quand la balance est négative, le stock baisse beaucoup moins vite qu'elle.

23334. Bilan en potassium (tableau 32 - fig. 42)

La figure 42 illustre son évolution dans le temps pour l'horizon 0-25 les valeurs observées en fin de chaque saison sèche sont reprises dans le tableau ou l'on compare les profils 0-25, 0-45 et en dernière année 0-85. Cette évolution, est essentiellement liée à la balance entre apports et exportations.

Quand la balance est positive, les bilans sont négatifs. Les pertes sont d'autant plus importantes que les apports sont excédentaires.

En 1971, dans le profil 0-85, elles correspondent à la totalité des engrais apportés en sus.

Quand la balance est négative, les bilans sont positifs, d'autant plus fortement que les exportations sont excédentaires.

Ces valeurs positives des bilans attestent l'existence :

- "de remontées" dans le profil par le biais de restitution, de potassium puisé en profondeur,

- de libération d'une partie du potassium total sous forme échangeable.

En ce qui concerne les traitements parcelles nues et légumineuses fertilisées, les bilans négatifs, restent constants quelque soit le profil pris en compte.

Pour ce qui est des autres traitements, on notera que les gains sont pratiquement acquis dès 1969, c'est à dire après les dix huit premiers mois de prairies.

2334. Les équilibres ioniques.

23341. Importance relative des différentes cations dans la somme des bases (fig. 43 à 45 bis).

En ce qui concerne le calcium (fig. 43 et 43-bis) il y a lors des 18 premiers mois, et quelque soit le traitement, une augmentation du rapport Ca/SB qui en moyenne passe de 70% à 85%. Ultérieurement on note :

- pour les traitements fertilisés, une diminution progressive de ce rapport, diminution plus importante sous parcelles nues que sous parcelles cultivées, et plus rapide sous légumineuses que sous graminées,

- pour les traitements non fertilisés, le rapport Ca/SB marque en surface une légère diminution, alors qu'en profondeur il ne varie plus.

Pour ce qui est du potassium (fig. 45 et 45 bis), les variations observées du rapport K/SB sont synchrones de celles observées sur le rapport Ca/SB, mais de sens opposé.

Il y a d'abord, dans tout le profil et pour l'ensemble des traitements une diminution moyenne de l'ordre de 60% (le rapport K/SB passe de 6% au 15.9.67 à 2% au 22.4.69).

Ensuite, ce taux plafonne au niveau bas dans le cas des traitements non fertilisés alors qu'il remonte plus ou moins rapidement dans le cas des traitements fertilisés.

Quand au magnésium fig. 44 et 44 bis, son importance relative dans la somme des bases évolue de façon analogue à celle du potassium soit :

- d'abord une diminution du rapport Mg/SB qui en moyenne passe de 23% au 15.9.67 à 18% au 22.4.69,
- ensuite, en surface et dans le cas des traitements fertilisés il y a une remontée qui permet de retrouver le niveau initial.

23342. Les équilibres (fig. 46 à 47 bis)

Les rapports Ca/K et bivalents/monovalents montrent des évolutions identiques excepté lors des deux derniers prélèvements, et permettent de différencier les traitements.

- Dans les parcelles nues, ces rapports restent stables autour d'une valeur moyenne de 10 constante sur l'ensemble du profil.

- Sous légumineuses fertilisées, le comportement est voisin avec toutefois une tendance à marquer une augmentation les 18 premiers mois et ensuite une diminution.

- Cette tendance s'affirme et s'amplifie sur les autres traitements, principalement sous graminées non fertilisées ou l'on note toutefois dans les horizons de surface d'importantes fluctuations : points bas en saison sèche et point haut en saison des pluies.

23343. Conclusion sur les équilibres ioniques.

Les évolutions constatées peuvent s'expliquer par les rapports entre la consommation par les plantes, les disponibilités dans le sol et les apports d'engrais.

Il y a en première année, une consommation proportionnellement plus importante de potassium que de calcium. Cette consommation par les plantes est pour le potassium du même ordre de grandeur que le stock du sol alors que pour le calcium elle ne représente qu'à peine 10% des disponibilités.

Après la première année, les apports massifs d'engrais dont l'équilibre monovalents/bivalents voisin de 1 est 10 fois supérieur à celui du sol, inversent l'évolution initiale. Il se produit alors une recharge relative du complexe en potassium.

234. Evolution des anions essentiels.2341. Cas de l'azote total.23411. Evolution des teneurs (fig. 48 et 48 bis)

Les variations de teneurs présentent dans les deux premiers horizons d'importantes fluctuations.

Celles observées entre les deux premiers prélèvements sont probablement dues au labour, l'augmentation du 26.3.68 observée dans 10-25 provenant de l'enfouissement de l'horizon de surface.

Ensuite l'évolution ne permet pas de différencier les traitements.

On note, en moyenne sur le profil 0-25 cm

- une chute du taux d'azote total qui passe de 1‰ initialement à 0,80‰ au 24/7,

- une remontée qui permet de retrouver le niveau initial du 22.4

- ensuite, il y a stabilisation pour les traitements couverts et diminution progressive sous parcelle nue.

Cependant, ces évolutions traduisent peut être l'existence de deux tendances liées à des phénomènes qui peuvent se superposer :

- une tendance évolutive générale qui différencie plus ou moins les traitements et qui se traduit donc :

- . d'abord par une chute importante du taux d'azote total qui se manifeste au moins jusqu'au 24.7 ou elle est en moyenne de l'ordre de 25%,

- . ensuite une par remontée qui fait tendre vers un état d'équilibre, le niveau se stabilisent pour le profil 0-25 à un niveau voisin du niveau initial. Ceci étant plus net dans les parcelles de l'essai B. Ce niveau est semble-t-il atteint plus rapidement sous graminées que sous légumineuses pour lesquelles la remontée semble plus progressive.

En ce qui concerne les parcelles nues, la décroissance se poursuit durant toute la durée de l'essai, compte non tenu des variations liées aux époques de prélèvement.

- une série de fluctuations périodiques d'amplitude variable liées aux époques de prélèvement et qui indiquent :

- . une phase d'accumulation en saison sèche (22.4.69, 8.4.70, 3.3.71),

- . une phase de disparition (26.11.69, 5.12.70) correspondant à la saison pluvieuse.

23412. Evolution des stocks - Balance en azote (tableau 33).

Ces évolutions se retrouvent au niveau des stocks et l'on notera qu'une grande part des fluctuations observées est liée à l'époque de prélèvement. En particulier, les prélèvements de saison sèche donnent des stocks systématiquement supérieurs ceci étant particulièrement net dans le cas des plantes fauchées lentement (essai A).

Compte non tenu des variations cycliques, le stock augmente progressivement pour atteindre plus ou moins rapidement au niveau d'équilibre plus ou moins bien marqué selon les plantes.

Dans le cas de l'essai B tant pour les traitements fertilisés que pas, cette augmentation est rapide pour *Panicum* et permet d'atteindre après deux ans un niveau moyen supérieur d'environ 25% au stock initial niveau restant ultérieurement stable.

Pour *Cynodon* et les légumineuses, l'augmentation est plus progressive et ne permet de retrouver le niveau initial qu'en dernière année d'expérimentation. Ces évolutions pour ces mêmes plantes sont moins marquées dans le cadre de l'essai A surtout en ce qui concerne les légumineuses.

Quant à la parcelle nue, elle voit son stock diminuer continuellement. Il n'est plus que 70 à 75% du stock initial en dernière année.

Si l'on considère, pour l'ensemble des traitements, les variations de stock au cours du temps dans les 25 ou 45 premiers cm avec la balance en azote, c'est à dire la différence entre les apports et les exportations, on constate une tendance à la diminution due au stock parallèlement à l'augmentation de la balance sans toutefois que la liaison soit très étroite. On peut cependant penser que l'excès d'azote minéral est utilisé pour la minéralisation de l'azote organique accumulé, les produits formés, labiles, étant en partie perdu par lixiviation.

23413. Bilans en azote total.

Les bilans cumulés figurent au tableau 34.

Tous les traitements jusqu'au dernier prélèvement de 1968 marquent la même évolution, l'effet des traitements principaux ne se manifestant que par une amplitude plus ou moins importante dans les variations observées.

Celles-ci se traduisent :

- d'abord par une augmentation du bilan qui de nul devient positif pour l'ensemble des traitements les gains sont de 150 kg sous parcelles nues et voisins de 500 kg/ha sous cultures. Ils peuvent être dans ce cas attribués à une accumulation de matière végétale durant la saison sèche de 1967. Toutefois, le fait d'observer le même phénomène, bien que moins intense, sous parcelles nues fixe les limites de la méthode quant à sa précision. L'accumulation observée dans ce cas ne représente que 5% du stock.

- ensuite on note une chute brutale, d'autant plus importante que la balance est positive.

A partir de 1969, les traitements se différencient nettement :

- . dans le cas des parcelles nues le bilan, fortement négatif décroît continuellement les pertes étant supérieures aux apports. Il est donc probable que ces apports contribuent à accélérer la minéralisation de la matière organique.

- . dans le cas des légumineuses, le bilan est fortement positif et traduit des gains moyens de l'ordre de 300 kg/ha et par an.

En ce qui concerne les graminées, le bilan est essentiellement lié à la fertilisation :

- sans apports d'engrais, il est dans le profil 0-25 positif et atteint après deux ans un palier correspondant à 600 kg/ha. Après cette date il n'augmente pratiquement plus. L'équilibre entre les entrées dans les système (restitutions) et les sorties est alors réalisé. Toutefois, si l'on considère les profils successifs, on constate que le bilan diminue avec la profondeur, le niveau de neutralité devant se trouver à 75 cm.

- avec apports d'engrais, les bilans sont négatifs, les pertes augmentant avec le temps. Elles représentent après trois ans 1300 kg/ha dans le profil 0-85 cm, soit en moyenne 75% des apports. Ces pertes, comme le montre la figure 39 ou l'on a représenté le bilan en fonction de l'excédent hydrique cumulé, sont essentiellement dues à la lixiviation.

On observe en effet, des pertes moyennes de l'ordre de 3 kg/ha et par millimètre d'eau excédentaire. Toutefois, ces mêmes courbes montrent également, des chutes du bilan en période de déficit hydrique. Les pertes de l'ordre de 150 kg/ha peuvent être d'origine gazeuse.

2342. Cas du phosphore.

23421. Evolution des teneurs (tableaux 35 et 35 bis)

Compte tenu de la faiblesse des teneurs en phosphore assimilable et de l'importance relative des fluctuations observées, seules se dégagent des évolutions générales qui ne sont sensibles que dans l'horizon de surface. Elles se traduisent par :

- une diminution de l'ordre de 20% en moyenne quand aucun apport n'est effectué (1 prélèvement),
- une augmentation quand on fertilise qui semble plus importante sous graminées que sous légumineuses.

Quand au phosphore total, quels que soient les traitements, il a en fin d'expérimentation marquée une augmentation de l'ordre de 15% en surface.

23422. Evolution des stocks (tableau 36)

Jusqu'en 1969, on observe pour le phosphore assimilable une évolution indépendante de la fertilisation et qui se traduit :

- chez les graminées, et les parcelles nues par une remontée entre les deux premiers prélèvements, puis par l'amorce d'une chute,
- chez les légumineuses, par une chute entre les deux premiers prélèvements, puis par l'amorce d'une remontée.

Après 1969, l'évolution permet de différencier outre l'opposition graminées légumineuses, les traitements fertilisation.

- En ce qui concerne les traitements non fertilisés il y a diminution progressive chez les graminées, le niveau se stabilisant à un niveau voisin ou légèrement inférieur au niveau initial. Chez les légumineuses, après une remontée en deuxième année de culture, on observe une chute brutale en troisième année, le stock n'étant plus alors qu'à la moitié de sa valeur initiale.

- En ce qui concerne les traitements fertilisés, les stocks se maintiennent à un niveau constant sous légumineuses, alors que sous graminées ils augmentent. Ils doublent sous *Panicum* et *Cynodon*, triple sous *Tripsacum*, *Brachiaria* et *Pennisetum*.

Quand au phosphore total, les stocks, exceptés sous parcelles nues, augmentent toujours dans une proportion moyenne de l'ordre de 10% sous les traitements plantes fertilisées, et de 40% sous les traitements non fertilisés.

Il est donc probable qu'une partie du phosphore utilisée par les plantes se trouve bloqué sous forme de phosphore organique dans la matière organique du sol provenant des restitutions.

23423. Les bilans en phosphore.

Ils sont illustrés par le tableau 37 et sur les figures 49 et 49 bis, ou outre l'évolution des stocks réels est également représenté l'évolution théorique des stocks telle que peuvent la laisser prévoir les exportations et immobilisation par les plantes, et les apports d'engrais.

L'écart entre courbes réelles et théoriques représente le bilan.

Dans le cas des traitements non fertilisés, les bilans en ce qui concerne le phosphore Olsen, sont positifs, l'excédent représentant après trois ans environ 70 kg/ha sous graminées et 40 kg/ha sous légumineuses dans l'horizon 0-25 cm.

Dans le cas des traitements fertilisés, les bilans, après trois ans, sont négatifs, d'autant plus que la balance est positive.

Pour ce qui est du phosphore total, les bilans par contre sont positifs sous tous les traitements plantes.

Dans le cas des traitements fertilisés les gains en phosphore total, du même ordre de grandeur que les pertes en phosphore assimilable incite à envisager l'hypothèse d'une rétrogradation des apports excédentaires.

III. ANALYSE DES TESTS D'HOMOGENEITE FINALE.

Les cultures de maïs, destinées à tester l'hétérogénéité du milieu sol induite par les cultures fourragères précédentes, ont été conduites dans des conditions très semblables à celles ayant prévalu sur la station de Bouaké.

Les informations de base, figurant dans un précédent document^{*}, ne sont donc pas reprises.

31. Conditions culturelles.

311. Calendriers culturaux.

Les dates et durées des différents cycles réalisés sont mentionnés au tableau 37. La pré-culture et les deux premières post-cultures ont été conduites à leur terme dans des conditions normales de maturation. La troisième post-culture a dû être récoltée prématurément en raison de gros dégâts occasionnés par une tornade : les grains étaient alors au stade pâteux.

312. Conditions climatiques.

Le tableau 38 relatif à deux caractéristiques climatiques des différentes cultures de maïs montre que pour l'ensemble de ces cultures et pour les périodes chronologiques de 30 jours considérés il n'y a jamais eu déficit hydrique de pluviosité par rapport à l'ETP mesurée selon la formule de TURC.

Il convient toutefois de remarquer quelques forts excédents hydriques tout particulièrement au cours des trente premiers jours de la deuxième post-culture. Coïncidant avec un semis très mal réalisé dont les conséquences en seront fâcheuses.

Par ailleurs le régime d'ETP est variable d'une culture à l'autre, des différences de l'ordre de un mm par jour peuvent être constatées ; en tout état de cause c'est la culture de premier cycle réalisée précocement à partir de mars qui se trouve placée dans les conditions climatiques les plus favorables.

313. Techniques culturelles.

D'une manière générale ce sont celles qui ont été réalisées à Bouaké avec quelques variantes mineures.

Ainsi la reprise du terrain après la phase fourragère a été faite par deux passages successifs et à profondeur croissante de rotavator suivis d'un labour à la charrue à soc. Le lit de semence a été réalisé au cover-crop.

Les différents semis ont été manuels pour la pré-culture, mécanique au semoir mono-graine Nodet à disques horizontaux pour la première et la deuxième post-culture, manuel pour la troisième. Les incidences de l'utilisation de ces diverses techniques sont analysées ci-dessous.

Les opérations successives d'entretien, de fertilisation et de protection des cultures contre les ravageurs se sont déroulées conformément au protocole dans d'excellentes conditions.

* TALINEAU (J.C.), HAINNAUX (G.) - 1974 - Analyse préliminaire succincte des résultats des tests d'homogénéité initiale et finale sur la station de Bouaké. ORSTOM, multigr., 14 p., 11 tabl., 4 fig.

La réalisation et la variabilité du peuplement pied sont étroitement dépendantes de la technique utilisée au moment du semis. Les résultats obtenus pour chacune des post-cultures figurent au tableau 39. Ainsi le semis mécanisé de la première post-culture conduit à une certaine hétérogénéité du peuplement en raison d'un mauvais calibrage des semences dû à la variabilité de la taille des graines du maïs CJB. Cette hétérogénéité est restreinte dans le cas de l'essai A ce qui semble prouver que le niveau de richesse chimique du sol - plus faible sur l'essai B en raison du traitement sans engrais - influe sur la régularité de la levée, peut-être en atténuant les effets de la compétition.

Dans le cas de la deuxième post-culture cette variabilité est encore plus forte et elle s'accompagne d'une réduction sensible du nombre de pieds à l'hectare. Le semis, mal contrôlé, a été réalisé très superficiellement ce qui a entraîné une levée irrégulière aggravée par de fortes précipitations conduisant probablement à un déchaussement des plants de maïs. On retrouve là encore les comportements différentiels relatifs aux essais A et B.

La troisième post-culture a été réalisée manuellement dans de bonnes conditions : il s'en suit une variabilité du peuplement extrêmement faible.

32. Analyse des post-cultures de maïs.

321. Comportement des cultures en cours de croissance végétative.

Il a été apprécié à l'aide d'une part de mesures qualitatives portant sur l'estimation d'un état végétatif global pour une parcelle notée de 0 à 5, d'autre part de mesures quantitatives de hauteurs des plants, soit totale, soit relative au niveau de la dernière ligule apparue.

Les résultats des relevés de notation entre 20 et 80 jours après le semis selon les post-cultures apparaissent en figure 50. Les évolutions des mesures de hauteur sont reportées en figure 51.

3211. Résultats des mesures de notation de l'aspect végétatif.

La comparaison des arrières-effets dans le cas de l'essai A a été réduite à l'opposition des trois principaux traitements caractérisant la phase fourragère : les graminées, les légumineuses et la parcelle nue.

Dans le cas de la première post-culture la distinction entre ces traitements est déjà nette dès le 28ème jour. L'évolution au cours du temps montre une atténuation des différences apparues dans le jeune âge. Cela témoigne des possibilités de "rattrapage" d'un mauvais état végétatif qu'offrent la culture du maïs ; l'écart entre les notations se réduit ainsi sensiblement avec l'âge de la culture. La fertilisation apportée sur maïs n'introduit guère de différence dans l'état végétatif.

Les notations pratiquées sur la deuxième post-culture ont été effectuées pendant un temps très court allant du 21ème au 58ème jour de la culture. La discontinuité observée entre les relevés est due à un changement de notation pour chaque relevé et à une part de subjectivité non négligeable dans la notation qui s'explique par la forte hétérogénéité du couvert. Le classement des traitements reste cependant le même que précédemment mais une information supplémentaire apparaît dans le fait que la fertilisation sur maïs conduit à un meilleur développement végétatif.

Les résultats relatifs à la troisième post-culture confirment cette tendance tout en accusant, de manière probablement exagérée, la mauvaise croissance végétative après le traitement parcelle nue.

Dans le cas de l'essai B la ségrégation des principaux traitements concernant la phase fourragère est relativement nette et s'accroît au cours du temps. Ont été retenus les comportements dépendants de l'espèce fourragère et de la fertilisation appliquée.

Systématiquement l'absence de fertilisation sur les fourrages entraîne un mauvais développement végétatif de la culture du maïs. Cet effet dépressif est en partie compensé, dès la première post-culture par l'apport d'engrais sur maïs. Ce dernier traitement conduit à des écarts sensibles dans l'état végétatif de la deuxième post-culture pour les deux groupes de précédent fourragère fertilisé et non. Le cas de la troisième post-culture est plus complexe : l'arrière-effet de la fertilisation sur fourrage est encore net mais se limite au cas où la culture de maïs ne reçoit pas d'engrais.

La distinction d'un comportement dépendant de l'espèce fourragère n'apparaît pratiquement pas.

3212. Résultats des mesures de hauteur.

La mesure de hauteur maximale des plants, une fois les feuilles relevées à la verticale, n'a pu être poursuivie au-delà du 42^{ème} jour de la première post-culture. Elle n'a donc guère permis la différenciation des traitements dans le cas des deux essais mais leur classement est cependant conforme à celui obtenu à l'aide des notations.

Plus importantes sont les différences mises en évidence sur les deuxième et troisième post-cultures grâce aux mesures de hauteur à laquelle apparaît la ligule de la deuxième feuille émise et qui ont pu se poursuivre plus longtemps. On remarquera le retard de croissance d'environ 8 jours qui s'est produit sur la deuxième post-culture et consécutif aux mauvaises conditions de semis. Ce retard s'accompagne d'une diminution sensible de la hauteur des plants tout particulièrement dans le cas de l'essai B pour les traitements les plus traumatisants correspondant aux précédents fourragères non fertilisés.

L'influence des principaux traitements de l'essai A se fait sentir dans d'étroites limites ; il en est de même de l'apport supplémentaire d'engrais sur la culture de maïs qui conduit cependant systématiquement à des plants de plus grande taille.

La distinction des traitements testés dans l'essai B porte essentiellement sur la fertilisation dont l'absence réduit la taille des plants de maïs.

322. Analyse au moment de la récolte.

La principale détermination porte sur le rendement assimilé à un poids de grains secs mesuré sur des parcelles utiles de 30 m². D'autres composantes de ce rendement ont été mesurées : il s'agit du nombre de pieds par unité de surface, du nombre d'épis par pied et du poids de 1000 grains. Le nombre de grains par épi a pu en être déduit.

Les résultats des analyses statistiques pratiquées sur ces caractéristiques sont interprétés selon deux objectifs :

- d'une part tester la signification des arrière-effets des traitements mis en comparaison au cours de la phase fourragère sur les cultures de maïs successives,
- d'autre part établir les liaisons entre les diverses composantes afin de proposer des explications précises pour l'élaboration du rendement.

3221. Etude des arrières-effets.

Les analyses statistiques ont été effectuées distinctement sur les cultures de maïs sans engrais et mentionnées 0 et sur les cultures avec engrais dénommées f.

Les résultats pour l'essai A figurent aux tableaux 40 et 40bis. Les effets principaux des traitements "plantes" puis "bloc" ont été testés ainsi que toute une série de huit contrastes permettant d'opposer quelques traitements regroupés et individuels.

Quant à l'essai B dont les résultats apparaissent aux tableaux 41 et 41 bis, il permet de tester cinq effets principaux - famille : graminée (G) contre légumineuse (L), le port de la plante : plutôt dressé (D) pour *Panicum* et *Stylosanthes*, plutôt couché (C) pour *Cynodon* et *Centrosema*, le rythme d'exploitation des fourrages : lent (L) et rapide (R), la fertilisation : avec (F) et sans engrais (0), le bloc - six interactions de premier ordre et quatre interactions de deuxième ordre.

Seuls les effets significatifs ont été rapportés ; les seuils de signification adoptés sont le seuil du test F normal à 5% (*) et 1% (***) et, dans le cas de l'essai B les seuils corrigés par HARTLEY à 5% (****) et 1% (*****) qui tiennent compte du nombre de variances traitement comparées à la même variance résiduelle.

Les moyennes des interactions ont été comparées en utilisant le test de Newman et Keuls (N et K).

Concernant l'essai A il apparaît que les traitements principaux testés n'ont que peu d'effets résiduels sur les cultures suivantes de maïs. Ce n'est qu'à partir de la troisième post-culture réalisée sans engrais qu'apparaît un éventuel effet des couverts végétaux sur le poids de grains malheureusement non discriminé par le test N et K. Cet effet se manifeste également sur le nombre d'épis par pied, caractéristique influencée défavorablement par la conduite du sol nu et en couvert de *Tripsacum*.

Il subsiste un effet bloc assez fréquent sur divers paramètres illustrant la prépondérance de caractéristiques intrinsèques du sol peu modifiables par les traitements culturaux et déterminant dans une large mesure le niveau de rendement des cultures de maïs.

Quelques contrastes non significatifs ; les plus fréquents concernent l'opposition sol couvert - sol nu ainsi que graminée - légumineuse au détriment de ces dernières. Parmi les graminées le groupe *Panicum*, *Setaria* témoigne d'effets résiduels supérieurs à ceux du groupe *Pennisetum*, *Tripsacum*. Au sein de ce dernier groupe les arrières-effets décelés après *Pennisetum* sont supérieurs à ceux relatifs à *Tripsacum*. Un comportement analogue s'observe dans le cas de *Cynodon* vis-à-vis de *Brachiaria*.

Dans le cas de l'essai B l'effet principal dominant est sans conteste l'arrière effet fertilisation de la prairie : le facteur limitant le plus important est donc d'ordre nutritionnel.

Cet effet est encore décelable sur la troisième post-culture semée dans de mauvaises conditions. Enfin cette action s'exerce également sur le poids de 1000 grains.

L'effet bloc est encore assez fréquent en particulier dans les conditions d'hétérogénéité de la deuxième post-culture et dans le cas de la troisième quand les effets résiduels s'estompent.

Au niveau des interactions, l'interaction de premier ordre famille - rythme met en valeur l'influence du rythme d'exploitation des fourrages : il semble préférable d'exploiter lentement les légumineuses et rapidement les graminées. L'interaction de second ordre famille - rythme - fertilisation joue sur la première post-culture et vient

confirmer la précédente. Elle rappelle l'effet principal bénéfique de la fertilisation et, si l'on ne pratique pas cette dernière, l'effet dépressif de l'exploitation rapide des légumineuses et lente des graminées.

3222. Liaisons entre les composantes du rendement.

Cette étude porte sur les seules données relatives à l'essai B qui offrent l'avantage de fournir un champ de variabilité plus vaste que celles de l'essai A.

Les corrélations ont été établies sur les résidus de l'ajustement des données au modèle linéaire d'analyse de variance. Tout effet des traitements testés sur ces corrélations est donc éliminé.

Le rendement est considéré comme la résultante de la combinaison d'un certain nombre de composantes telles que :

$$\text{Rend. (g/m}^2\text{)} = \text{Nombre de pieds/m}^2 \times \text{Nombre d'épis/pied} \times \text{Nombre de grains/épis} \times \text{Poids d'un grain en g.}$$

Les tableaux de contingence entre ces diverses composantes ont été réalisés pour les deux premières post-cultures qui diffèrent largement par le niveau de peuplement.

Dans le tableau 42 figurent les résultats relatifs à la première post-culture en conditions de fort peuplement supérieur à 50.000 pieds/ha. L'analyse du schéma d'élaboration du rendement n'est pas tout à fait la même selon que la culture est conduite avec ou sans engrais.

- En condition de non fertilisation le rendement est lié positivement au nombre de grains/épi lui-même dépendant du nombre d'épis/pied. Un fort antagonisme s'exerce entre cette dernière composante et le peuplement pied. Le peuplement épi joue en définitive peu et la compensation de la limitation du rendement par le nombre d'épis/pied doit être recherchée dans la possibilité d'obtenir de plus gros épis ayant plus de grains.

- En condition de fertilisation, en principe non limitante, le peuplement épis reprend toute son importance et est toujours déterminé par l'antagonisme entre peuplement pied et nombre d'épis/pied. L'obtention d'un meilleur rendement est liée à la diminution du peuplement pied & éventuellement à la recherche d'une variété présentant un nombre d'épis/pied plus élevé. Le nombre de grains par épis est encore très lié au rendement et l'antagonisme qui s'exerce au niveau du poids d'un grain n'a que peu d'influence.

Les données de la deuxième post-culture dont le peuplement est faible sont rassemblées au tableau 42bis. Le déterminisme du rendement est le même que la culture soit ou non fertilisée.

Le peuplement pied est le principal facteur limitant par défaut du rendement. Il n'a pas compensation au niveau du peuplement épis qui reste faible. De même il y a peu de compensation par le nombre de grains par épi bien moins lié au rendement que précédemment. Dans le cas de l'apport d'engrais il semble que l'on ait franchi le seuil d'un antagonisme élevé entre nombre de grains/épi et poids d'un grain ce qui peut expliquer l'intensité plus faible de la liaison entre le rendement et le nombre de grains/épis.

33. Quelques considérations sur l'évolution du sol après retournement de la sole fourragère.

Les principales caractéristiques de l'état physique et chimique du sol ont été mesurées deux fois après le retournement des cultures fourragères : après la première post-culture en juillet 1971 et après la troisième en juin 1972.

Les prélèvements ont porté sur les deux horizons de surface mais pour éviter l'influence des labours successifs sur la superposition des horizons il a été jugé préférable d'interpréter les résultats analytiques à partir de la moyenne calculée sur le profil 0-25 cm.

L'ensemble des évolutions pour les deux types d'essai et les principaux traitements testés sont rassemblées dans les figures 52, 53 et 54.

D'une manière générale il ne faut pas chercher à rapprocher l'influence de précédents, apparemment comparables, sur les deux types d'essai. Dans le cas des graminées il s'agit, pour l'essai A, d'une moyenne relative à huit espèces et deux seulement sur l'essai B. Pour les légumineuses les espèces étudiées sont identiques pour les deux essais et, au rythme d'exploitation près, soumises au même traitement quand elles sont fertilisées. Néanmoins il est fréquent d'observer un discordance dans l'incidence de ces précédents sur l'évolution du sol ; cela laisse présager une large influence de caractères transcendants propres à chacun des deux essais s'exprimant en particulier en fin de sole fourragère par le niveau atteint par les différents paramètres mesurés.

331. Evolution de la matière organique.

Le stock de matière organique totale reste relativement stable pendant les 15 mois suivant la remise en culture à l'exception, dans le cas de l'essai A, du précédent légumineuse suivi de la culture de maïs sans engrais, situation dans laquelle une diminution sensible de ce stock s'observe.

L'apport d'engrais sur les post-cultures suivant le précédent légumineuse de l'essai B conduit à une légère diminution de la quantité de matière organique totale.

La quantité d'azote total, dont une part probablement non négligeable est constituée d'azote organique, présente des fluctuations d'assez forte amplitude. Certains comportements, tel celui relatif au traitement parcelle nue de l'essai A et qui se traduit par des gains considérables d'azote, restent inexplicables et ne peuvent guère résulter que d'un mauvais échantillonnage.

D'une manière générale le stock d'azote total varie peu après le précédent graminée si les post-cultures sont conduites sans engrais alors que ce stock s'accroît si la fertilisation est pratiquée. Après légumineuses on assiste le plus souvent à une diminution de la quantité d'azote total très sévère en particulier dans le cas de l'essai A, beaucoup plus restreinte dans le cas de l'essai B puisque le stock est même en légère augmentation si les post-cultures ne reçoivent pas d'engrais.

Pour juger de l'évolution des divers constituants de la matière organique il a semblé judicieux, étant donné les différences sensibles d'ordre quantitatif entre les divers traitements, de les exprimer en pour cent du carbone total.

La remise en culture aurait plutôt tendance, dans un premier temps, à faire diminuer le taux de matière organique grossière mais cette évolution n'est que passagère puisqu'en fin de troisième post-culture cette fraction organique s'accroît sur l'ensemble des traitements à l'exception du précédent légumineuse fertilisée de l'essai B et suivi de post-cultures elles-mêmes fertilisées.

L'évolution du taux des acides fulviques et humiques se caractérise par une tendance à diminuer. Cette diminution est plus sensible, en ce qui concerne l'essai A, sous les post-cultures recevant des engrais tandis qu'un comportement inverse s'observe sur l'essai B où la chute est plus accentuée quand les post-cultures ne sont pas fertilisées.

La fraction inextractible de la matière organique assimilée à de l'humine varie peu, après la remise en culture. L'apport d'engrais sur les cultures de maïs dans le cas de l'essai A semble favoriser l'accroissement du taux de cette fraction. Le précédent légumineuse de l'essai B entraîne également une augmentation de la quantité d'humine dans la matière organique totale mais, contrairement à l'observation précédente l'apport d'engrais réduit ce gain.

L'équilibre entre acides fulviques et humiques varie assez peu dans les cas exceptionnels constatés surtout sur l'essai A. La tendance la plus fréquemment observée est un accroissement du taux d'acides fulviques par rapport au taux d'acides humiques.

332. Evolution de l'état physique du sol.

Cette évolution a été seulement testée à partir de la mesure du taux d'agrégats stables au benzène, une partie des résultats relatifs à l'essai B faisant actuellement défaut.

On observe une nette diminution de la stabilité notamment sur l'essai A. Cette chute qui est sensiblement de la même importance pour tous les traitements est très rapide et obtenue dès la fin de la première post-culture.

Cette diminution de stabilisation des agrégats est bien moindre dans le cas de l'essai B même si l'on tient compte du taux initial d'agrégats stables plus faible. La fertilisation des post-cultures suivant les légumineuses semble avoir une action dépressive sur cette stabilité.

333. Evolution de l'état chimique du sol.

Malgré d'assez fortes variations constatées aussitôt après la première post-culture il y a peu de modifications de l'acidité du sol dans le cas de l'essai A ; seul le précédent graminée entraîne une élévation du pH d'environ 0,35 unités.

Les fluctuations sont plus sensibles sur l'essai B où se distinguent surtout :

- une remontée du pH après graminées fertilisées mais seulement obtenue si les post-cultures ne sont pas fertilisées,

- un accroissement de l'acidité après légumineuses lié aux apports d'engrais sur les cultures de maïs.

Exception faite de quelques variations instantanées observées dans le cas de l'essai A la capacité d'échange en cations du sol fluctue assez peu par rapport à son niveau initial. On notera la différence induite par l'apport d'engrais sur les post-cultures suivant les légumineuses de l'essai A : ce comportement est comparable à celui déjà constaté à propos du stock de matière organique totale.

La somme des cations échangeables a plutôt tendance à diminuer avec la succession des post-cultures. L'apport d'engrais sur ces dernières freine cette chute sur l'essai A alors que pour un traitement précis de l'essai B - les graminées fertilisées - elle l'accélère.

L'évolution du taux de saturation du complexe échangeable suit assez fidèlement celle constatée à propos de la somme des bases. La tendance générale est donc à la diminution du taux de saturation en bases échangeables.

334. Tentative d'expression de bilans minéraux.

L'établissement du bilan permet de chiffrer l'écart entre un stock réel d'un élément minéral dans le sol et le stock théorique en cet élément auquel on pourrait s'attendre compte-tenu de l'état initial du sol, des apports d'engrais et des exportations pratiquées au moment des récoltes.

Effectués dans le cas de l'azote les calculs n'aboutissent à aucun résultat plausible et explicable en raison des erreurs commises sur l'estimation du stock d'azote du sol atteignant au moins 10% ce qui en moyenne fait varier ce stock de quantités environ quatre fois plus importantes que celles relatives aux immobilisations totales par les cultures.

En raison notamment d'une disproportion moins grande entre les quantités présentes dans le sol et les immobilisations par les plantes les résultats de bilans en potassium sont interprétables. Ils ont été établis pour l'ensemble des post-cultures de mars 1971 à juin 1972 et pour les deux dernières post-cultures de juin 1971 à juillet 1972. Les résultats figurent au tableau 43.

Considérés sur l'ensemble des trois post-cultures ces bilans sont le plus souvent négatifs et l'apport d'engrais sur maïs ne fait qu'accentuer cette tendance. Il faut toutefois distinguer le cas de l'essai A dans lequel les pertes sont élevées et sensiblement les mêmes pour tous les traitements, de l'essai B qui montre des bilans parfois proches de l'équilibre et des différences entre traitements.

Les fortes pertes observées sur l'essai A s'expliquent par les fortes quantités de potassium accumulées tout au long de la sole fourragère à la fois dans le sol et les résidus de cultures et mal utilisées par les cultures suivantes. Ces accumulations sont beaucoup moins élevées dans l'essai B en raison de l'existence d'un rythme d'exploitation plus sévère et probablement de moindres possibilités de stockage dans le sol. Il s'en suit des bilans positifs tout particulièrement dans le cas d'absence d'apport d'engrais à la fois sur les cultures précédentes et suivantes. Les différences engendrées par la pratique d'une fertilisation sur les post-cultures traduisent la mauvaise efficacité de cette dernière puisque les bilans se traduisent par un accroissement des pertes. Ainsi les apports de potassium, à raison de 89 kg/ha pour chaque post-culture, effectués après les précédents fourragers fertilisés de l'essai B peuvent être considérés comme non utilisés et entraînés hors de la couche de sol 0-25cm à raison de plus de 80%.

La comparaison des bilans précédents avec ceux relatifs aux deux dernières cultures de maïs révèle que le maximum de pertes se produit aussitôt le retournement de la sole fourragère au cours de la première culture suivante : c'est dans le cas des légumineuses fertilisées que cette évolution se traduit avec le plus d'intensité.

CONCLUSION

Pour s'en tenir aux résultats essentiels, concernant d'une part l'expression, au moyen de cultures successives de maïs, d'une variabilité dans l'état physique et chimique du sol à la fois indépendante et induite par quelques traitements fourragers, d'autre part l'évolution de ces états après retournement de la sole fourragère, on peut énoncer les conclusions suivantes.

- Les effets résiduels d'une sole fourragère sont liés au niveau de fertilisation à laquelle elle est soumise par rapport à celui des exportations. La pérennité de tels effets est importante et concerne au moins trois post-cultures de maïs.

- Cette variabilité induite par ce traitement cultural n'élimine pas complètement une hétérogénéité initiale du sol dont les effets se retrouvent par exemple dans les différences inter-blocs.

- Les diverses techniques culturales utilisées pour la réalisation des postcultures, en particulier celles déterminant le peuplement, influencent directement diverses composantes du rendement et partant l'extériorisation des arrières-effets. Il existe une interaction non négligeable entre les valeurs prises par ces composantes du rendement et la variabilité du milieu sol que l'on veut tester.

- S'agissant du maintien des états obtenus en fin de sole fourragère on peut dire que la plupart des grands équilibres atteints sont conservés en particulier en ce qui concerne la matière organique. Par contre la stabilité de l'état structural diminue fortement avec la remise en culture mais on est en droit de s'interroger sur son rôle exact sur la croissance des plantes et de le comparer à celui du labour qui accroît sensiblement la macroporosité du sol. La capacité du complexe absorbant se maintient mais son taux de saturation a tendance à diminuer tandis que l'acidité du sol croît quand les cultures-test sont conduites avec des engrais.

- Les nombreuses discordances entre les évolutions relatives aux deux types d'essai testés laissent à penser que les propriétés intrinsèques du matériau sol régissent bon nombre de ces évolutions et ne sont guère modifiables. Il importe de les détecter et d'essayer d'expliquer leur rôle.

- L'utilisation des éléments minéraux accumulés dans le sol et le résidu végétal de la sole fourragère par les cultures suivantes se fait avec un rendement extrêmement faible. Il semble que de sérieux progrès restent à accomplir dans l'amélioration des techniques culturales afin de mieux valoriser de tels enrichissements.

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE D'ADIOPODOUME

Laboratoire d'Agronomie

PROGRAMME D'ETUDE DES INTERACTIONS SOL-PLANTES
FOURRAGERES EN MILIEU TROPICAL HUMIDE

STATION DE GAGNOA - 23.2 - RESULTATS DE L'ETUDE D'EVOLUTION DU SOL.

par

J.-C. TALINEAU

G. HAINNAUX

avec la collaboration technique de E. BONNIN

ANNEXE : Tableaux et graphiques

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Grav.	Densité appar.	Grav.	Densité appar.	Grav.	Densité appare.	Grav.	Densité appar.
ESSAI A	Bloc 1	22.9	1.74	31.0	1.87	35.8	1.82	37.1	1.86
	Bloc 2	19.9	1.70	28.0	1.82	37.3	1.88	40.5	1.92
	Bloc 3	21.3	1.68	29.3	1.79	29.8	1.79	32.6	1.81
	Moy.	21.3	1.71	27.1	1.83	34.3	1.83	36.7	1.86
ESSAI B	Bloc 1	22.1	1.70	27.1	1.83	29.1	1.78	26.2	1.76
	Bloc 2	17.3	1.68	22.8	1.81	26.5	1.81	23.8	1.80
	Moy.	19.7	1.69	25.0	1.82	27.8	1.79	25.1	1.78
MOY. A et B		20.4	1.70	26.0	1.82	30.8	1.81	30.4	1.82

Tableau 1 : Etat initial - Taux de gravillons (%) et densité apparente.

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Argile	Limon	Argile	Limon	Argile	Limon	Argile	Limon
ESSAI A	Bloc 1	20.5	9.0	23.5	9.3	32.6	7.3	40.5	9.3
	Bloc 2	21.4	8.9	24.4	8.6	32.7	8.9	39.2	9.4
	Bloc 3	22.7	10.0	25.2	9.2	32.5	8.8	37.4	11.0
	Moy.	21.5	9.3	24.4	9.0	32.6	8.3	38.4	9.9
ESSAI B	Bloc 1	20.3	9.9	23.0	9.3	30.8	8.5	36.4	10.0
	Bloc 2	20.6	10.0	22.9	9.9	29.3	9.6	36.5	11.6
	Moy.	20.4	9.9	23.0	9.6	30.0	9.0	36.5	10.9
MOY. A et B		20.9	9.6	23.6	9.3	31.2	8.7	37.4	10.4

Tableau 2 : Etat initial - % Argile (0-2 μ) et limon (2-50 μ).

			0 - 10	10 - 25	25 - 45	45 - 65	65 - 85
Taux de gravillons (%)	ESSAI A	Moyenne	21.3	29.3	34.3	35.7	37.7
		Médiane	28.0	33.0	45.0	45.0	45.0
	ESSAI B	Moyenne	18.3	26.7	24.7	25.0	25.1
		Médiane	17.5	26.5	31.0	28.4	28.0
Réserve hydrique (mm)	ESSAI A	Moyenne	11.2	19.3	30.5	33.7	34.3
		Médiane	11.2	18.5	28.9	32.2	33.6
	ESSAI B	Moyenne	7.6	13.0	18.9	21.0	22.8
		Médiane	7.7	12.9	19.0	18.9	21.1

Tableau 1^{bis} : Exemple d'hétérogénéité inter-parcellaire.

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Sables fins	Sables gros.						
ESSAI A	Bloc 1	19.1	48.3	18.3	46.8	13.4	43.9	12.0	35.4
	Bloc 2	18.5	47.7	17.6	46.7	12.6	43.7	12.3	36.8
	Bloc 3	18.8	45.1	18.2	44.6	13.7	42.6	13.4	36.9
	Moy.	18.8	47.0	18.0	46.0	13.2	43.4	12.6	36.4
ESSAI B	Bloc 1	20.3	45.5	18.8	47.2	14.1	45.2	13.2	39.0
	Bloc 2	19.8	47.5	19.2	46.7	14.4	45.7	13.6	37.9
	Moy.	20.1	46.5	19.0	47.0	14.3	45.5	13.4	38.4
MOY. A et B		19.5	46.7	18.5	46.5	13.8	44.5	13.0	37.5

Tableau 3 : Etat initial - % sables fins (50-200 μ) et grossiers (200-2000 μ).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Carbone	Azote	Carbone	Azote	Carbone	Azote	Carbone	Azote
ESSAI A	Bloc 1	13.59	1.35	7.89	0.83	4.69	0.57	3.70	0.48
	Bloc 2	13.88	1.28	7.90	0.81	4.52	0.60	3.51	0.48
	Bloc 3	16.89	1.53	8.61	0.86	5.77	0.62	4.22	0.52
	Moy.	14.79	1.39	8.13	0.83	4.99	0.60	3.81	0.49
ESSAI B	Bloc 1	14.25	1.28	6.03	0.70	3.77	0.52	3.10	0.48
	Bloc 2	12.41	1.24	5.72	0.67	3.64	0.57	2.83	0.46
	Moy.	13.33	1.26	5.88	0.69	3.71	0.55	2.97	0.47
MOY. A et B		14.00	1.32	6.91	0.75	4.30	0.57	3.35	0.48

Tableau 4 : Etat initial - Carbone et azote total (%).

		0 - 10	10 - 25	25 - 45	45 - 65	65 - 85
Limons totaux Argile	Essai A	0.43	0.37	0.25	0.24	0.27
	Essai B	0.49	0.42	0.30	0.29	0.30
	Moyenne	0.46	0.40	0.28	0.27	0.29
Sable fin Sable grossier	Essai A	0.40	0.40	0.31	0.32	0.37
	Essai B	0.44	0.41	0.32	0.33	0.37
	Moyenne	0.42	0.40	0.31	0.33	0.37

Tableau 3^{bis} - Quelques rapports entre éléments texturaux

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Carbone	Azote	Carbone	Azote				
ESSAI A	Bloc 1	19.9	10.0	14.5	6.6				
	Bloc 2	18.8	11.2	13.6	6.4				
	Bloc 3	21.7	11.0	16.9	6.1				
	Moy.	20.1	10.7	15.0	6.4				
ESSAI B	Bloc 1	24.1	15.3	12.7	6.1				
	Bloc 2	23.6	12.6	15.6	7.0				
	Moy.	23.9	14.0	14.2	6.6				
MOY. A et B		22.2	12.5	14.6	6.5				

Tableau 5 : Etat initial - Taux de carbone et azote libre dans le carbone et azote total (%).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Terre totale	Fract. libre	Terre totale	Fract. libre	Terre totale		Terre totale	
ESSAI A	Bloc 1	10.1	23.7	9.5	21.8	8.2		7.7	
	Bloc 2	10.8	19.8	9.8	21.0	7.5		7.3	
	Bloc 3	11.0	21.4	10.0	27.8	9.3		8.1	
	Moy.	10.6	21.6	9.8	23.5	8.3		7.7	
ESSAI B	Bloc 1	11.1	17.7	8.6	18.5	7.3		6.5	
	Bloc 2	10.0	19.4	8.6	19.1	6.4		6.2	
	Moy.	10.6	18.6	8.6	18.8	6.9		6.4	
MOY. A et B		10.6	20.0	9.1	21.0	7.5		7.0	

Tableau 6 : Etat initial - C/N de la terre totale et de la fraction libre.

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		0 - 10		10 - 25	
Paramètres		MHT	Humine	MHT	Humine	AF/AH		AF/AH	
ESSAI A	Bloc 1	25.3	54.8	41.0	44.5	2.55		4.99	
	Bloc 2	29.1	52.1	40.5	45.9	2.84		5.92	
	Bloc 3	22.3	56.0	33.1	50.0	2.38		4.77	
	Moy.	25.6	54.3	38.2	46.8	2.59		5.23	
ESSAI B	Bloc 1	20.0	55.9	33.2	54.1	2.80		6.54	
	Bloc 2	25.5	50.9	35.7	48.7	2.71		5.50	
	Moy.	22.8	53.4	34.5	51.3	2.76		6.02	
MOY. A et B		24.1	53.8	36.2	49.2	2.07		5.07	

Tableau 7 : Etat initial - Matières humiques et humine en % du carbone total - Rapport AF/AH.

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		pH	TS	pH	TS	pH	TS	pH	TS
ESSAI A	Bloc 1	5.9	69.0	6.1	66.7	5.9	58.7	5.6	61.2
	Bloc 2	5.8	68.0	6.0	57.1	5.9	67.2	5.3	59.9
	Bloc 3	6.7	93.9	6.7	90.5	6.8	87.9	6.3	79.8
	Moy.	6.2	77.0	6.3	71.4	6.2	71.3	5.7	67.2
ESSAI B	Bloc 1	6.2	67.2	6.4	55.6	6.1	55.8	6.0	54.1
	Bloc 2	5.9	60.2	6.0	49.1	6.2	52.0	6.3	63.3
	Moy.	6.1	63.7	6.2	52.4	6.1	53.9	6.1	58.4
MOY. A et B		6.1	69.8	6.2	61.1	6.1	61.9	5.9	62.4

Tableau 8 : Etat initial - pH et taux de saturation (%).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		SB	CEC	SB	CEC	SB	CEC	SB	CEC
ESSAI A	Bloc 1	4.71	6.71	3.07	4.64	2.70	4.69	2.77	4.59
	Bloc 2	4.61	6.72	2.79	4.86	2.82	4.39	2.63	4.40
	Bloc 3	7.78	8.01	4.84	5.00	4.10	4.73	3.57	4.53
	Moy.	5.70	7.15	3.57	4.83	3.20	4.60	2.99	4.51
ESSAI B	Bloc 1	4.12	5.99	2.52	4.20	2.34	4.21	2.18	4.20
	Bloc 2	3.72	5.99	2.13	4.20	2.01	3.93	2.47	3.93
	Moy.	3.92	5.99	2.32	4.20	2.17	4.07	2.33	4.07
MOY. A et B		4.74	6.52	2.89	4.49	2.64	4.31	2.63	4.27

Tableau 9 : Etat initial - Somme des bases et capacité d'échange (mé/100g).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		BT	$\frac{BE}{BT}$	BT	$\frac{BE}{BT}$	BT	$\frac{BE}{BT}$		
ESSAI A	Bloc 1	10.00	47.1	7.95	38.6	8.65	31.2		
	Bloc 2	9.45	48.8	7.79	35.8	8.20	34.4		
	Bloc 3	14.57	53.4	10.50	46.1	10.00	41.0		
	Moy.	11.34	50.3	8.75	40.8	8.95	35.7		
ESSAI B	Bloc 1	10.84	38.0	9.37	26.9	9.75	24.0		
	Bloc 2	10.81	34.4	10.00	21.3	10.90	18.4		
	Moy.	10.83	36.2	9.69	24.0	10.33	21.0		
MOY. A et B		11.06	42.7	9.26	31.7	9.70	27.7		

Tableau 10 : Etat initial - Bases totales (mé/100g) et taux (%) de bases échangeables.

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		KE	KT	KE	KT	KE	KT	KE	
ESSAI A	Bloc 1	0.26	1.31	0.16	1.29	0.19	1.52	0.18	
	Bloc 2	0.33	1.22	0.14	1.14	0.22	1.46	0.19	
	Bloc 3	0.31	1.49	0.18	1.06	0.32	1.59	0.28	
	Moy.	0.30	1.33	0.16	1.16	0.24	1.53	0.22	
ESSAI B	Bloc 1	0.23	1.47	0.17	1.50	0.15	1.65	0.16	
	Bloc 2	0.18	1.73	0.12	1.80	0.10	2.06	0.11	
	Moy.	0.20	1.58	0.15	1.61	0.12	1.80	0.13	
MOY. A et B		0.25	1.47	0.15	1.40	0.17	1.68	0.17	

Tableau 11 : Etat initial - Potassium échangeable et total (mé/100g).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		K/CEC	K/SB	K/CEC	K/SB	K/CEC	K/SB	K/CEC	K/SB
ESSAI A	Bloc 1	4.0	5.4	3.4	5.9	4.1	7.5	3.8	9.4
	Bloc 2	5.0	7.5	2.9	5.3	5.3	8.1	4.3	8.1
	Bloc 3	3.7	3.9	4.8	4.8	7.6	8.8	6.2	8.8
	Moy.	4.2	5.6	3.7	5.3	5.7	8.1	4.8	8.8
ESSAI B	Bloc 1	3.7	5.5	3.7	6.7	3.5	6.2	3.7	7.1
	Bloc 2	3.0	4.8	2.9	5.8	2.6	5.0	2.7	4.3
	Moy.	3.4	5.2	3.3	6.2	3.0	5.6	3.2	5.7
MOY. A et B		3.8	5.4	3.5	5.8	4.2	6.7	3.9	7.1

Tableau 12 : Etat initial - Taux de potassium échangeable dans la capacité d'échange et la somme des bases (%).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		CaE	CaT	CaE	CaT	CaE	CaT	CaE	
ESSAI A	Bloc 1	3.25	4.35	2.05	2.62	1.66	1.97	1.58	
	Bloc 2	3.08	3.90	1.91	2.58	1.88	2.06	1.67	
	Bloc 3	5.55	7.92	3.11	4.39	2.69	2.98	2.21	
	Moy.	3.96	5.34	2.36	3.19	2.08	2.35	1.80	
ESSAI B	Bloc 1	2.95	4.21	1.78	2.59	1.68	2.35	1.39	
	Bloc 2	2.70	3.74	1.45	2.67	1.44	2.47	1.66	
	Moy.	2.83	3.98	1.62	2.64	1.56	2.40	1.53	
MOY. A et B		3.35	4.60	1.96	2.89	1.80	2.38	1.65	

Tableau 13 : Etat initial - Calcium échangeable et total (mé/100g).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Ca/CEC	Ca/SB	Ca/CEC	Ca/SB	Ca/CEC	Ca/SB	Ca/CEC	Ca/SB
ESSAI A	Bloc 1	47.4	67.8	44.7	66.1	36.0	61.1	34.5	56.6
	Bloc 2	45.3	66.0	45.6	67.3	44.3	66.0	37.9	63.5
	Bloc 3	68.9	71.1	62.2	64.4	57.9	65.5	48.7	62.3
	Moy.	53.9	68.3	50.8	65.9	46.1	64.2	40.4	60.8
ESSAI B	Bloc 1	48.4	71.6	39.0	70.6	39.9	71.8	38.1	63.7
	Bloc 2	45.1	72.6	34.5	68.1	36.6	70.2	42.2	67.2
	Moy.	46.8	72.1	36.8	69.4	38.3	71.0	40.2	65.5
MOY. A et B		50.0	70.4	43.2	67.8	41.9	67.9	40.3	63.3

Tableau 14 : Etat initial - Taux de calcium échangeable dans la capacité d'échange et la somme des bases (%).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		MgE	MgT	MgE	MgT	MgE	MgT	MgE	
ESSAI A	Bloc 1	1.08	3.23	0.78	3.38	0.75	4.27	0.82	
	Bloc 2	1.09	3.18	0.65	3.10	0.63	3.65	0.67	
	Bloc 3	1.61	3.89	1.09	3.73	0.96	4.39	0.98	
	Moy.	1.26	3.47	0.84	3.44	0.78	4.13	0.83	
ESSAI B	Bloc 1	0.84	3.08	0.50	3.13	0.45	3.78	0.56	
	Bloc 2	0.78	3.22	0.48	3.36	0.40	3.78	0.63	
	Moy.	0.81	3.15	0.49	3.24	0.43	3.78	0.59	
MOY. A et B		1.02	3.30	0.65	3.33	0.59	3.94	0.70	

Tableau 15 : Etat initial - Magnésium échangeable et total (mé/100g).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Mg/CEC	Mg/SB	Mg/CEC	Mg/SB	Mg/CEC	Mg/SB	Mg/CEC	Mg/SB
ESSAI A	Bloc 1	16.0	23.6	16.8	25.2	16.4	27.4	17.9	31.6
	Bloc 2	16.2	24.2	13.5	24.0	15.5	22.6	15.3	25.4
	Bloc 3	20.1	21.1	21.9	22.6	20.3	23.4	21.6	26.1
	Moy.	17.4	23.0	17.4	23.9	17.4	24.5	18.3	27.9
ESSAI B	Bloc 1	13.8	20.4	11.0	19.8	10.7	19.2	13.2	25.5
	Bloc 2	13.0	21.0	11.4	22.5	10.2	20.0	15.9	25.3
	Moy.	13.4	20.7	11.2	21.2	10.5	19.6	14.6	25.4
MOY. A et B		15.2	21.8	14.0	22.4	13.7	21.8	16.3	26.5

Tableau 16 : Etat initial - Taux de magnésium échangeable dans la capacité d'échange et la somme des bases (%).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Ca/K	Mg/K	Ca/K	Mg/K	Ca/K	Mg/K	Ca/K	Mg/K
ESSAI A	Bloc 1	14.6	4.2	14.8	4.8	10.4	3.9	9.5	4.8
	Bloc 2	10.2	3.3	14.9	4.6	9.9	2.9	9.8	3.6
	Bloc 3	18.5	5.2	15.0	6.2	8.9	3.0	8.1	3.5
	Moy.	14.4	4.2	14.9	5.2	9.7	3.3	9.1	4.0
ESSAI B	Bloc 1	12.9	3.7	10.5	3.0	11.5	3.1	9.0	3.6
	Bloc 2	15.1	4.4	11.8	3.9	14.4	4.0	15.9	6.0
	Moy.	14.0	4.1	11.2	3.5	13.0	3.6	12.5	4.8
MOY. A et B		14.2	4.1	12.9	4.3	11.5	3.5	10.9	4.4

Tableau 17 : Etat initial - Rapports ioniques Ca/K et Mg/K (éléments échangeables).

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		Olsen	Total	Olsen	Total	Olsen	Total		
ESSAI A	Bloc 1	0.040	0.581	0.026	0.454	0.019	0.423		
	Bloc 2	0.037	0.586	0.031	0.443	0.017	0.409		
	Bloc 3	0.051	0.737	0.030	0.509	0.018	0.460		
	Moy.	0.043	0.635	0.029	0.469	0.018	0.431		
ESSAI B	Bloc 1	0.074	0.541	0.033	0.366	0.017	0.318		
	Bloc 2	0.095	0.582	0.048	0.422	0.021	0.319		
	Moy.	0.085	0.562	0.040	0.394	0.019	0.319		
MOY. A et B		0.066	0.595	0.035	0.428	0.019	0.370		

Tableau 18 : Etat initial - Phosphore assimilable Olsen et total (P_2O_5 ‰)

Horizons (cm)		0 - 10		10 - 25		25 - 45		45 - 85	
Paramètres		N/ P_2O_5	P_2O_5 ass.	N/ P_2O_5	P_2O_5 ass.	N/ P_2O_5	P_2O_5 ass.		
		Total	N	Total	N	Total	N		
ESSAI A	Bloc 1	2.65	3.3	2.09	3.5	1.54	3.7		
	Bloc 2	2.22	3.0	1.87	3.9	1.47	2.8		
	Bloc 3	2.15	3.4	1.70	3.6	1.36	3.0		
	Moy.	2.34	3.2	1.89	3.7	1.46	3.2		
ESSAI B	Bloc 1	2.45	6.0	2.02	4.6	1.73	3.5		
	Bloc 2	2.17	7.5	1.70	7.5	1.94	3.8		
	Moy.	2.31	6.8	1.86	6.0	1.84	3.7		
MOY. A et B		2.32	5.2	1.87	4.9	1.67	3.5		

Tableau 19 : Etat initial - Rapport N total/ P_2O_5 total et 100 P_2O_5 Olsen/N total.

Horizons (cm)	Parcelles très gravillonnaires		Parcelles gravillonnaires		Parcelles peu gravillonnaires	
	0 - 10	10 - 25	0 - 10	10 - 25	0 - 10	10 - 25
Gravillons %	30.8	42.2	26.4	36.5	6.7	8.9
A+L % (0-20p)	26.8	28.0	26.7	28.6	29.5	33.8
C ‰	16.85	9.24	15.90	8.15	13.11	7.02
N ‰	1.48	0.88	1.39	0.81	1.29	0.80
P ₂ O ₅ Olsen ‰	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	0.02
C E mé/100g	7.26	4.94	7.07	4.94	7.11	4.61
S B mé/100g	5.88	3.59	5.50	3.57	5.60	3.54
Taux de saturation %	81.0	74.1	77.8	72.3	78.7	76.8
pH	6.1	6.2	6.0	6.1	6.3	6.4

Tableau 20 : Variabilité inter-parcellaire pour quelques caractéristiques dans le cas de l'essai A.

	Parcelles gravillonnaires		Parcelles peu gravillonnaires			
	Moyenne des 2 blocs		Bloc 1		Bloc 2	
	0 - 10	10 - 25	0 - 10	10 - 25	0 - 10	10 - 25
Gravillons. %	29.1	34.7	10.7	15.9	10.0	14.9
A+L % (0-20 μ)	28.2	30.4	26.3	28.9	23.8	25.4
C ‰	15.41	6.74	12.60	5.47	9.90	4.51
N ‰	1.43	0.76	1.18	0.68	0.98	0.55
P ₂ O ₅ Olsen. ‰	0.09	0.03	0.09	0.04	0.06	0.05
C E mé/100g	6.45	4.73	5.82	4.36	4.72	3.46
S B mé/100g	4.26	2.63	4.36	2.54	2.75	1.53
Taux de satur. %	66.0	55.6	74.9	58.3	58.3	44.2
pH	6.0	6.2	6.4	6.6	5.9	5.9

Tableau 21- Variabilité inter-parcellaire pour quelques caractéristiques dans le cas de l'essai B .

	ESSAI A				ESSAI B		
	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Moyenne	Bloc 1	Bloc 2	Moyenne
Poids grains	330.8	354.7	315.8	333.7	330.8	316.1	323.4
Poids tiges et feuilles	351.6	331.2	396.9	359.9	383.9	330.3	357.1
Poids total des aériens	832.2	837.0	853.1	840.8	883.5	798.8	841.2

Tableau 22-Expressions du rendement du maïs en préculture
(g matière sèche/m²)

		Stocks moyens			Accroissement du stock		
		1968	1969	1970	1969	1970	TOTAL
Panicum	0 - 10	31.9	33.3	35.0	+ 1.4	+ 1.7	+ 3.1
	0 - 25	65.8	61.3	69.5	- 4.5	+ 8.2	+ 3.7
Setaria	0 - 10	31.6	35.6	33.2	+ 4.0	- 2.4	+ 1.6
	0 - 25	59.9	66.0	67.0	+ 6.1	+ 1.0	+ 7.1
Pennisetum	0 - 10	30.7	33.7	36.3	+ 3.0	+ 2.6	+ 5.6
	0 - 25	58.4	63.0	65.3	+ 4.6	+ 2.3	+ 6.9
Tripsacum	0 - 10	34.6	39.6	35.8	+ 5.0	- 3.8	+ 1.2
	0 - 25	64.6	73.0	70.2	+ 8.4	- 2.8	+ 5.6
Brachiaria	0 - 10	33.0	34.1	36.2	+ 1.1	+ 2.1	+ 3.2
	0 - 25	62.5	61.4	68.1	- 1.1	+ 6.7	+ 5.6
Cynodon	0 - 10	32.8	32.2	34.6	- 0.6	+ 2.4	+ 1.8
	0 - 25	62.8	58.3	65.7	- 4.5	+ 7.4	+ 2.9
Stylosanthes	0 - 10	30.1	29.0	30.1	- 1.1	+ 1.1	0
	0 - 25	55.2	53.8	59.1	- 1.4	+ 5.3	+ 3.9
Centrosema	0 - 10	30.7	33.3	31.1	+ 2.6	- 2.2	+ 0.4
	0 - 25	60.0	61.7	62.3	+ 1.7	+ 0.6	+ 2.3
Parcelle nue	0 - 10	28.6	27.7	26.2	- 0.9	- 1.5	- 2.4
	0 - 25	53.6	53.0	55.6	- 0.6	+ 2.6	+ 2.0

Tableau 25 : Gagnoa A - Stock annuel moyen de matière organique et accroissement de stock en tonnes à l'hectare.

		STOCKS MOYENS			ACCROISSEMENTS DU STOCK		
		1968	1969	1970	1969	1970	TOTAL
Panicum	0 - 10	24.1	28.1	27.0	+ 4.0	- 1.1	+ 2.9
	0 - 25	52.1	57.2	55.6	+ 5.1	- 1.6	+ 3.5
Cynodon	0 - 10	24.5	27.0	25.5	+ 2.5	- 1.5	+ 1.0
	0 - 25	50.8	56.4	52.1	+ 5.6	- 4.3	+ 1.3
Stylosanthes	0 - 10	26.3	26.5	26.0	+ 0.2	- 0.5	- 0.3
	0 - 25	55.6	56.7	53.0	+ 1.1	- 3.7	- 2.6
Centrosema	0 - 10	24.2	25.3	23.7	+ 1.1	- 1.6	- 0.5
	0 - 25	50.6	52.2	48.1	+ 1.6	- 4.1	- 2.5

Tableau 26 : GAGNOA B - Effet plante sous traitements confondus sur l'évolution du stock de matière organique en surface (tonnes à l'hectare).

		Stocks moyens			Accroissements du stock		
		1968	1969	1970	1969	1970	Total
Graminées	0-10	23,6	26,6	25,1	+ 3,0	- 1,5	+ 1,5
O	0-25	50,8	53,6	51,3	+ 2,8	- 2,3	+ 0,5
Graminées	0-10	25,0	28,5	27,4	+ 3,5	- 1,1	+ 2,4
F	0-25	52,1	60,0	56,4	+ 7,9	- 3,6	+ 4,3
Légumineuses	0-10	24,2	25,4	23,8	+ 1,2	- 1,6	- 0,4
O	0-25	51,6	53,5	49,7	+ 1,9	- 3,8	- 1,9
Légumineuses	0-10	26,3	26,4	25,9	+ 0,1	- 0,5	- 0,4
F	0-25	54,6	55,3	51,3	+ 0,7	- 4,0	- 3,3
Graminées	0-10	23,8	27,0	24,9	+ 3,2	- 2,1	+ 1,1
rythme lent	0-25	50,6	55,1	50,8	+ 4,5	- 4,3	+ 0,2
Graminées	0-10	24,9	28,0	27,6	+ 3,1	- 0,4	+ 2,7
rythme rapide	0-25	52,3	58,5	56,9	+ 6,2	- 1,6	+ 4,6
Légumineuses	0-10	26,0	26,3	25,7	+ 0,3	- 0,6	- 0,3
rythme lent	0-25	56,7	54,8	52,1	- 1,9	- 2,7	- 4,6
Légumineuses	0-10	24,5	25,5	24,1	+ 1,0	- 1,4	- 0,4
rythme rapide	0-25	49,5	54,0	49,0	+ 4,5	- 5,0	- 0,5

Tableau 27 : GAGNOA B - Effet de quelques traitements sur l'évolution annuelle du stock de matière organique exprimé en tonnes à l'hectare.

Tableau 28 : Evolution des stocks en Calcium dans (0-25) Kg/ha.

DATES	Sans fertilisation		Avec fertilisation		
	Graminées	Légumineuses	Parcelles nues	Graminées	Légumineuses
1967-2	1193	1216	1710	1829	1804
1968-1	1498	1272	1861	2254	2061
1968-2	1251	1026	1476	1717	1768
1968-3	1305	1291	1928	2243	1944
1969-1	1497	1701	2116	2533	2145
1969-2	1293	1424	1866	2324	1954
1969-3	1329	1236	1691	1950	1704
1970-1	1372	1114	1666	2024	1938
1970-2	1214	1236	1657	2129	1871
1970-3	1392	1046	1325	2112	2164
1971-1	1172	1124	1524	2094	1938

Tableau 29 : Bilans moyens annuels cumulés : cas du calcium.

	Sans fertilisation		Avec Fertilisation		
	Graminées	Légumineuses	Graminées	Légumineuses	Parcelles nues
1968-69	+ 305	+ 302	+ 395	+ 287	+ 63
1969-70	+ 379	+ 334	+ 138	- 3	- 336
1970-71	+ 393	+ 298	- 70	+ 17	- 903

DATES	Sans fertilisation		Avec fertilisation		
	Graminées	Légumineuses	Parcelles nues	Graminées	Légumineuses
1967-2	268	220	364	374	180
1968-1	261	255	395	335	206
1968-2	157	146	242	239	177
1968-3	161	174	301	301	194
1969-1	191	228	326	296	214
1969-2	148	196	349	268	195
1969-3	180	194	390	311	170
1970-1	155	166	355	323	193
1970-2	172	210	307	343	187
1970-3	167	153	327	335	216
1971-1	148	165	340	321	194
1968-69	- 23	+ 2	- 75	- 28	- 24
1969-70	+ 16	+ 30	- 96	- 52	- 12
1970-71	+ 52	+ 51	-252	- 54	- 49

Tableau 30 : Stocks et bilans moyens cumulés en magnésium dans le profil 0-25 (Kg/ha).

Traitement		Initial Kg/ha	Stock de potassium en Kg/ha			
			1968-1	1969-1	1970-1	1971-1
Herbier nues	Stock	542	605	458	490	922
	Balance cumulée	-	+ 50	+ 175	+ 800	+ 1400
Centrosema	Stock	552	526	438	492	682
	Balance	-	- 49	- 133	+ 270	+ 470
Tylosanthes	Stock	529	234	197	386	478
	Balance	-	- 154	- 293	+ 60	+ 220
Cynodon et Brachiara	Stock	513	414	248	427	504
	Balance	-	- 170	- 473	- 300	- 182
Setaria Tripsacum Panicum	Stock	655	419	190	307	530
	Balance	-	- 289	- 776	- 725	- 577
Légumineuses 0	Stock	438	315	162	165	130
	Balance	-	- 141	- 327	- 425	- 467
Graminées 0	Stock	371	311	133	118	120
	Balance	-	- 271	- 617	- 750	- 841
Pennisetum F	Stock	720	467	330	246	299
	Balance	-	- 594	-1097	- 1238	-1269

Tableau 31 : Stock et balance en potassium en Kg/ha.

	Parcel- les nues	Avec Engrais					Sans engrais	
		Centro- sema	Stylo- santhes	Cynodon- Brachia- ria	Panicum- Setaria- Tripsa- cum	Penni- setum	Légumi- neuses	Graminées
O-25 cm								
1968	- 6,4	+ 11,6	- 9,5	+ 106,8	+ 125,2	+431,3	+ 56,4	+ 221,9
1969	- 233,2	+ 34,2	+ 67,9	+ 295,4	+ 565,0	+917,4	+134,4	+ 435,1
1970	- 733,4	-272,1	-115,1	+ 280,0	+ 548,4	+995,5	+235,6	+ 571,1
1971	-1160	-351,3	-250,5	+ 207,8	+ 583,5	+1086,3	+254,2	+ 650,4
O-45 cm								
1968	+ 13,3	+ 41,4	- 32,5	+ 70,5	+ 89,2	+340,8	+ 19,4	+ 211,9
1969	- 258,5	+ 23,4	- 23,3	+ 219,4	+ 350,1	+707,8	+ 51,9	+ 378,6
1970	- 849,6	-325,3	-186,0	+ 229,4	+ 379,5	+764,8	+152,1	+ 492,6
1971	-1039,5	-328,1	-289,5	+ 146,4	+ 418,7	+842,0	+159,7	+ 590,4
O-85 cm								
1971	-1330	-450,8	-306,1	+ 90,8	+ 332,9	+535,1	+109,85	+ 602,8
Balance en								
1971	+1400	+470	+220	- 182	- 577	-1269	- 467	- 841

Tableau 32 : Bilans en potassium en Kg/ha.

ATES	ESSAI B				ESSAI A		Parcelle nue
	Sans engrais		Avec engrais		Avec engrais		
	Grami- nées	Légumi- neuses	Grami- nées	Légumi- neuses	Graminées	Légumi- mineuses	
67-2	2870	3020	3200	3320	3520	3180	3446
68-1	3200	3480	3290	3570	3990	3730	3650
68-2	2660	2620	2680	2810	2790	2600	2590
68-3	2350	2760	2740	2730	3070	3090	3230
69-1	3120	3130	3550	3320	3540	3500	3200
69-2	3100	2730	3290	2700	3810	3310	3040
69-3	3020	2820	3230	2960	3190	2750	2750
70-1	3210	3060	3120	3130	3270	3290	2670
70-2	3130	3150	3580	3480	2980	2620	2450
70-3	3390	3210	3220	3410	3140	3350	2740
71-1	2800	2950	3150	3330	3610	3650	2900

Tableau 33 : Stocks en azote total dans le profil
0-25 cm en Kg/ha.

	Traitements fertilisés			traitements non fertilisés	
	Parcelle nue	Graminées	Légumineuses	Graminées	Légumineuses
0-25cm					
1968-1	154	461	533	465	627
1968-2	- 696	- 513	- 278	268	- 127
1968-3	- 366	- 275	- 148	323	105
1969-1	- 445	302	562	618	576
1969-2	- 856	279	231	720	233
1969-3	-1396	- 322	133	583	429
1970-1	-1726	- 521	506	798	698
1970-2	-2196	- 659	481	757	835
1970-3	-1646	- 778	836	1080	965
1971-1	-2246	- 635	1137	500	704
0-45cm					
1968-1	404	445	588	414	905
1969-1	- 645	164	284	497	546
1970-1	-2006	- 731	156	704	704
1971-1	-2596	- 914	624	159	639
0-85					
1971-1	-3040	- 1342	1022	- 40	687

Tableau 34 : Bilans cumulés en azote total, en kg/ha.

TABLEAU 35 - Teneurs en Phosphore (%) dans les différents horizons : cas de l'essai A.

	0-10 cm			10-25 cm			25-45 cm		
	Graminées	Légumineuses	Parcelle nue	Graminées	Légumineuses	Parcelle nue	Graminées	Légumineuses	Parcelle nue
67-2	0.041 (0,652)	0.050 (0,665)	0.050 (0,670)	0.030 (0,445)	0.030 (0,522)	0.020 (0,507)	0.020 (0,407)	0.020 (0,490)	0.010 (0,487)
68-1	0.071	0.050	0.060	0.053	0.040	0.030	0.030	0.015	0.020
68-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69-1	0.050	0.045	0.060	0.030	0.030	0.030	0.030	0.015	0.020
69-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70-1	0.110	0.070	0.090	0.050	0.040	0.050	0.026	0.025	0.020
70-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71-1	0.161 (0,758)	0.080 (0,670)	0.190 (0,827)	0.043 (0,475)	0.035 (0,485)	0.030 (0,430)	0.020 (0,362)	0.025 (0,403)	0.020 (0,423)

Entre parenthèses figurent les teneurs en P total, les autres chiffres représentant le P OLSEN.

TABLEAU 35bis - Teneur en Phosphore (%) dans les différents horizons : cas de l'essai B.

	0-10 cm				10-25 cm				25-45 cm			
	Graminées		Légumineuses		Graminées		Légumineuses		Graminées		Légumineuses	
	O	F	O	F	O	F	O	F	O	F	O	F
67-2	0.055 (0,536)	0.089 (0,623)	0.105 (0,493)	0.090 (0,595)	0.028 (0,374)	0.031 (0,421)	0.038 (0,305)	0.054 (0,411)	0.015 (0,323)	0.014 (0,336)	0.030 (0,284)	0.019 (0,331)
68-1	0.081	0.070	0.044	0.056	0.058	0.060	0.036	0.044	0.036	0.030	0.029	0.026
68-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69-1	0.060	0.060	0.054	0.075	0.039	0.048	0.054	0.058	0.025	0.023	0.024	0.026
69-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70-1	0.046	0.075	0.063	0.093	0.031	0.069	0.051	0.065	0.025	0.029	0.023	0.025
70-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71-1	0.048 (0,614)	0.120 (0,731)	0.040 (0,603)	0.090 (0,707)	0.039 (0,566)	0.036 (0,506)	0.026 (0,559)	0.053 (0,604)	0.043 (0,471)	0.016 (0,466)	0.015 (0,467)	0.029 (0,483)

Entre parenthèses figurent les teneurs en P total, les autres chiffres représentant le P OLSEN.

TABLEAU 36 - Stocks en Phosphore en kg/ha.

	Traitements fertilisés			Traitements nonfertilisés	
	Parcelle nue	Graminées	Légumineuses	Graminées	Légumineuses
0-25 cm					
Stock initial	50,5 (945)	65,9 (766)	92,7 (781)	60,6 (635)	103,1 (570)
1968	68,0	92,2	72,5	98,8	60,1
1969	61,8	62,6	87,6	69,9	80,7
1970	96,1	104,5	86,6	54,8	86,7
1971	146,7 (751)	140,7 (869)	94,7 (872)	47,0 (860)	86,0 (840)
0-45 cm					
Stock initial	63,8 (1463)	83,5 (1183)	113,5 (1180)	77,4 (985)	136,8 (881)
1968	86,3	123,6	100,0	138,5	94,4
1969	83,3	83,8	98,9	99,6	108,6
1970	121,1	135,3	114,4	83,0	141,1
1971	169,1 (1211)	137,5 (1385)	124,6 (1335)	69,5 (1381)	62,4 (1352)

TABLEAU 37 - Bilans en Phosphore en kg/ha

	Traitements fertilisés			Traitements non fertilisés	
	Parcelle nue	Légumineuses	Graminées	Graminées	Légumineuses
0-25 cm					
1968	+ 4,4	- 16,6	+ 30,8	+ 37,2	+ 18,6
1969	- 34,5	- 1,4	+ 18,1	+ 68,9	+ 17,4
1970	- 98,5	- 67,6	+ 1,8	+ 71,3	+ 43,2
1971	- 146,1 (- 437)	- 92,0 (- 3,3)	- 21,4 (+ 31)	+ 66,7 (+ 32,0)	+ 42,1 (+ 34,4)
0-45 cm					
1968	+ 9,4	- 9,9	+ 47,3	+ 80,2	- 25,0
1969	- 26,3	- 1,0	+ 22,7	+ 81,8	- 18,4
1970	- 86,5	- 60,6	+ 16,5	+ 82,8	+ 33,9
1971	- 137 (- 495)	- 87,0 (+ 61)	- 46,2 (+ 105)	+ 127,4 (+ 49,0)	+ 35,7 (+ 53,9)

	Date de semis	Date de récolte	Durée du cycle (j)
Pré-culture	15 - 04 - 1967	02 - 08 - 1967	109
Post-culture 1	17 - 03 - 1971	30 - 06 - 1971	105
Post-culture 2	06 - 09 - 1971	20 - 12 - 1971	105
Post-culture 3	05 - 04 - 1972	23 - 06 - 1972	79

Tableau 37 : Dates et durées des cycles culturaux de maïs à Gagnoa.

	0 - 30 jours		30 - 60 jours		60 - 90 jours	
	P	ETP	P	ETP	P	ETP
Pré-culture	155.4	108.4	223.4	95.8	154.6	77.2
Post-culture 1	147.7	130.0	254.4	131.4	95.0	119.1
Post-culture 2	256.1	96.6	104.5	111.9	119.0	106.7
Post-culture 3	154.4	120.2	262.7	101.3	-	-

Tableau 38 : Pluviosité (P) et ETP en mm à Gagnoa.

		Essai de Type A		Essai de Type B		
	Fertili- sation maïs	Nb pieds ha	C.V. %	Fertilisa- tion fourrage	Nb pieds ha	C.V. %
Première Post-culture	o	50.800	7,4	O	49.006	15,4
				F	53.338	
Post-culture	f	53.900	6,2	O	54.763	13,8
				F	55.300	
Deuxième Post-culture	o	38.600	9,7	O	14.475	31,5
				F	33.863	
Post-culture	f	35.300	10,6	O	19.556	27,4
				F	29.413	
Troisième Post-culture	o	52.800	1,9	O	51.744	2,6
				F	52.206	
Post-culture	f	53.000	1,9	O	52.750	2,1
				F	52.738	

Tableau 39 : Peuplement à la récolte et variabilité de ce peuplement.

Bloc	Première				Deuxième			
	Poids 1000 grains		Nb. grains/épi		Poids 1000 grains		Nb. grains/épi	
	o	f	o	f	o	f	o	f
		* 3. 250 1. 234 2. 230						
Sol couvert / Sol nu	**	236/261						
Graminée / Légumineuse					* 256/254	* 267/258		
Pen. Set / Pen. Tri				* 366/314				
Pen. Set. Pen. Tri / Bro Cyn		** 246/218		* 340/351				
Panicum / Setaria			* 319/383					

*** sign. à 1/100
 ** sign. à 1/100
 * sign. à 5/100

Tableau 40^{bis} : Gagnoa A - Arrières effets sur quelques composants du rendement des post-cultures de maïs.

*** sign. à 1%
 ** sign. à 1%
 * sign. à 5%

		Première						Deuxième						Troisième					
		Poids grains g/m ²		Pieds / m ²		Epi / pied		Poids grains g/m ²		Pieds / m ²		Epi / Pied		Poids grains g/m ²		Pieds / m ²		Epi / pied	
		o	f	o	f	o	f	o	f	o	f	o	f	o	f	o	f	o	f
Fertilisation	O	*** 239	* 384					*** 70	*** 162	*** 1,45	*** 1,96	** 0,72	*** 43	*** 106			** 0,84		
	F	417	431					205	298	3,39	2,94	0,87	98	126			0,94		
Rythme	L																*	5,31	
	R																	5,22	
Bloc	1							*** 166	* 269		* 2,71	* 0,80	** 84	** 130		*	** 5,32	*** 0,95	*** 1,04
	2							108	198		2,19	0,68	58	103			5,21	0,83	0,94
Famille x Rythme	LL-373							LL-176		LL-3,15									
	GR-346							GR-138		GR-2,47									
	LR-322							LR-124		LR-2,06									
	GL-263							GL-111		GL-1,98									
Post x Rythme									CL-275										
									DR-241										
									DL-228										
									CR-179										
Rythme x Fertilisation																			
Famille x Rythme x Fertilisation	RF-443																		
	LLF-422																		
	GLF-415																		
	GRF-387																		
	LLO-325																		
	GRO-306																		
	LRO-202																		
	GLO-122																		
RF-458																			
GRO-429																			
GRF-428																			
LLF-421																			
GLF-417																			
LLO-417																			
GLO-372																			
LRO-319																			

Tableau 41 : Gagnoa B - Arrières-effets des cultures fourragères sur quelques composants du rendement des trois post-cultures de maïs.

		Première				Deuxième			
		Poids 1000 grains g		Nombre grains/épi		Poids 1000 grains g		Nombre grains/épi	
		o	f	o	f	o	f	o	f
Fertilisation	O	*** 217	*** 226	*** 248	*** 342	*** 213		*** 240	
	F	251	246	321	401	265		308	
Bloc	1		*** 246			*			
	2		226			255			
Rythme	L				*				
	R				386				
					336				
Famille x Rythme					LL.406 GR.383 GL.369 LR.329			LL.263 GR.244 GL.236 LR.213	
Famille x Fertilisation			LF.250 GF.247 GO.236 LO.216						
Famille x Rythme x Fertilisation			LF.263 GLF.253 GRO.247 LLF.238 GRF.229 GLO.224 LLO.217 LRO.216		LRF.336 GLF.332 LLF.325 LLO.292 GRF.291 GRO.297 LRO.244 GLO.165				
Famille x Port x Fertilisation					LLF.274 GDF.270 GCF.263 LDF.252 LDO.241 GLO.239 GDO.187 LLO.184			GDF.328 LDO.315 LGF.308 LDF.305 GCF.294 LCO.289 GCO.235 GDO.168	

*** sign à 1%
 ** sign à 5%
 * sign à 1%

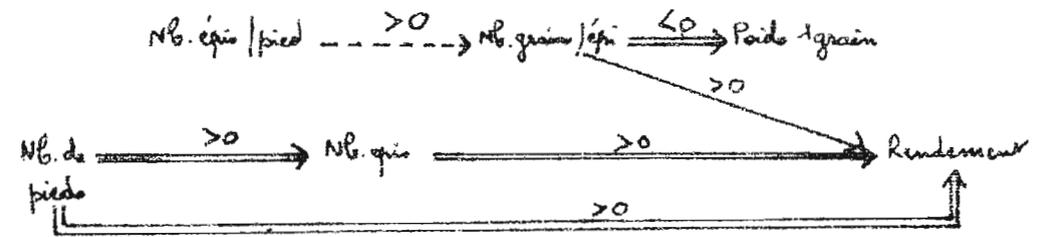
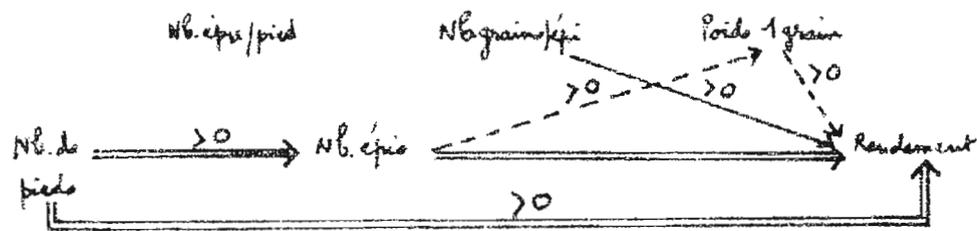
Tableau 41^{bis} : Gagnoa B - Arrières effets sur quelques composants du rendement des post-cultures de maïs.

Sans engrais

Paramètre	m	1	2	3	4	5	6
1. Nb. pieds / m ²	2,42	-	+0,03	+0,95 ^{***}	+0,19	+0,38 [*]	+0,83 ^{***}
2. Nb. épis / pied	0,74		-	+0,24	+0,13	+0,45 ^{**}	+0,06
3. Nb. épis / m ²	1,79			-	+0,25	+0,36 [*]	+0,86 ^{***}
4. Nb. grains / épi	274				-	+0,05	+0,48 ^{**}
5. Poids 1000 g	239					-	+0,36 ^{**}
6 Rendement g/m ²	137						-

Avec engrais

Paramètre	m	1	2	3	4	5	6
1. Nb. pieds / m ²	2,45	-	+0,05	+0,94 ^{***}	+0,36 [*]	+0,16	+0,91 ^{***}
2. Nb. épis / pied	0,80		-	+0,33	+0,35 [*]	+0,30	+0,13
3. Nb. épis / m ²	1,96			-	+0,30	+0,14	+0,92 ^{***}
4. Nb. grains / épi	403				-	-0,61 ^{***}	+0,54 ^{**}
5. Poids 1000 g	265					-	+0,03
6 Rendement g/m ²	230						-



- ==== liaison très forte, significative à 1 % ***
- liaison forte, significative à 1 % ** (30 d.d.l.)
- liaison faible, significative à 5 % *

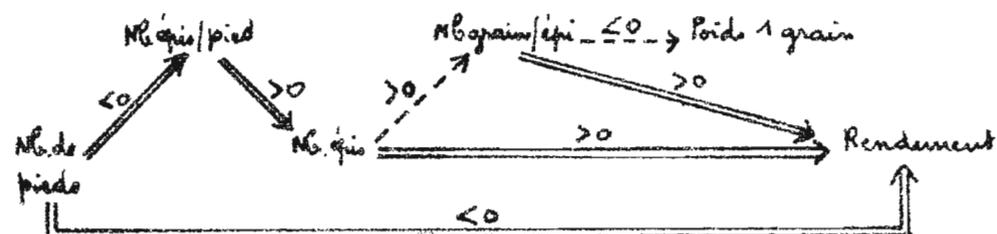
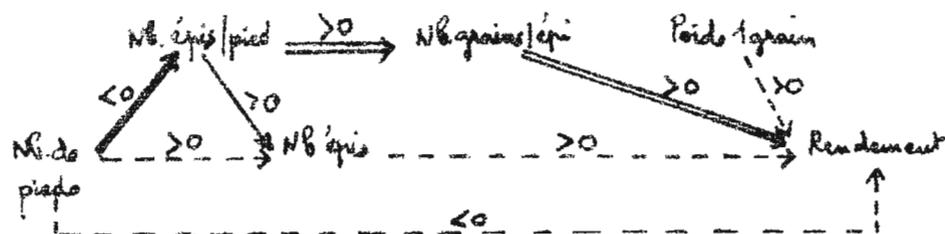
Tableau 42 : Gagnoa B - Première post-culture - Liaisons entre composantes du rendement et schéma de son élaboration.

Sans engrais

Paramètre	m	1	2	3	4	5	6
1. Nb. pieds / m ²	5,11	-	-0,64 ^{***}	+0,36 ^{**}	-0,72 ^{***}	+0,05 ^{**}	-0,42 ^{**}
2. Nb. épis / pied	0,93		-	+0,48 ^{***}	+0,68 ^{***}	+0,12 ^{**}	+0,77 ^{***}
3. Nb. épis / m ²	4,75			-	-0,02 ^{**}	+0,21 ^{**}	+0,44 ^{**}
4. Nb. grains / épi	285				-	-0,15 ^{**}	+0,76 ^{***}
5. Poids 1000 g	234					-	+0,38 ^{**}
6. Rend ^t g/m ²	328						-

Avec engrais

Paramètre	m	1	2	3	4	5	6
1. Nb. pieds / m ²	5,50	-	-0,16 ^{***}	-0,35 ^{**}	-0,08 ^{**}	-0,06 ^{**}	-0,65 ^{***}
2. Nb. épis / pied	0,87		-	+0,74 ^{***}	-0,28 ^{**}	+0,24 ^{**}	+0,87 ^{***}
3. Nb. épis / m ²	4,78			-	+0,37 ^{**}	-0,32 ^{**}	+0,79 ^{***}
4. Nb. grains / épi	371				-	-0,43 ^{**}	+0,63 ^{***}
5. Poids 1000 g	236					-	-0,14 ^{**}
6. Rend ^t g/m ²	407						-



- ==== liaison très forte, significative à 1 % ***
- liaison forte, significative à 1 % ** (30 d.d.l.)
- liaison faible, significative à 5 % *

Tableau 42^{bis} : Gagnoa B - Deuxième post-culture de maïs - Liaisons entre composantes du rendement et schéma de son élaboration.

		GAGNOA A			GAGNOA B			
		Grami- nées	Légu- mineuses	Parcelle nue	Graminées		Légumineuses	
Précé- dent Maïs	O				F	O	F	
De mars 1971 à juin 1972	O	- 206	- 224	- 227	+ 86	+ 21	+ 75	- 66
	F	- 323	- 360	- 396	- 66	- 186	- 90	- 283
De juillet 1971 à juin 1972	O	- 109	- 59	- 113	+ 79	+ 44	+ 81	+ 24
	F	- 221	- 85	- 267	- 53	- 110	- 68	- 124

O - Sans apport d'engrais

F - Avec apport d'engrais

Tableau 43 ; Bilan en kg / ha de potassium dans le profil 0 - 25 cm sur trois post-cultures de maïs après retournement de la sole fourragère.

RYTHME DE COUPE

ECHELLE DE TEMPS

FERTILISATION (kg. ha⁻¹)

lent normal
 1^e [P.m. - P.m.] 1^e coupe
 [C.a. - C.a.]

— P.m.] 2^e
 — C.a.]

2^e — — 3^e

— 4^e

— 5^e

3^e — — 6^e

— 7^e

4^e — — 8^e

— 9^e

— 10^e

5^e — — 11^e

— 12^e

6^e — — 13^e

— 14^e

— 15^e

7^e — — 16^e

— 17^e

— 18^e

8^e — — 19^e

— 20^e

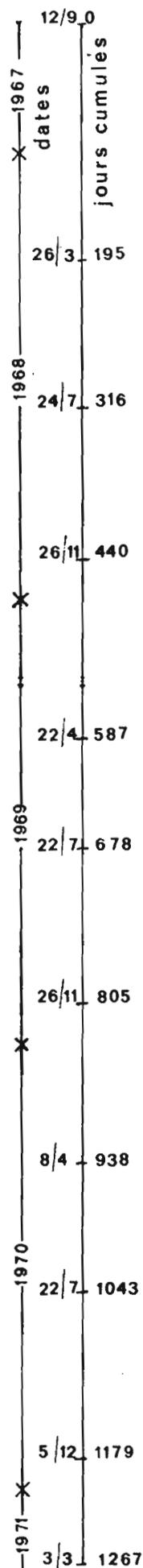
9^e — — 21^e

— 22^e

10^e — — 23^e

— 24^e

11^e — — 25^e



50	50	30	30	60	60	31	31
----	----	----	----	----	----	----	----

N P₂O₅ K₂O₂ CaO mgo

50	100	25	55	50	110	31	62
----	-----	----	----	----	-----	----	----

50	150	25	80	50	160	31	93
----	-----	----	----	----	-----	----	----

50	200	25	105	50	210	31	124
----	-----	----	-----	----	-----	----	-----

250	450	75	180	250	460	246	370	96	96
-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

250	700	50	230	250	710	214	584	96	192
-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----

250	950	100	330	250	960
-----	-----	-----	-----	-----	-----

250	1200	75	405	250	1210	246	830	96	288
-----	------	----	-----	-----	------	-----	-----	----	-----

250	1450	50	455	250	1460	214	1044	96	384
-----	------	----	-----	-----	------	-----	------	----	-----

250	1700	100	555	250	1710
-----	------	-----	-----	-----	------

1	2
---	---

1: apports à la date considérée

2: apports cumulés

P.m.: Panicum maximum
 C.a.: Cynodon aethiopicus

Figure 1: Dates de coupe et fertilisation en fonction du temps

GRAMINEES

GAGNOA

RYTHME DE COUPE ECHELLE DE TEMPS FERTILISATION (Kg Ha⁻¹)

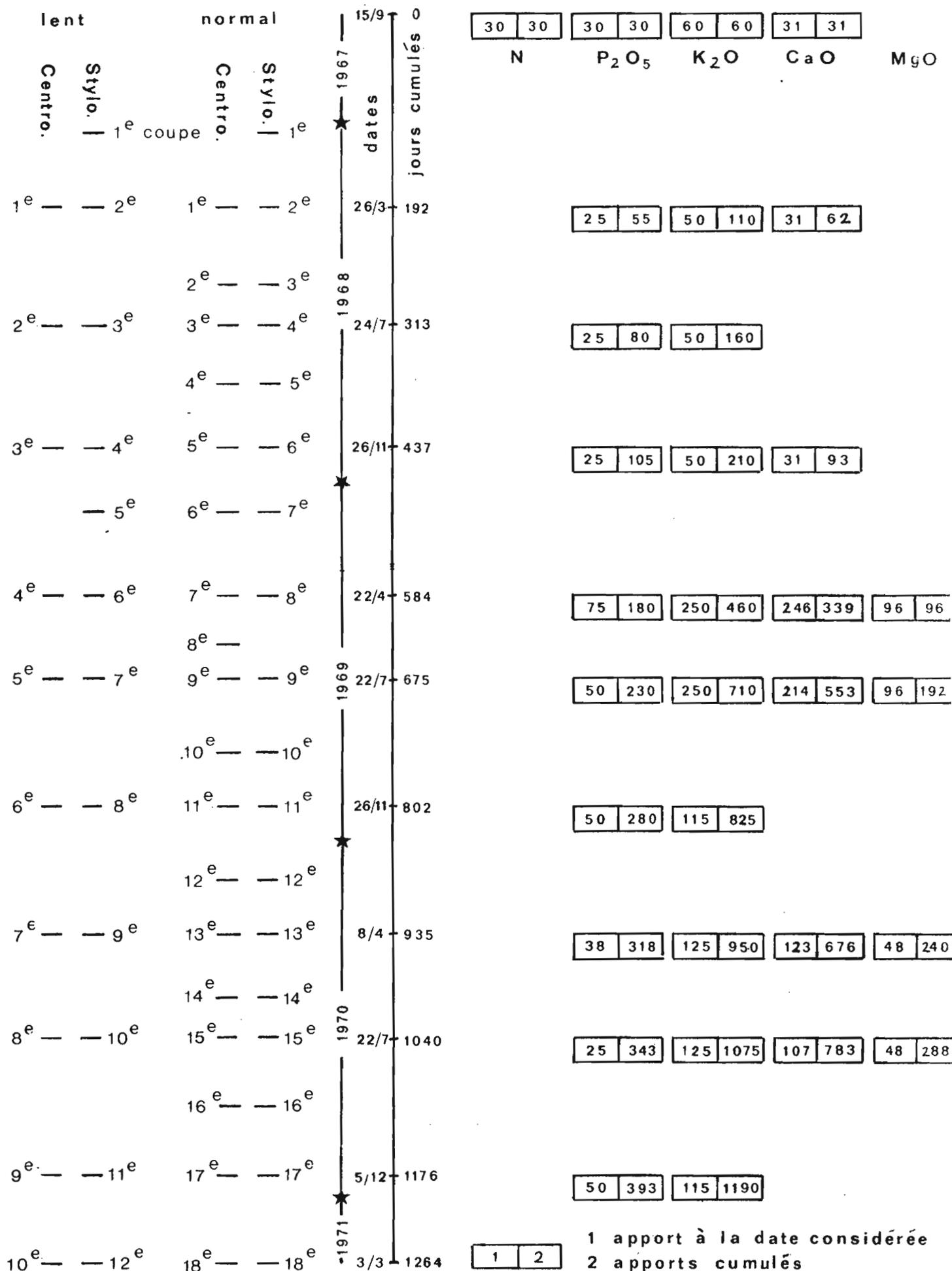


Figure 2 : Dates de coupe et fertilisation en fonction du temps.

LEGUMINEUSES GAGNOA

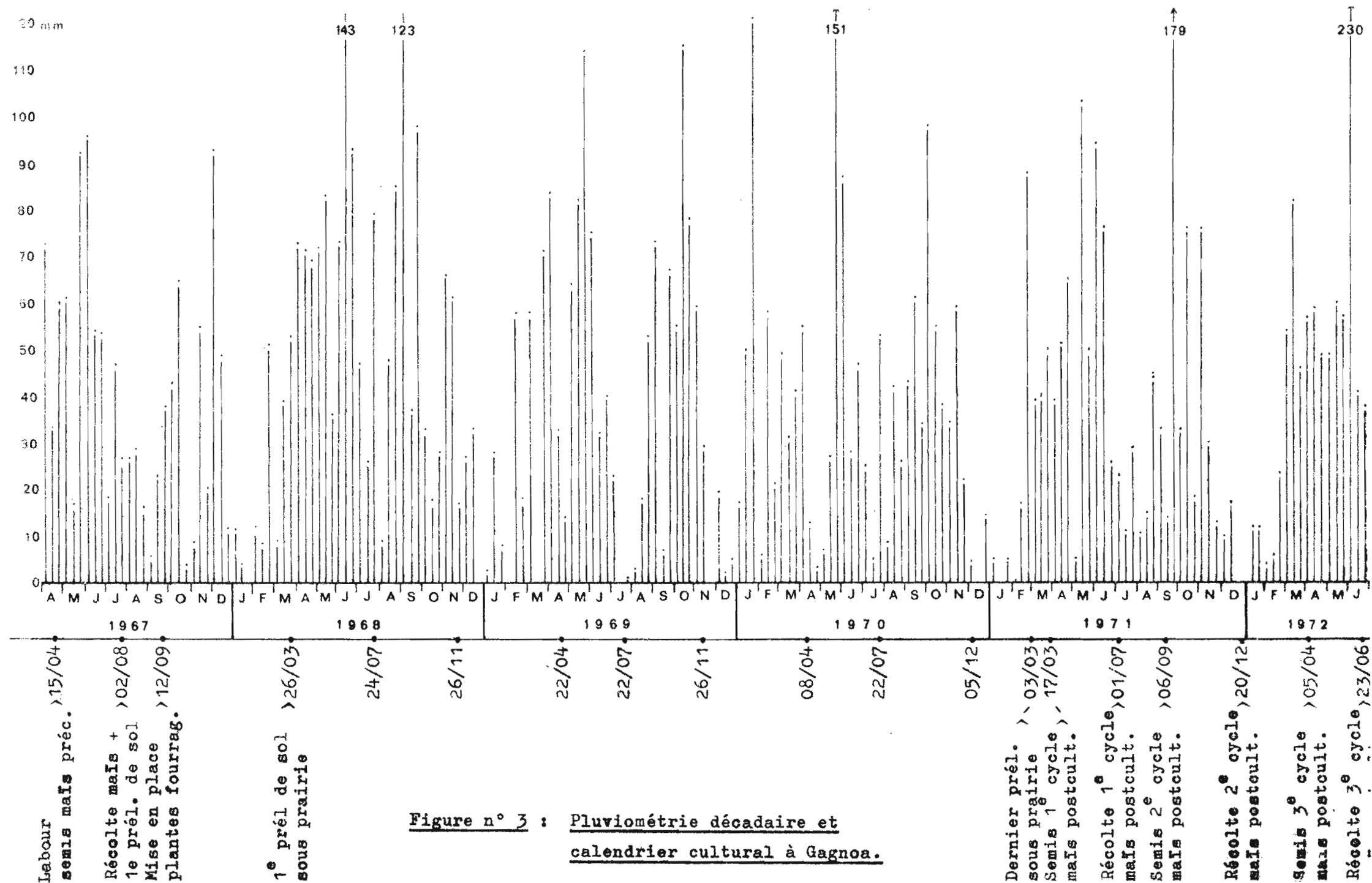


Figure n° 3 : Pluviométrie décadaire et calendrier culturel à Gagnoa.

← Maïs préc. * Sol nu *

Prairie

* Maïs postcultural →

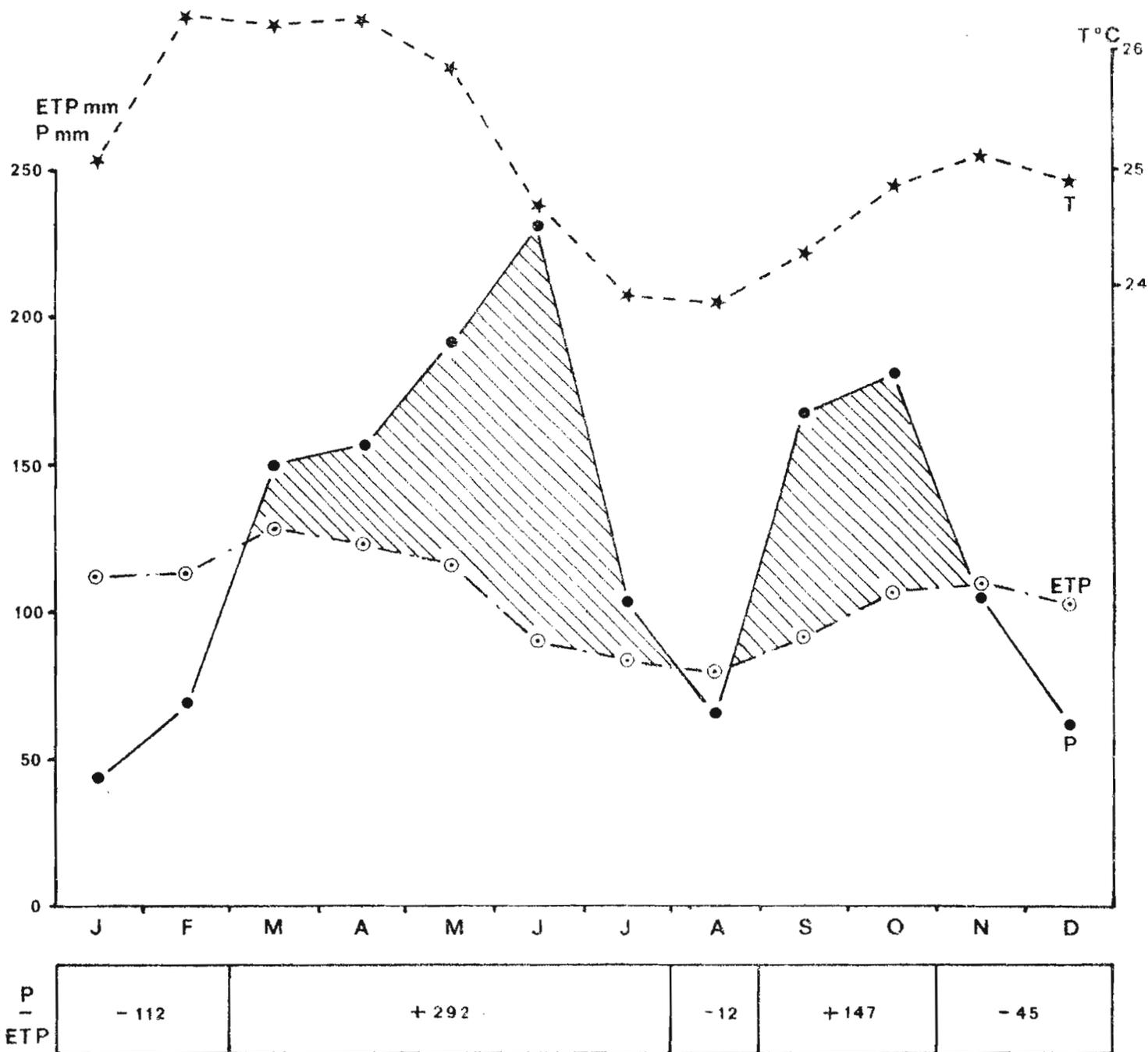


Figure 4 : Données climatiques moyennes sur la station de GAGNOA.

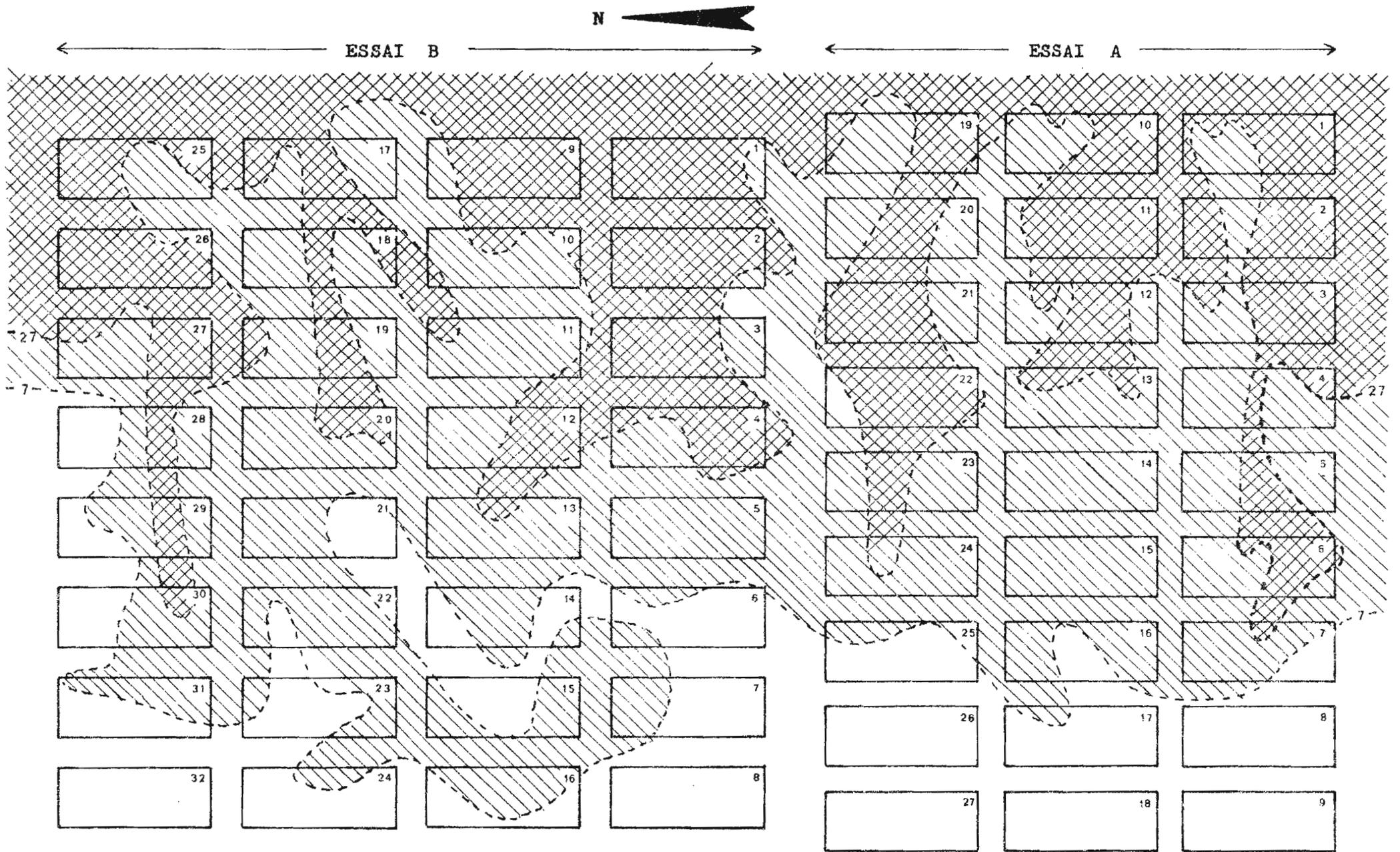


Figure n° 5 : Variabilité du taux de gravillons dans l'horizon 0 - 10 cm.
 (en pour cent du poids de terre)

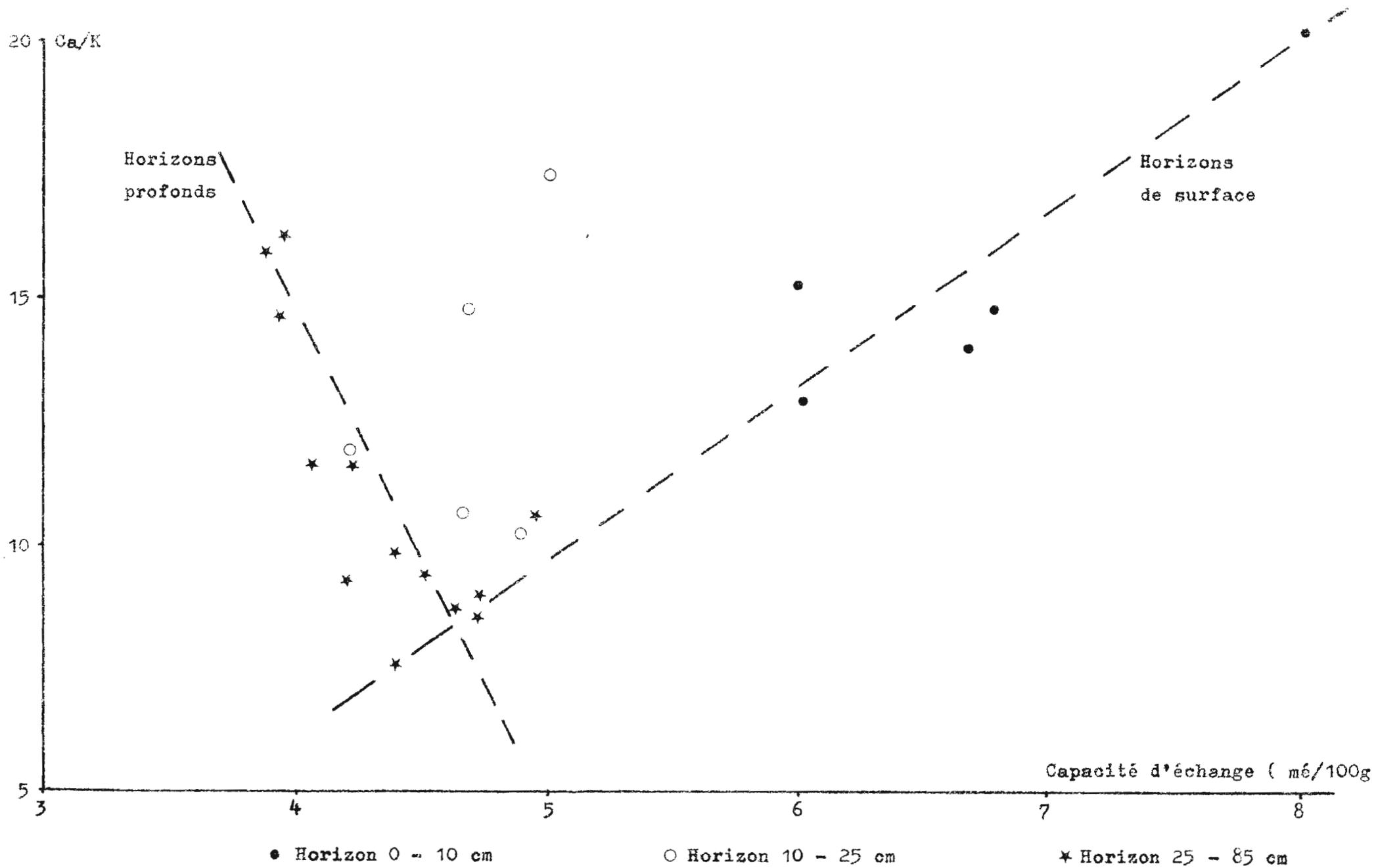


Figure 6 : Liaison Ca / K en fonction de la capacité d'échange.

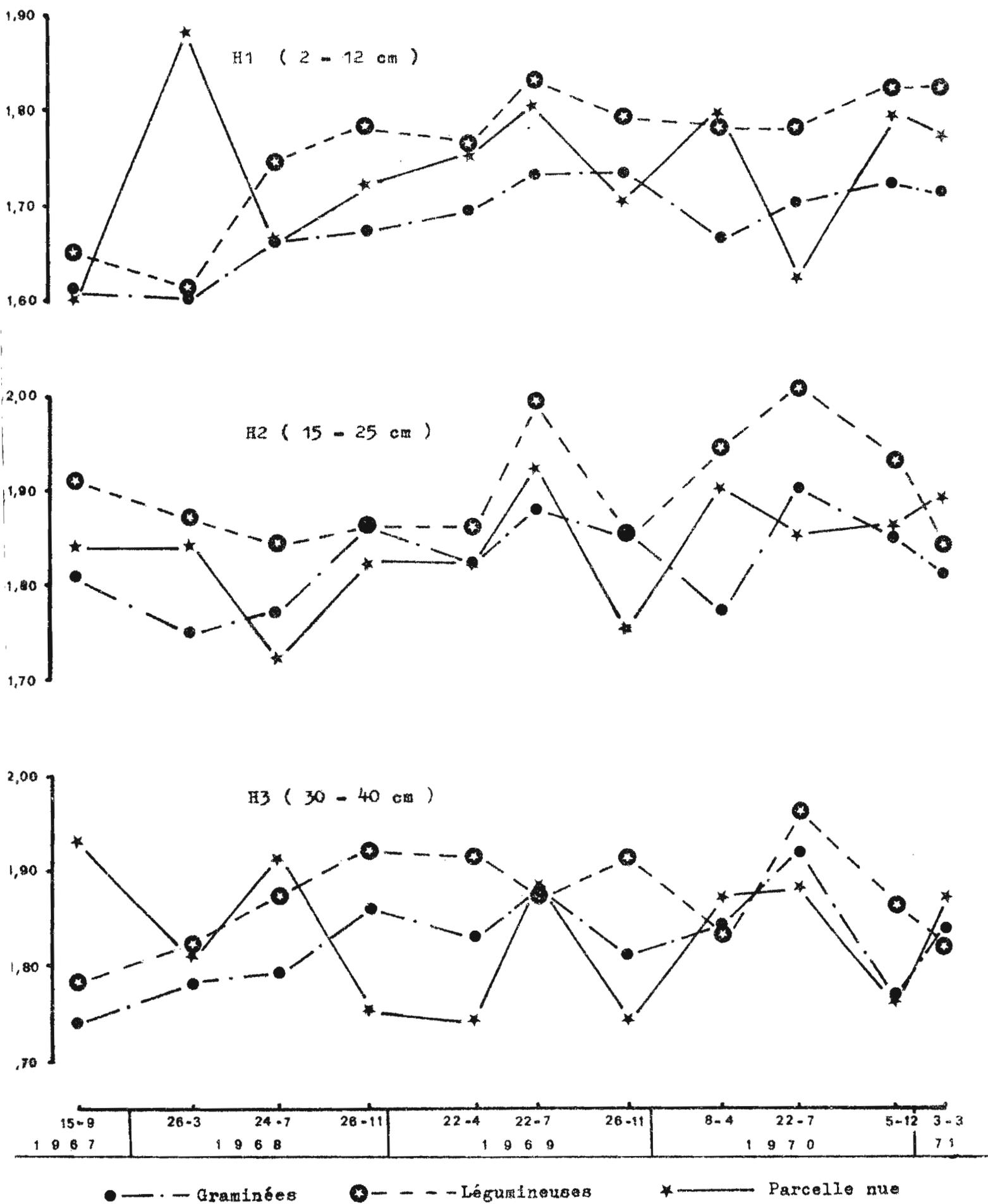


Figure 7 : GAGNOA A- Valeurs moyennes pour quelques traitements, de la densité apparente sèche du sol total mesurée sur échantillons VINGIERS pour trois horizons.

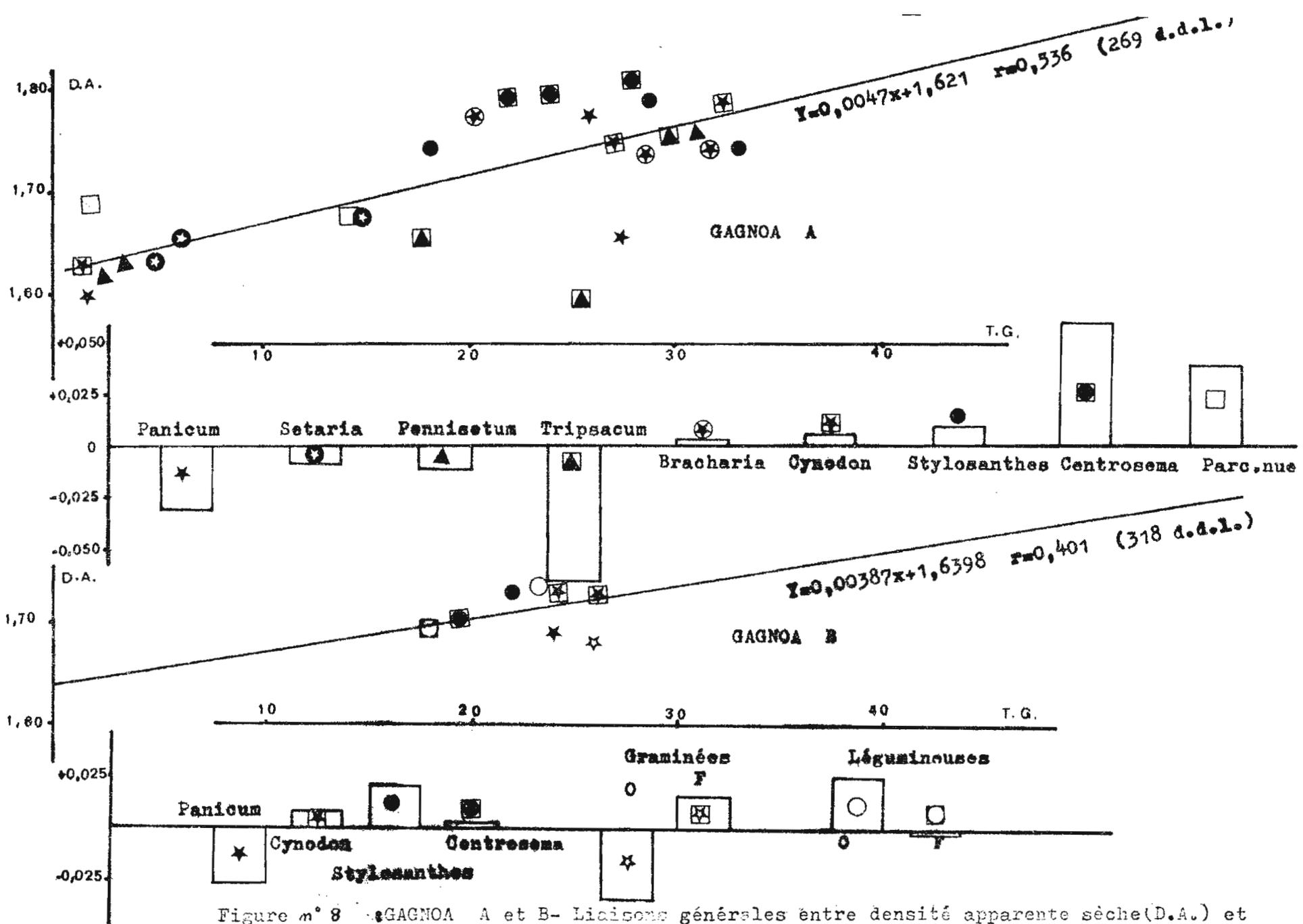


Figure n° 8 - GAGNOA A et B- Liaisons générales entre densité apparente sèche (D.A.) et taux de gravillon (T.G.) pour l'ensemble des prélèvements sur l'horizon 0-10cm - Valeurs moyennes par bloc et plante pour l'essai A et pour quelques traitements dans l'essai B. Comparaison des résidus moyens de régression pour ces traitements

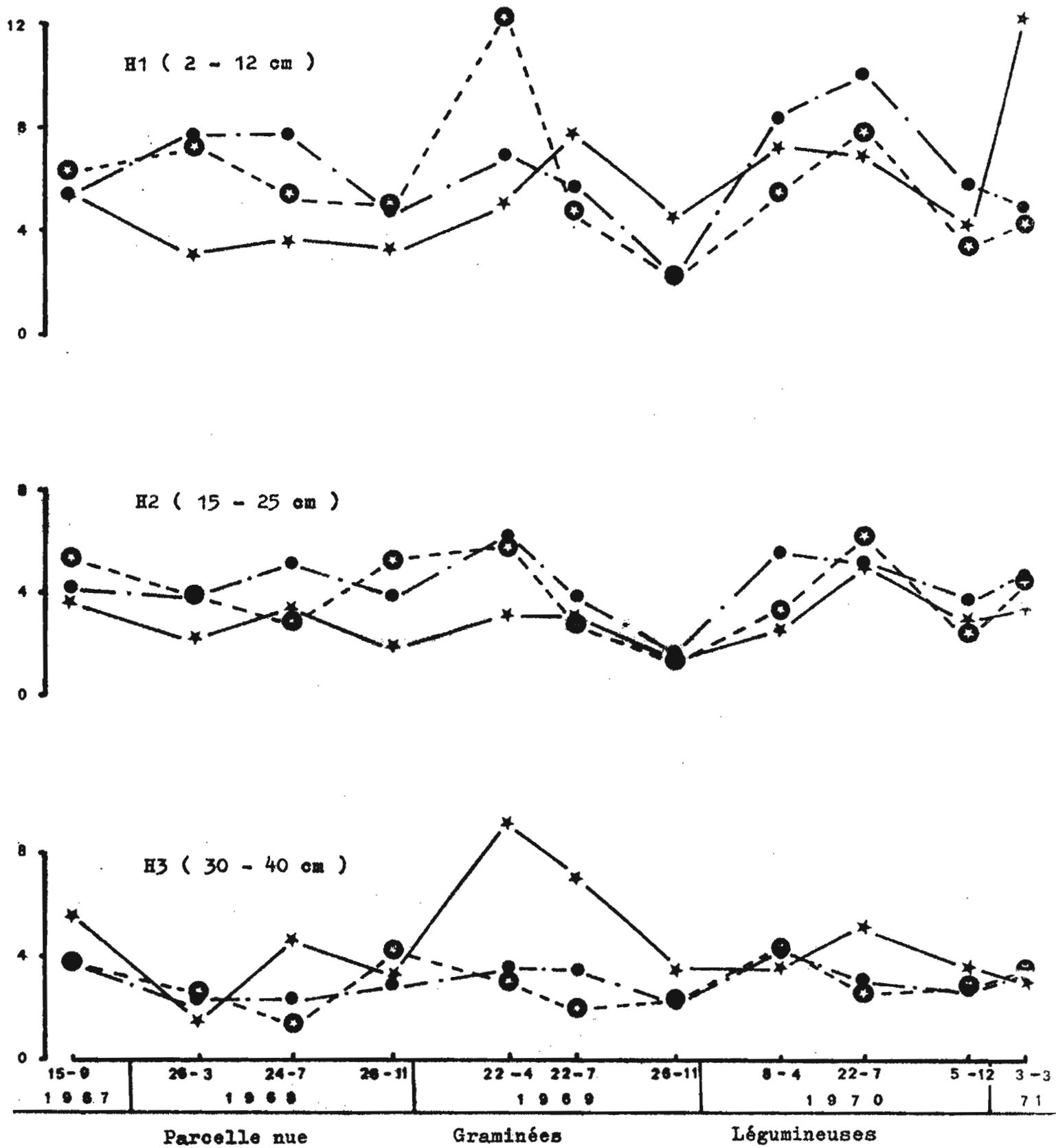


Figure 9 : Valeurs moyennes de la vitesse de filtration Vergière exprimées en 10^{-3} cm/s pour trois horizons - essai A.

- * Graminées non fertilisées
- * Graminées fertilisées
- o Légumineuses non fertilisées
- Légumineuses fertilisées
- * Panicum
- Cynodon
- o Stylosanthes
- Centrosema

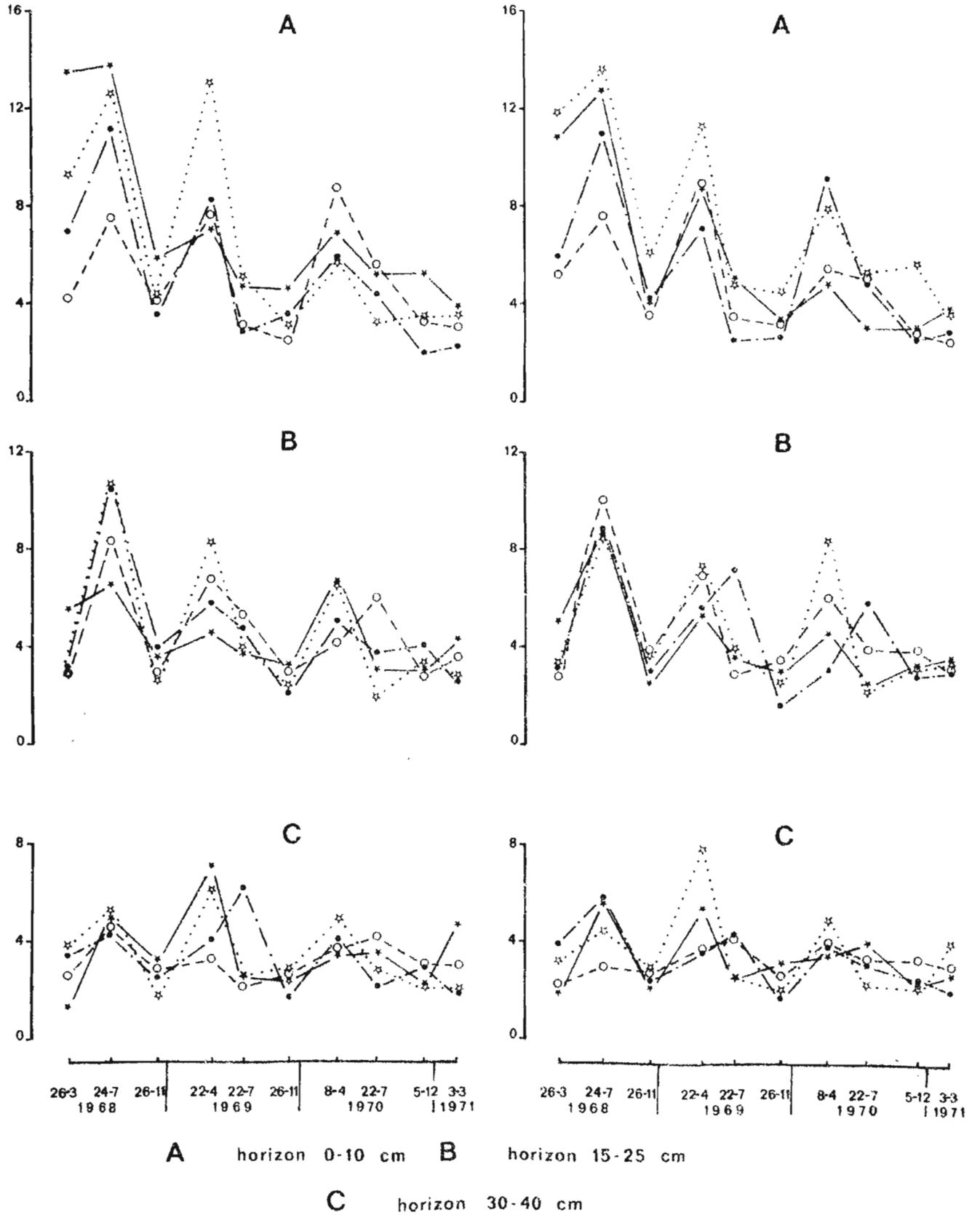


Figure 11 : Gagnoa B - Evolution dans le temps de la vitesse de filtration Vergière exprimée en 10^{-3} cm/s.

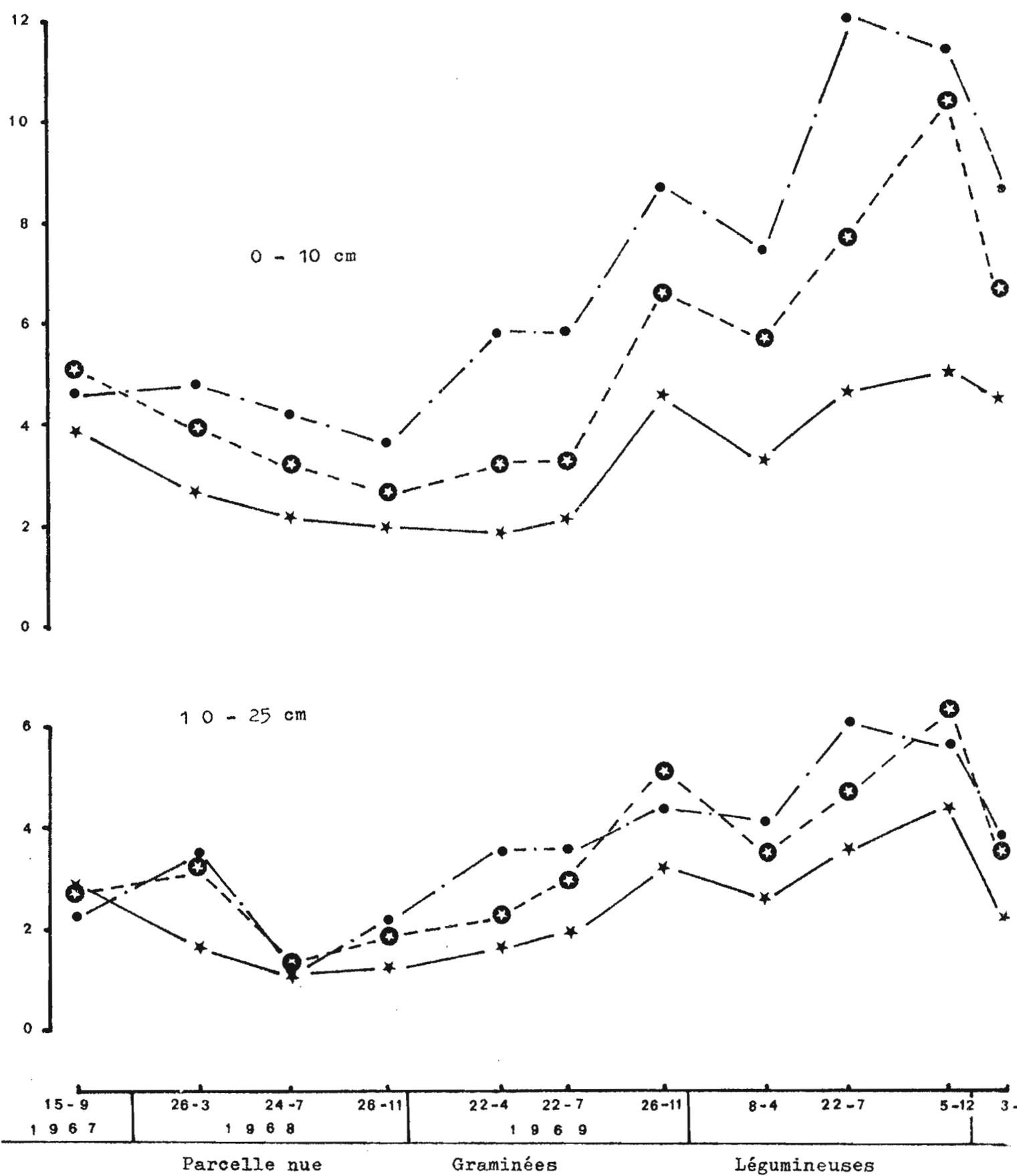


Figure 12 : Evolution du taux d'agrégats stables au benzène en % pour quelques traitements moyens et deux horizons - essai A.

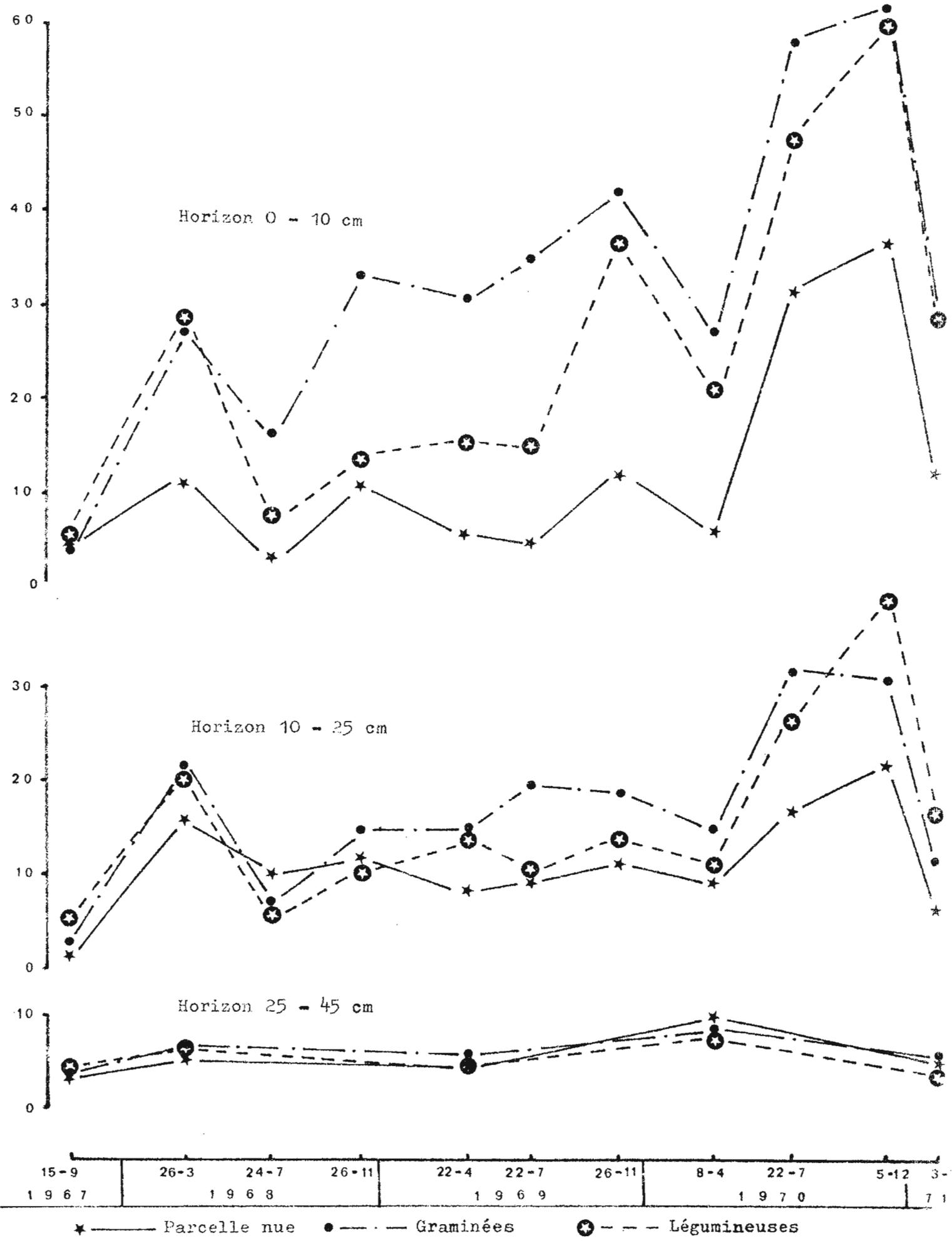


Figure 13 : Valeurs moyennes de la perméabilité exprimée en cm/heure, mesurée sur échantillons remaniés pour quelques traitements et trois horizons - essai A.

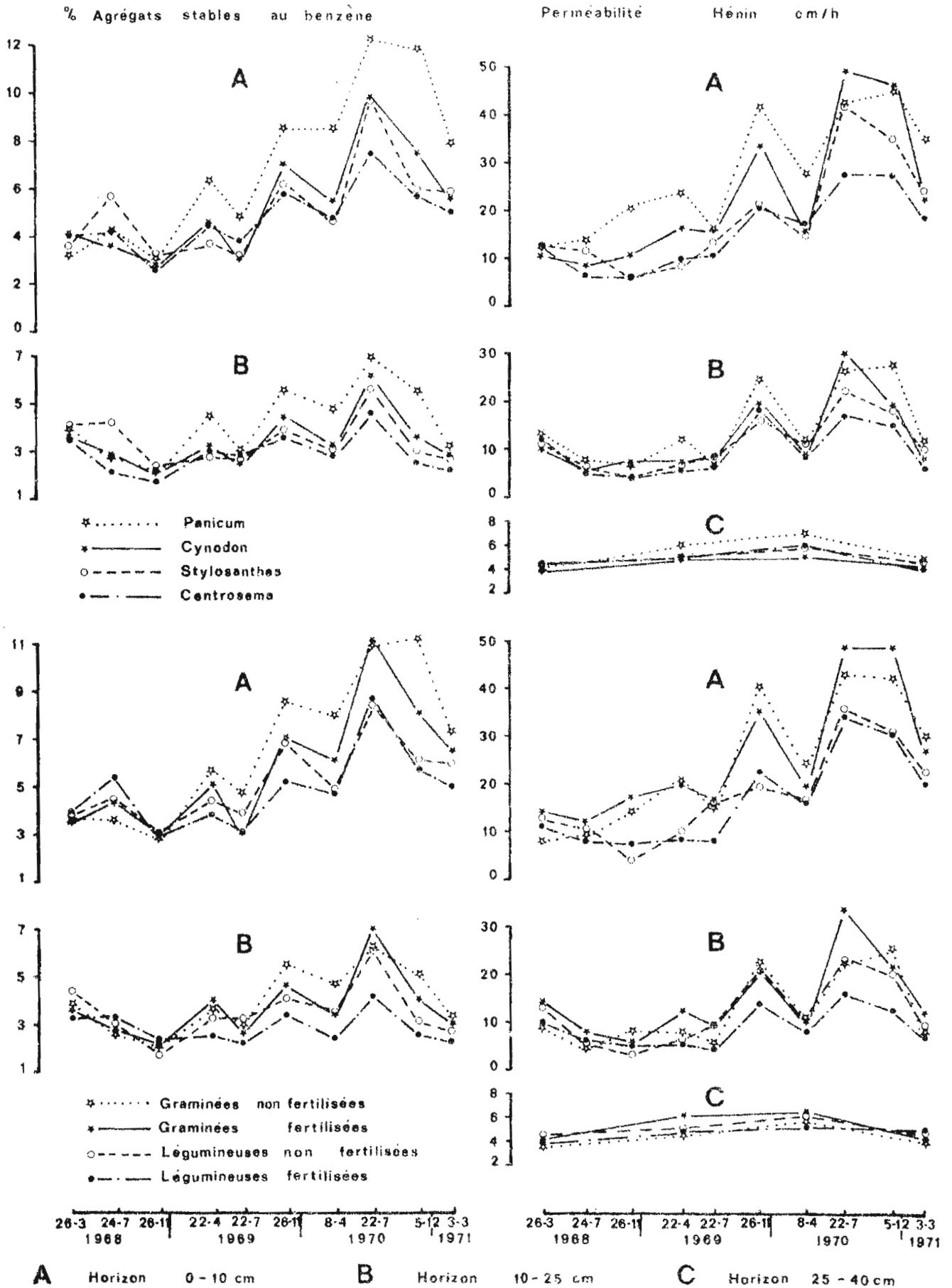


Figure 14 : Gagnoa B - Evolution dans le temps du taux d'agrégats stables au benzène et de l'indice de perméabilité.

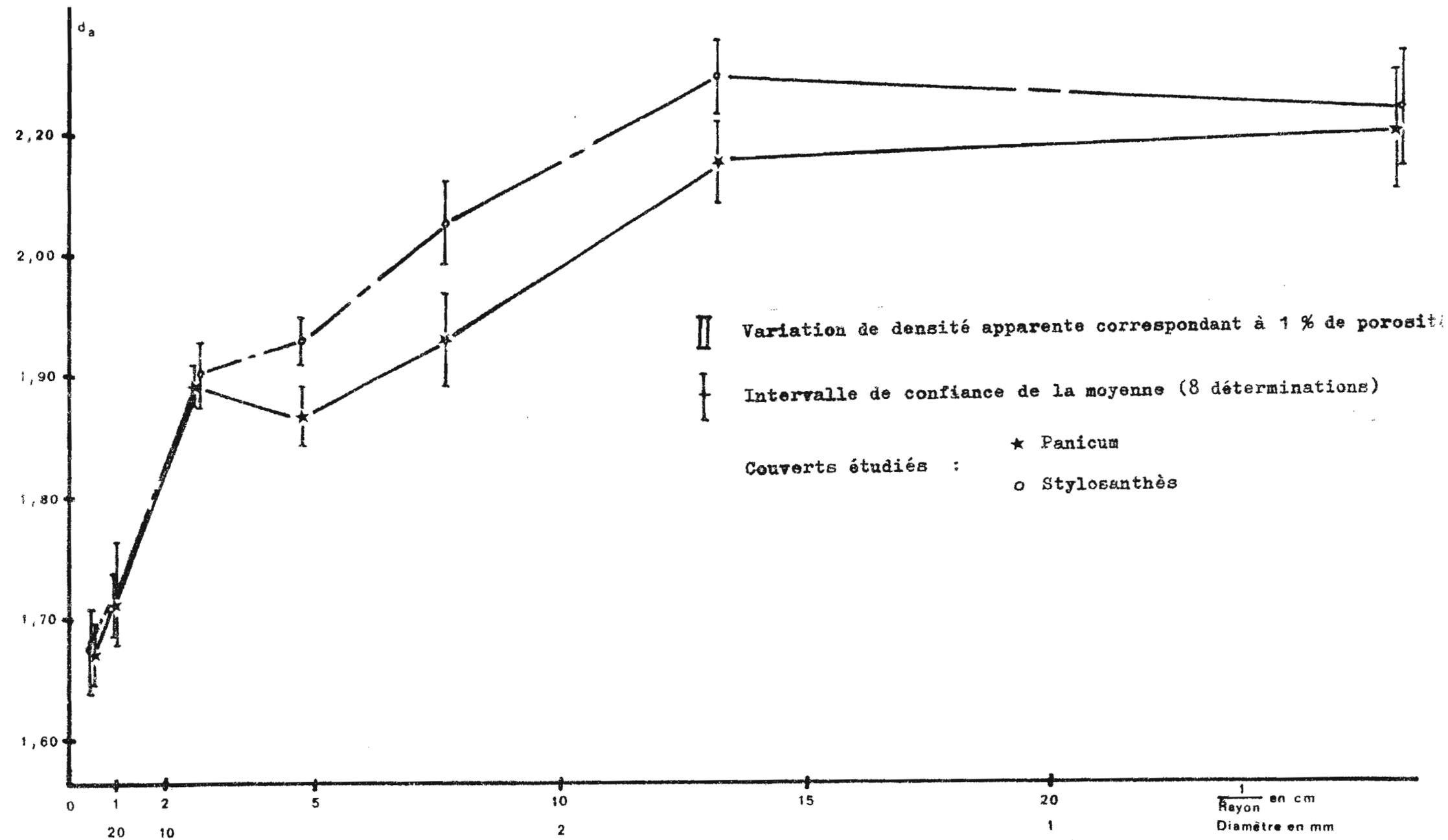


Figure 15 : Gagnoa A - Variation de densité apparente des agglomérats terreux en fonction de leur taille.

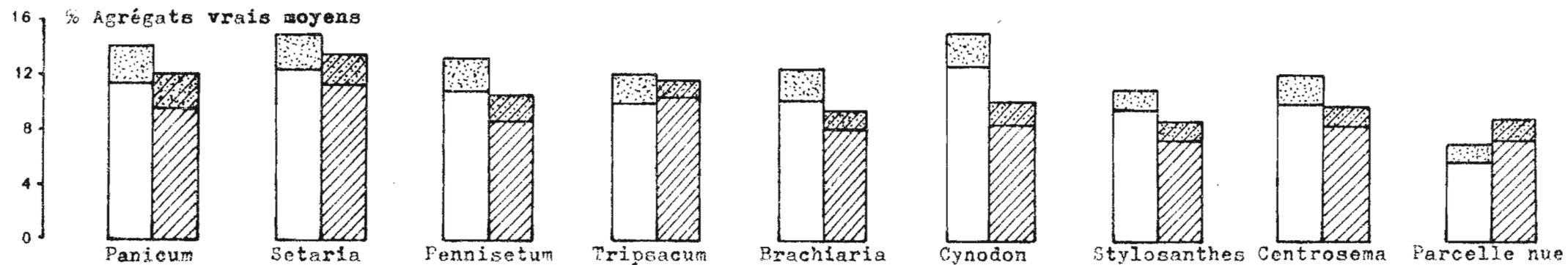
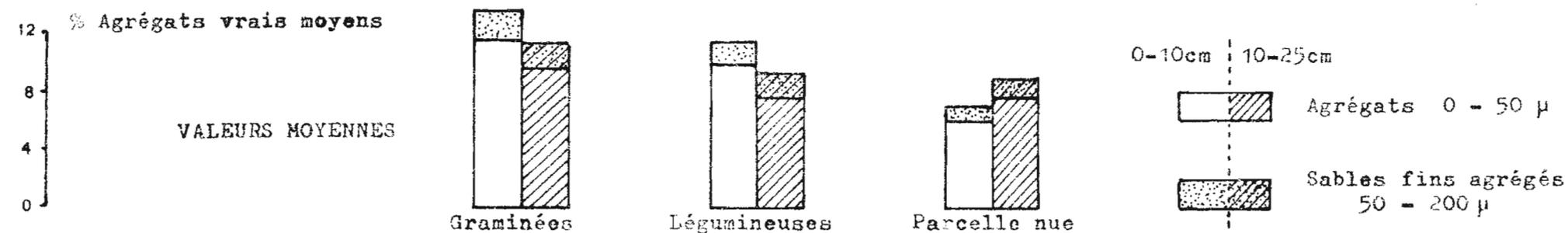
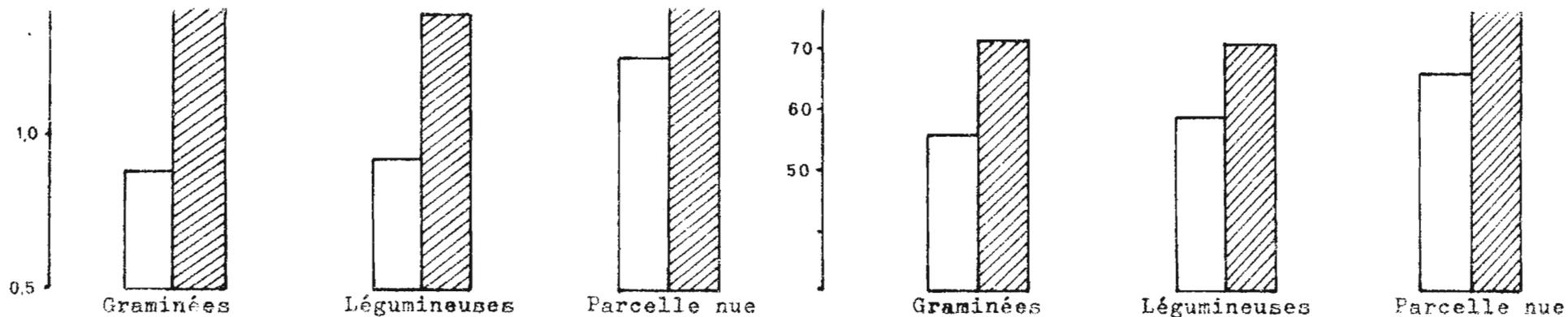


Figure 16 : Quelques valeurs moyennes par famille et plante de certains indices et caractéristiques de la structure de deux horizons de sol en fin de phase fourragère. GACMA 1-

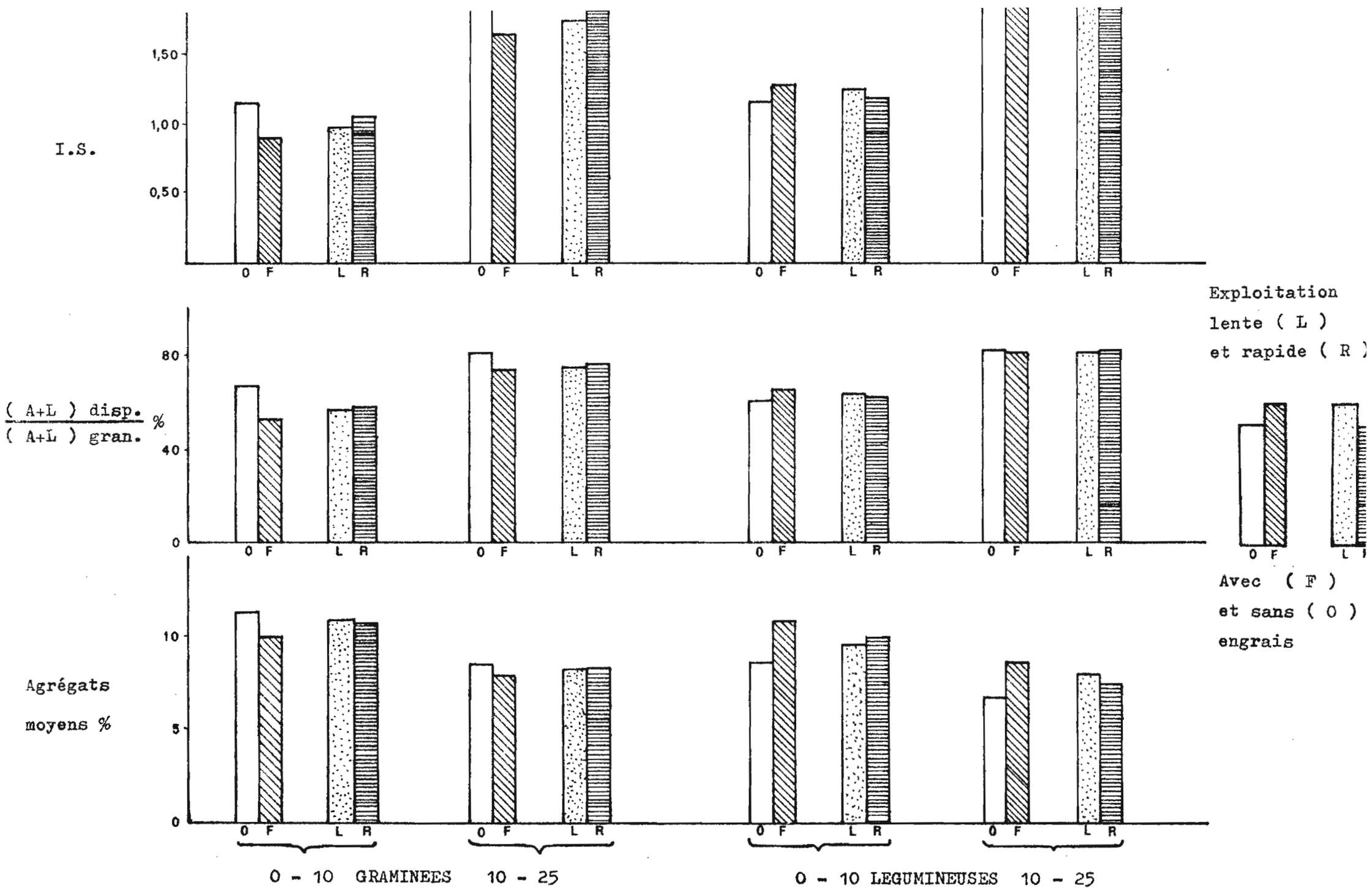


Figure 17 : Caractéristiques de l'état structural des deux horizons de surface en fin de phase fourragère pour quelques traitements - Essai B.

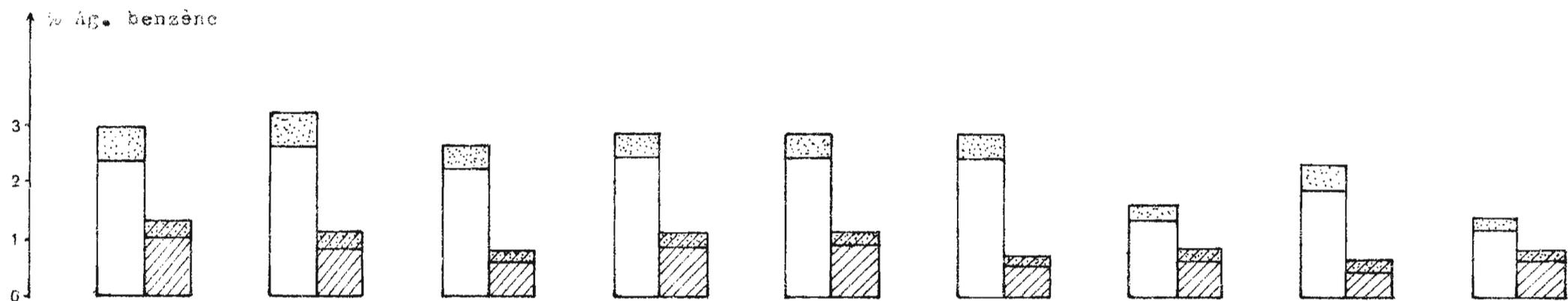
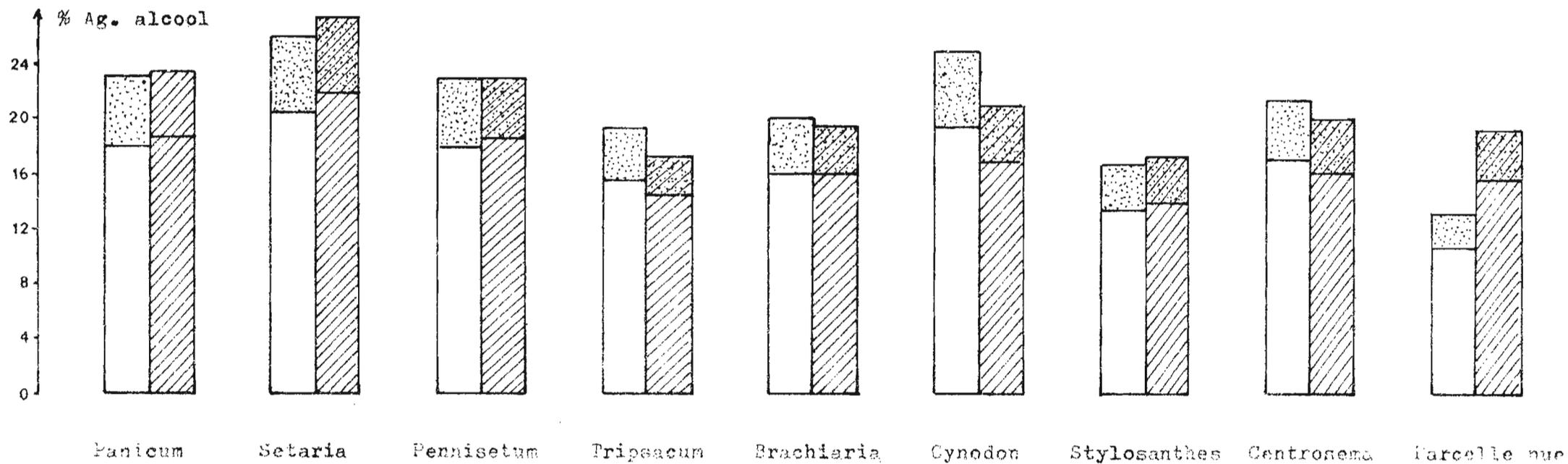
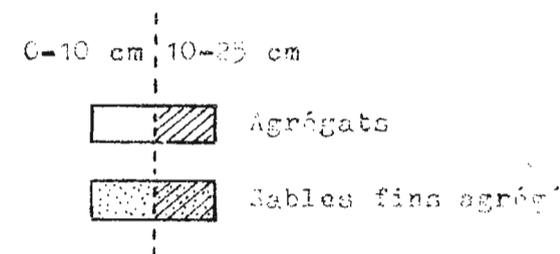


Figure 18 : Taux d'agrégats stables au benzène et à l'alcool selon les couverts pour deux horizons.

GAGNOA A



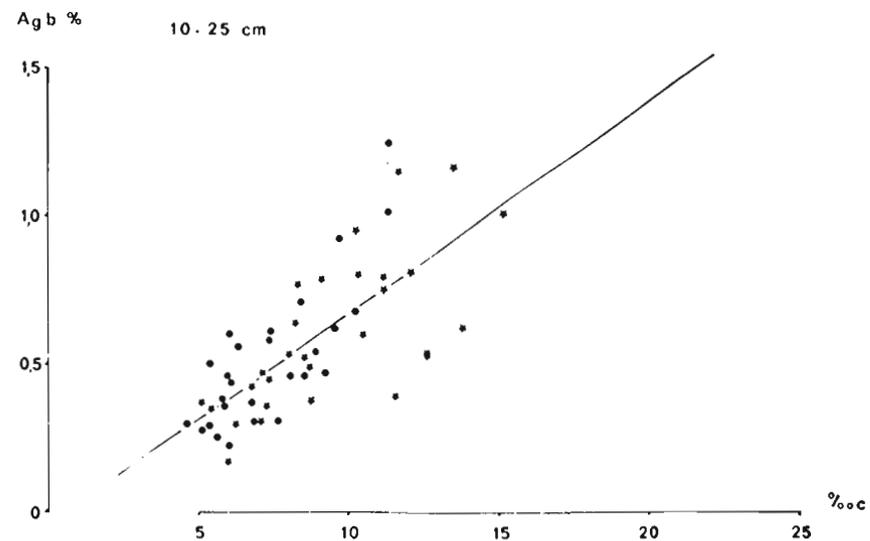
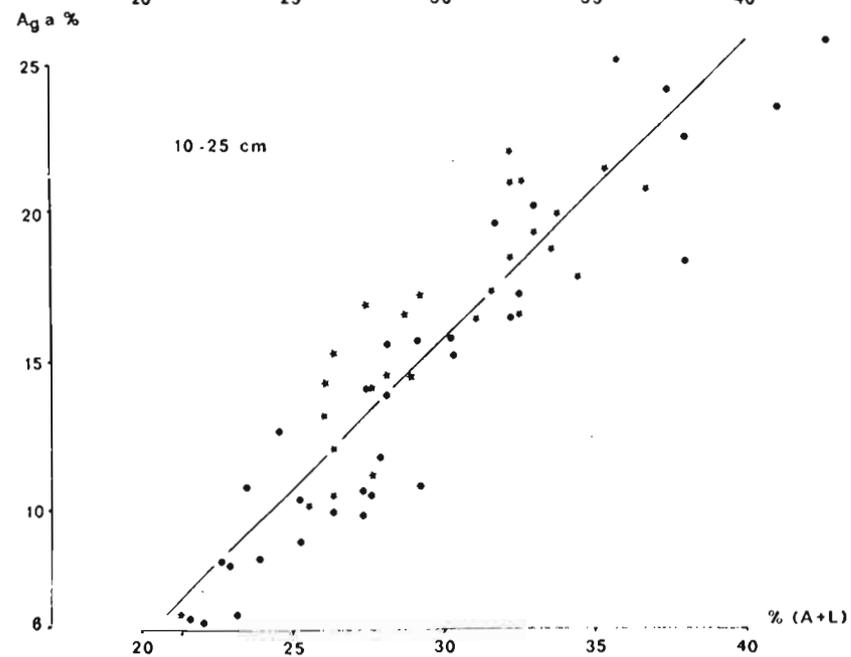
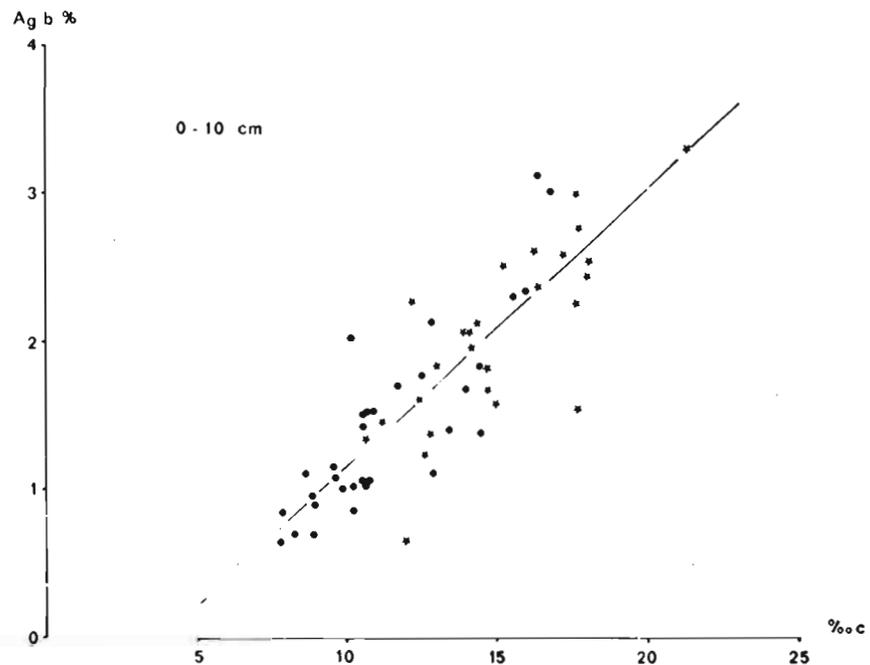
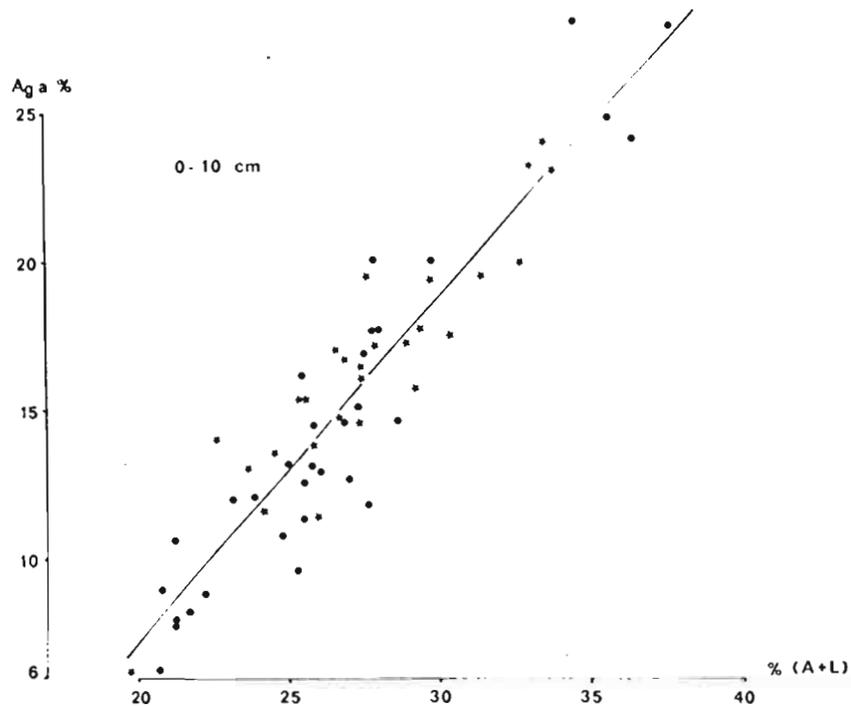


Figure n° 19 Dépendance des taux d'agrégats stables à l'alcool et au benzène avec respectivement le taux d'argile et limons (0-20 μ) ‰.

et le taux de carbone pour les deux horizons de surface des essais A (*) et B (*).

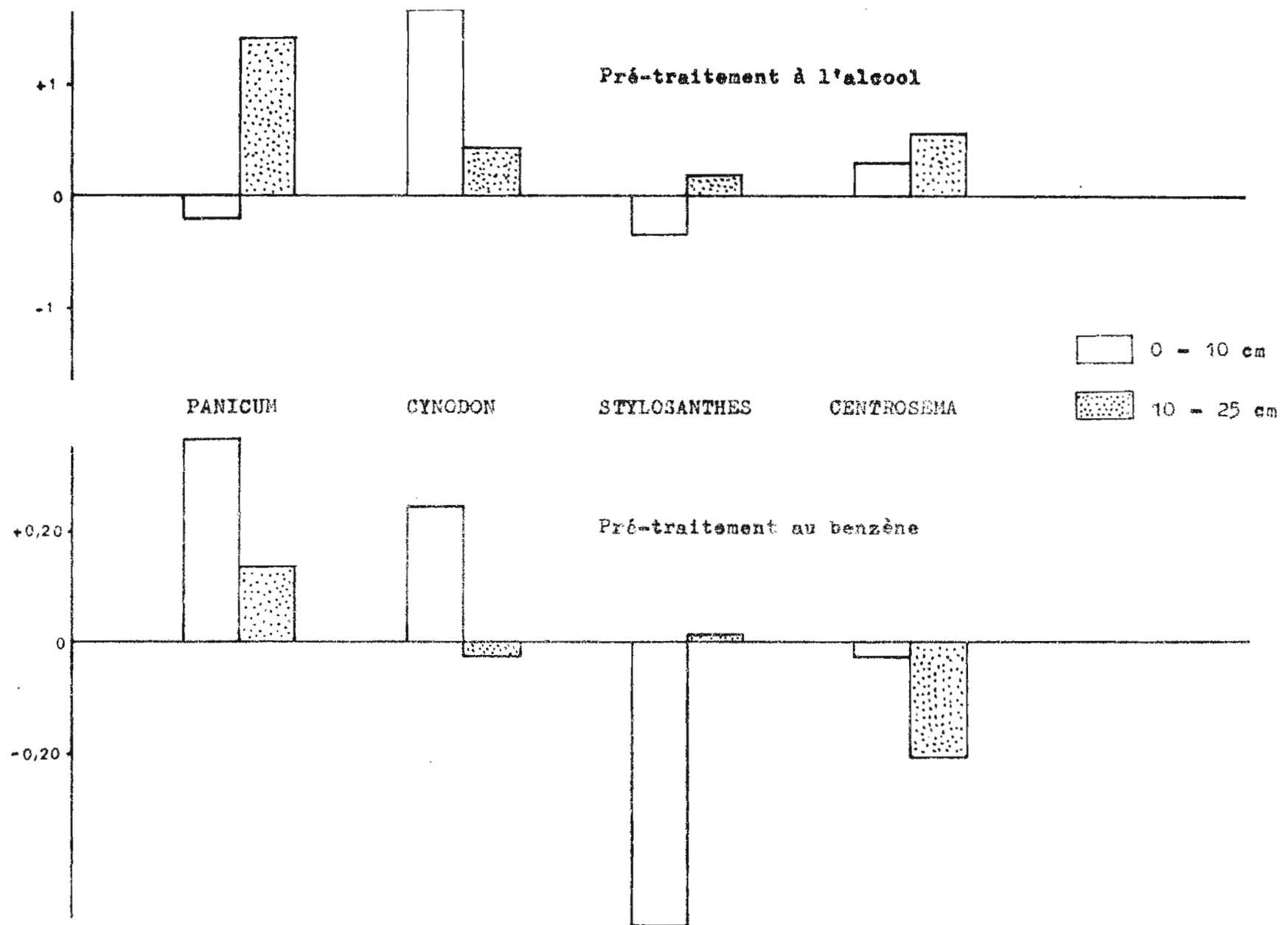


Figure 20 Résidus des regressions de la figure précédente, incluant d'éventuels effets traitement et la variation aléatoire. Cas des traitements communs aux essais A et B (rythme lent, fertilisé).

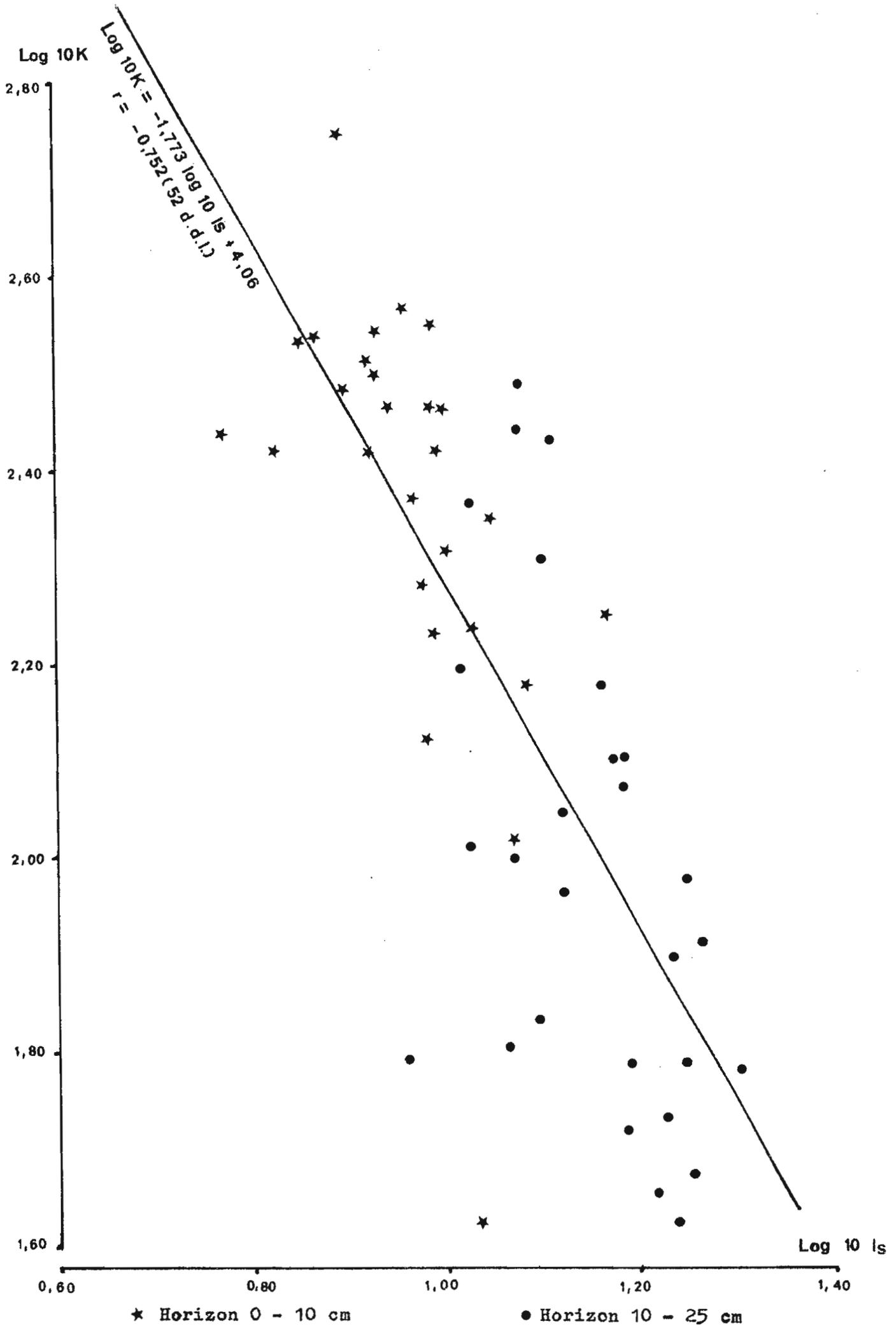


Figure 21 : Stabilité structurale appréciée par la liaison entre Log 10K et Log 10I_s essai A.

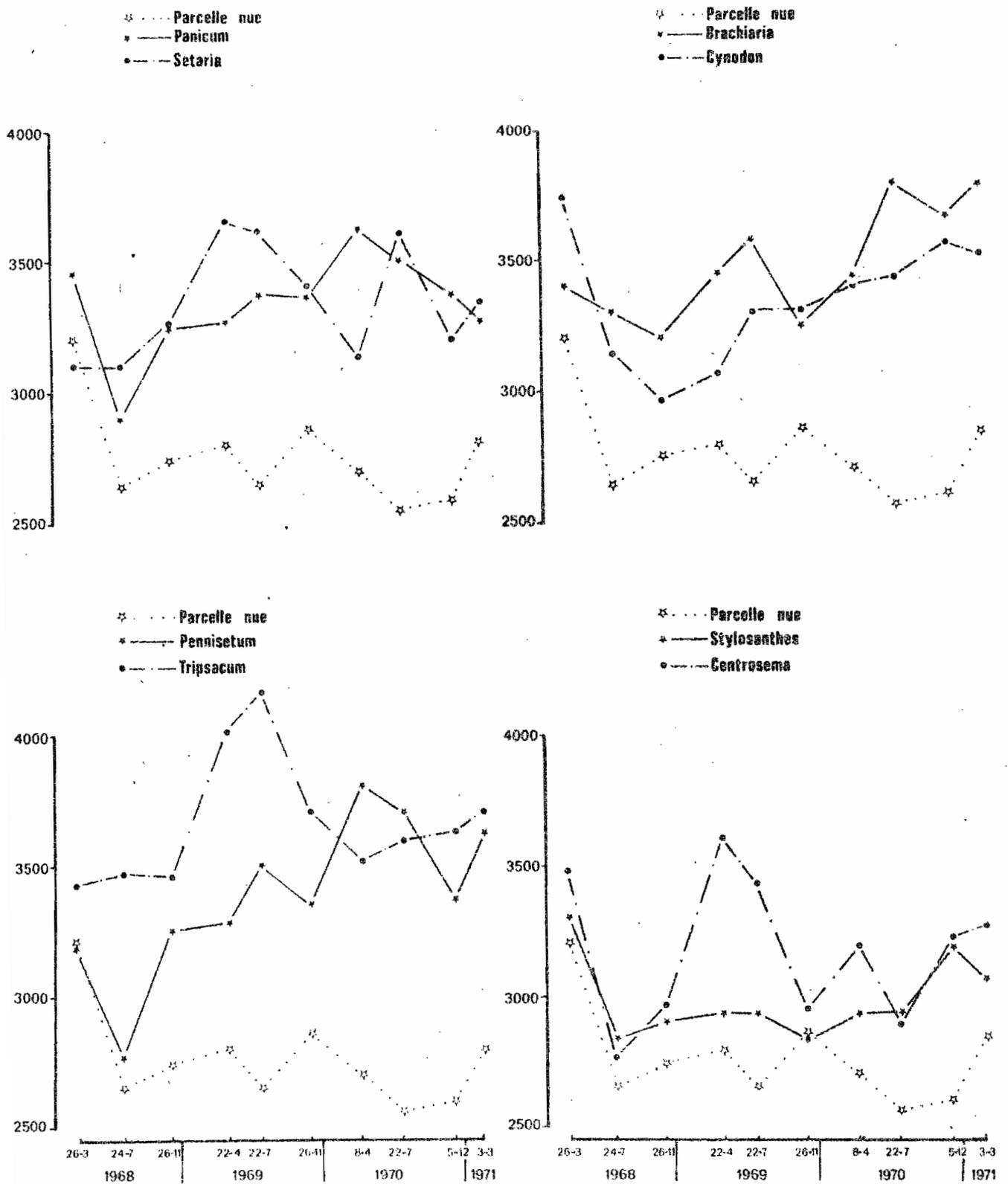


Figure 22 : Caynes A - Quantités de matière organique totale dans l'horizon 0 - 10 cm en g / m².

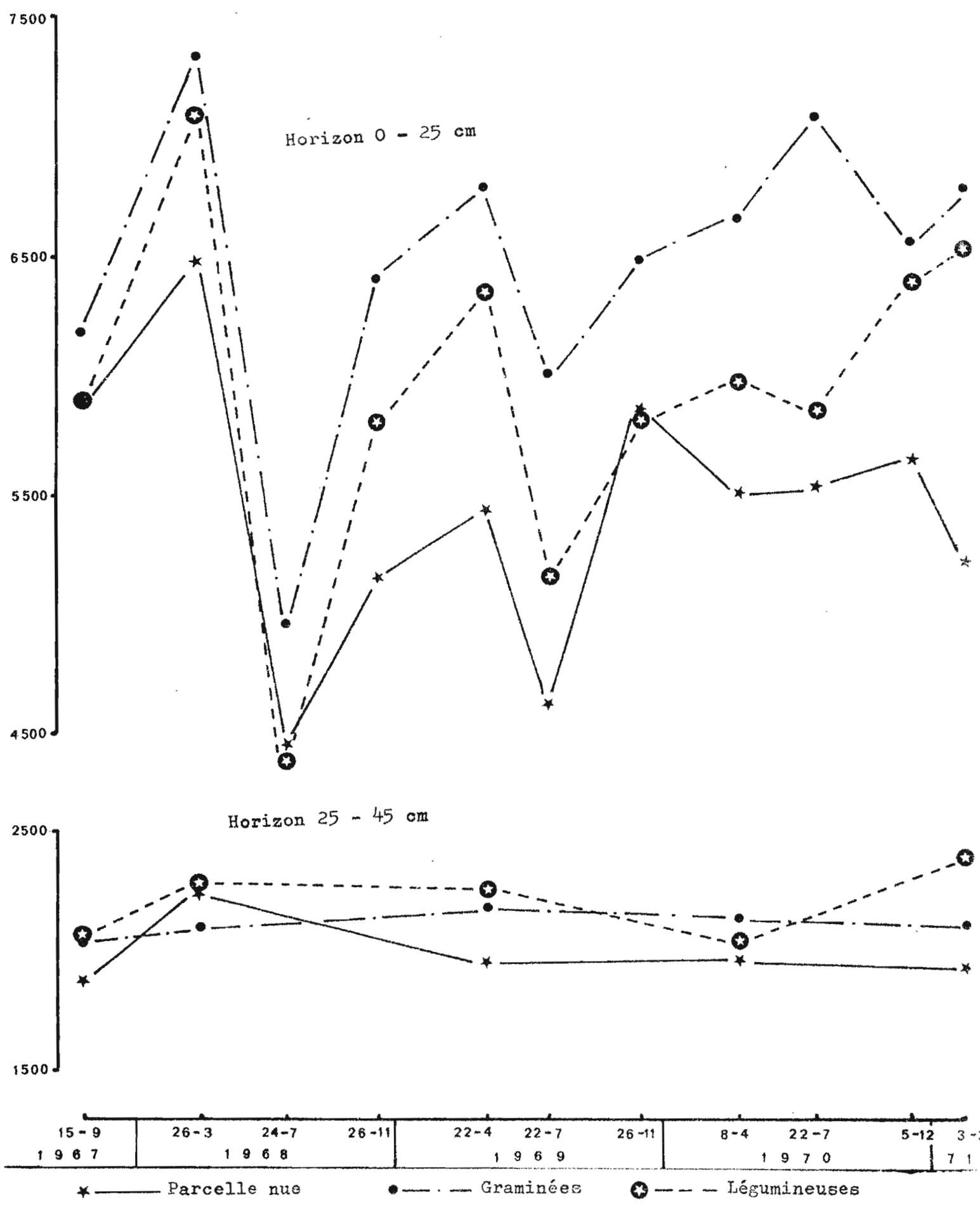
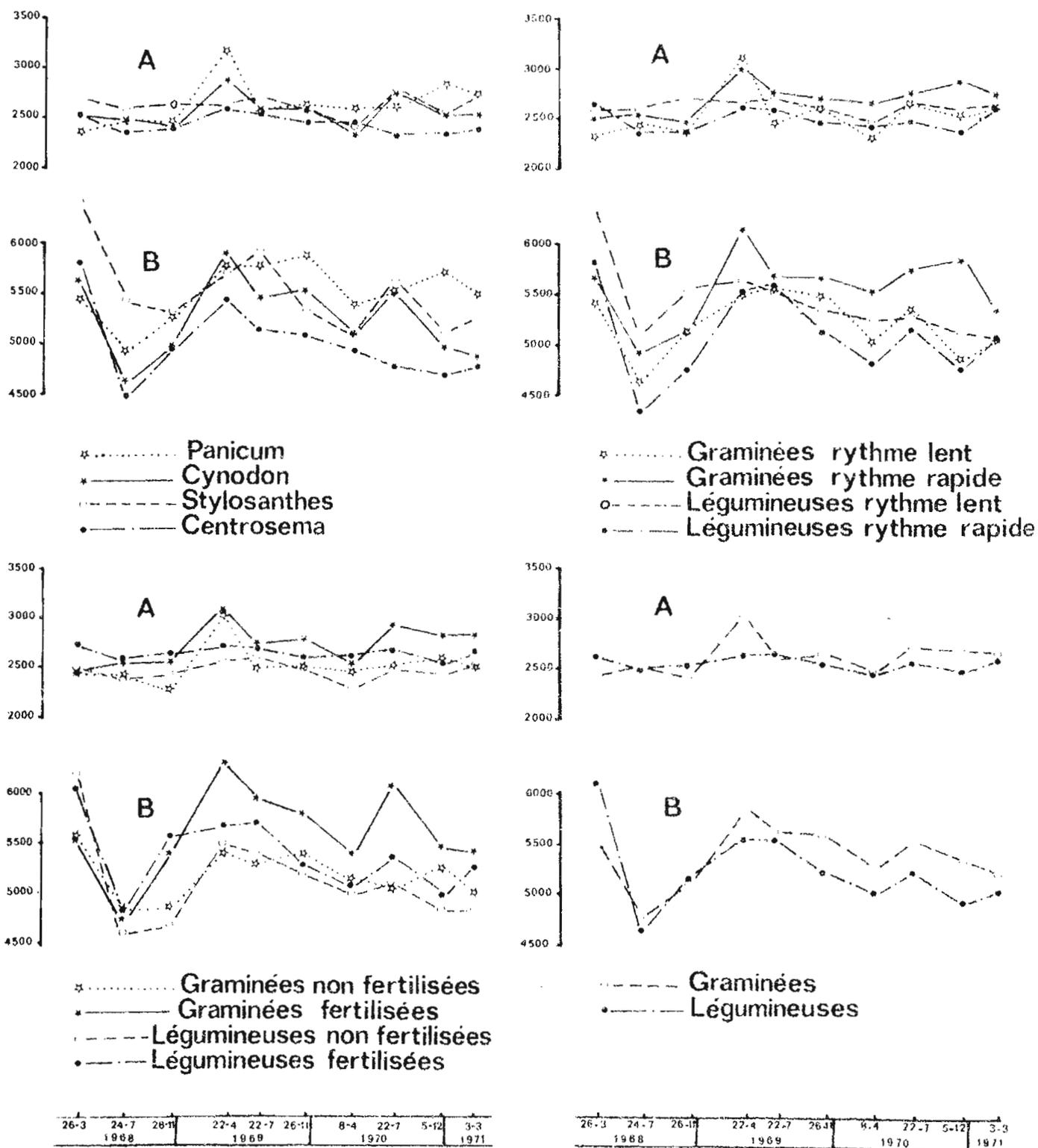


Figure 23 : Quantité de matière organique totale en surface et en profondeur pour quelques traitements en g / m².



A: Horizon 0-10cm

B: Horizon 10-25cm

Figure 24 : Gagnoa B - Quantité de matière organique totale en g / m^2 dans les deux horizons de surface pour quelques traitements.

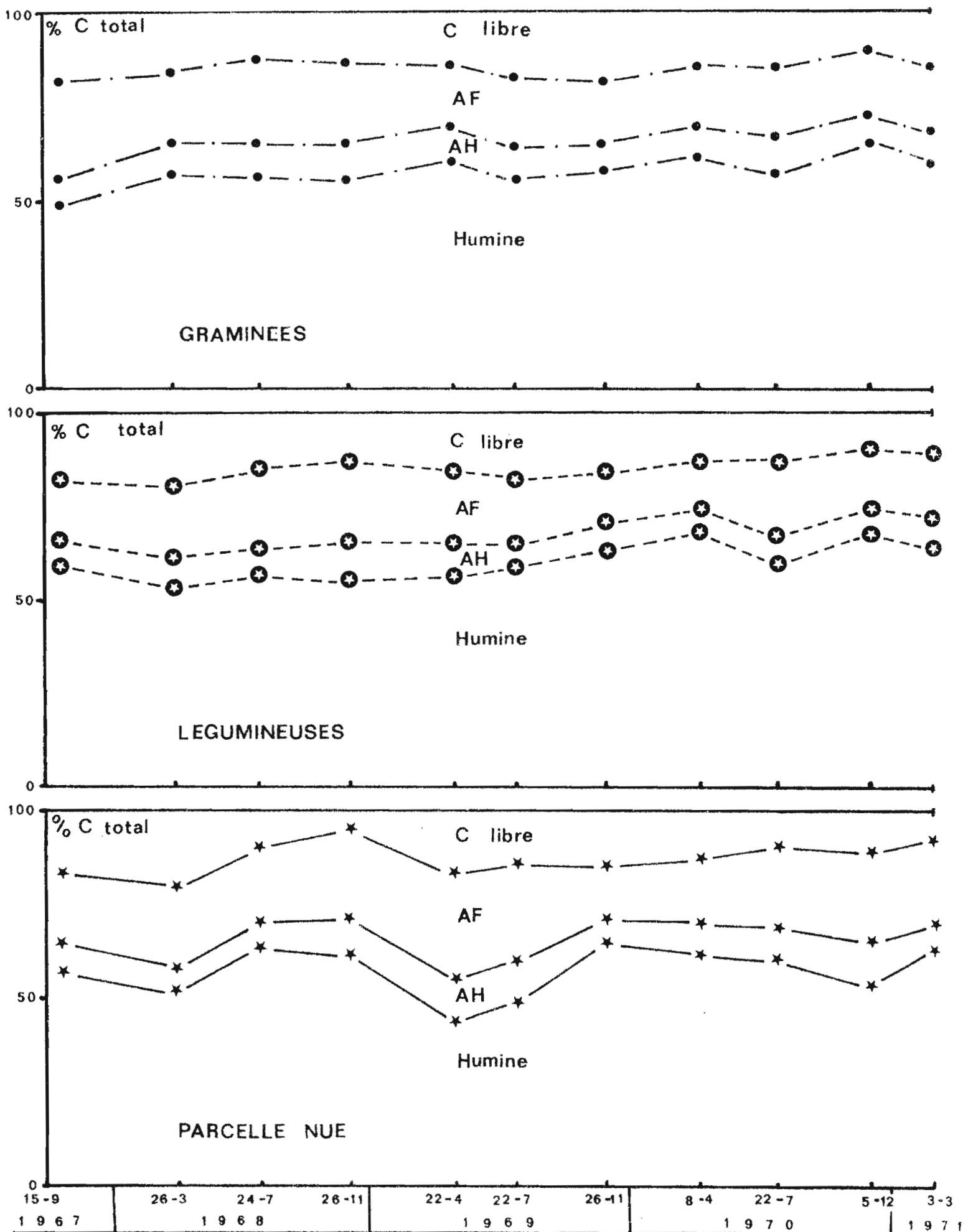


Figure 25 : Répartition en pourcentage des principaux constituants de la matière organique totale dans l'horizon 0 - 25cm pour quelques traitements - Essai A.

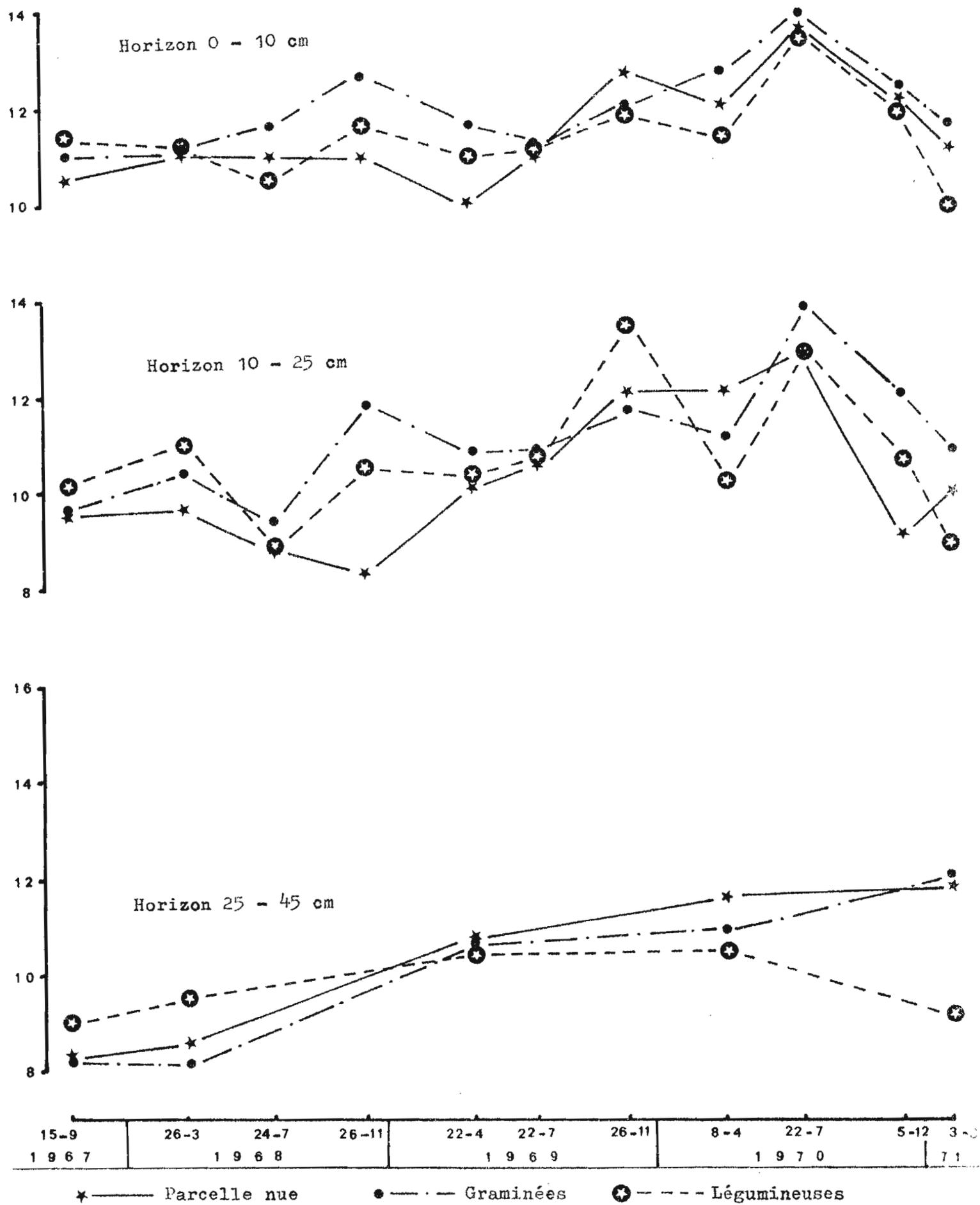


Figure 26 : Evolution du rapport C / N dans trois horizons, pour quelques traitements regroupés - Essai A.

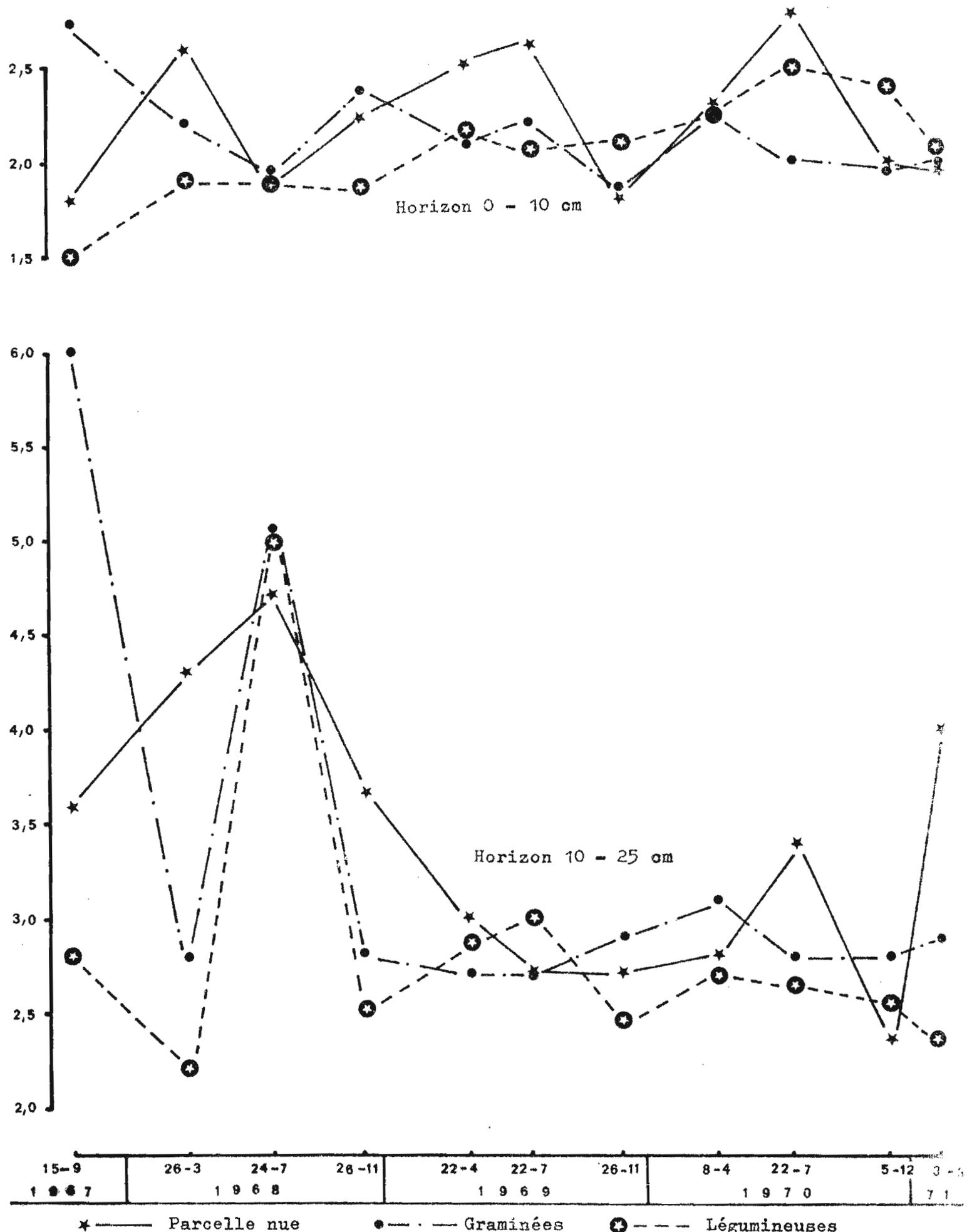
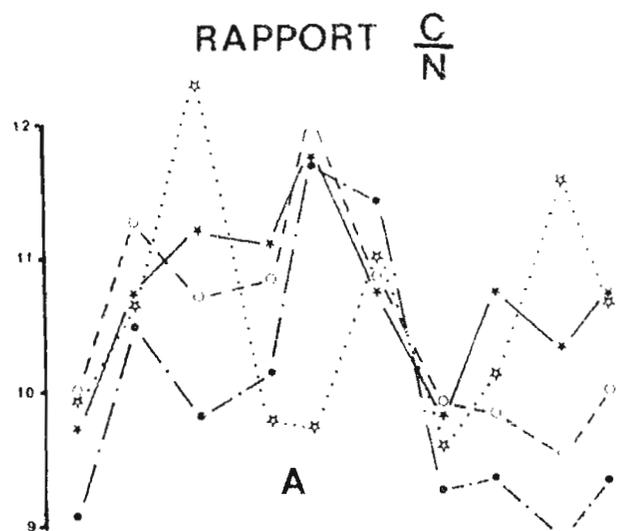
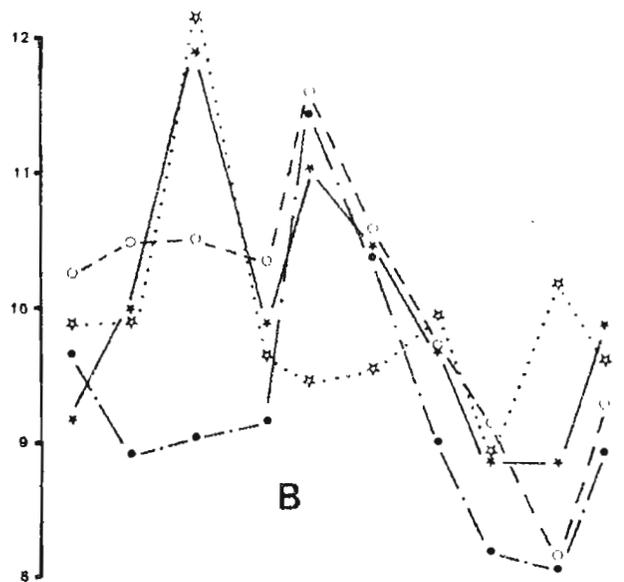


Figure 27 : Evolution du rapport $\frac{A}{F} / \frac{A}{H}$ pour quelque traitements dans les deux horizons de surface. Essai A.

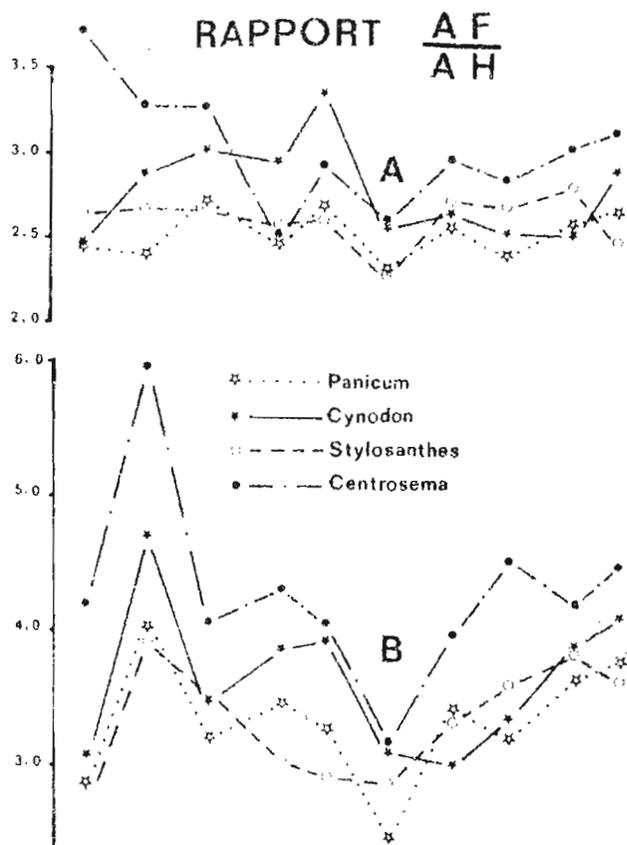


- ☆ Panicum
- * — Cynodon
- - - Stylosanthes
- - - Centrosema

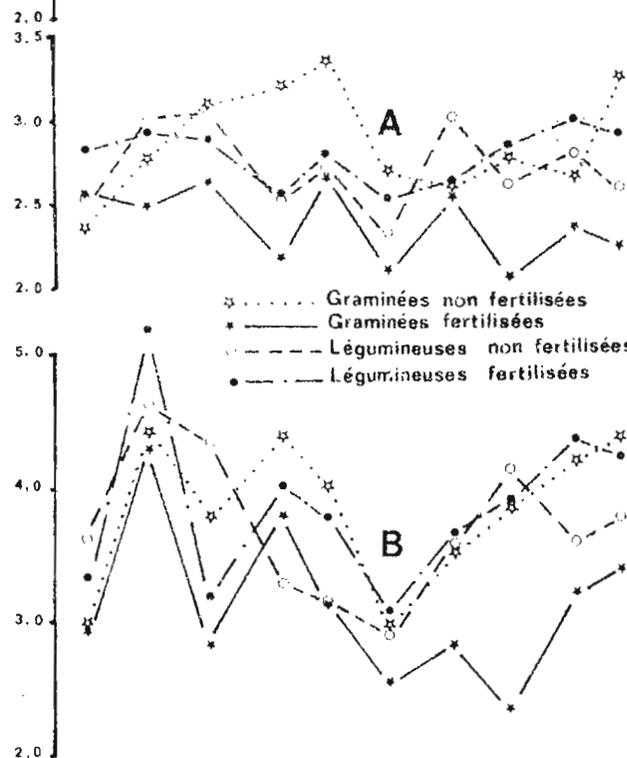


26-3 24-7 26-11 22-4 22-7 26-11 8-4 22-7 5-12 3-3
1968 1969 1970 1971

A: Horizon 0-10cm



- ☆ Panicum
- * — Cynodon
- - - Stylosanthes
- - - Centrosema



- ☆ Graminées non fertilisées
- * — Graminées fertilisées
- - - Légumineuses non fertilisées
- - - Légumineuses fertilisées

26-3 24-7 26-11 22-4 22-7 26-11 8-4 22-7 5-12 3-3
1968 1969 1970 1971

B: Horizon 10-25cm

Figure 28 : Gagnoa B - Rapports C / N et AF / AH pour quelques traitements.

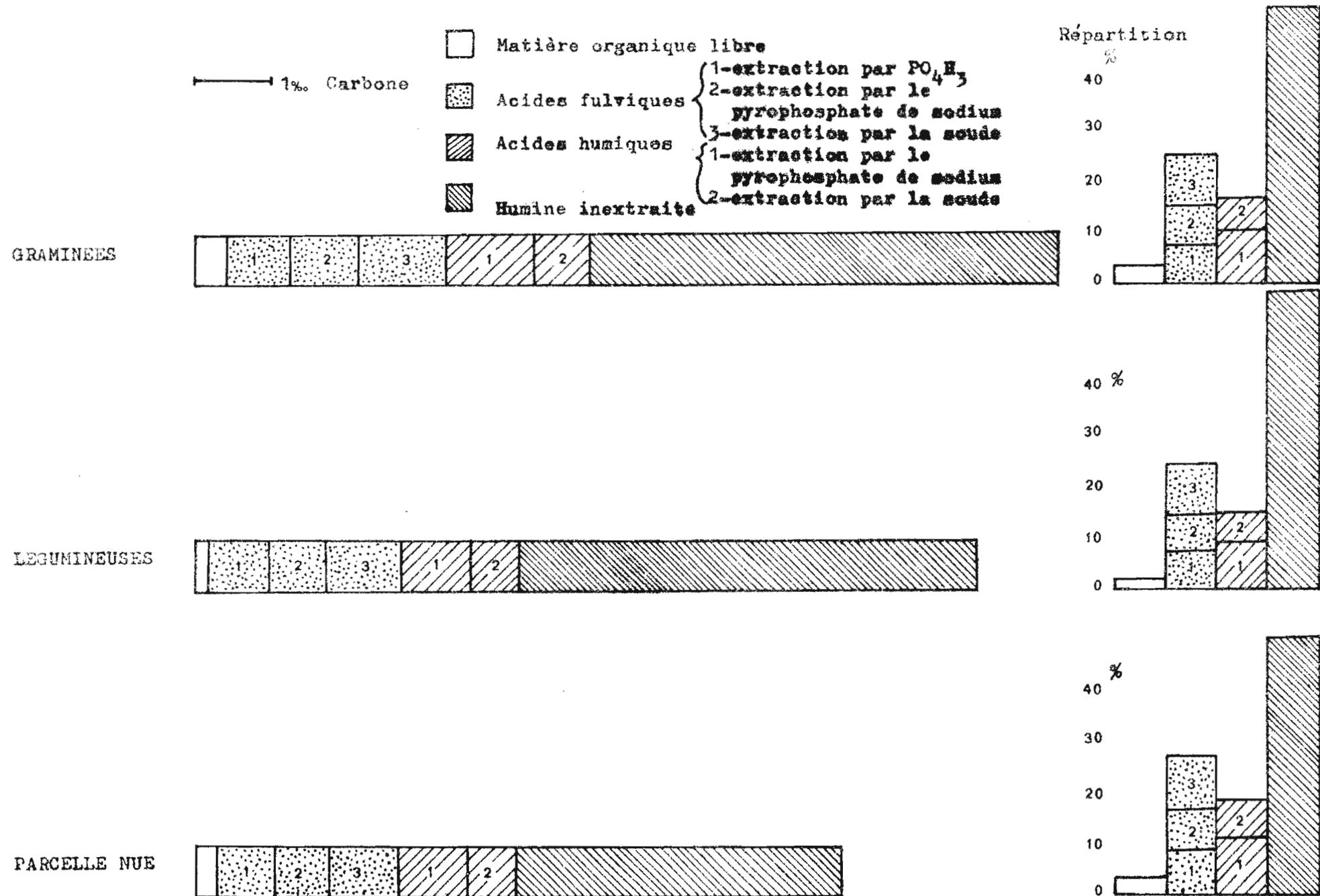


Figure 29 : GAGNOA A- Composition quantitative et qualitative de la matière organique en fin de phase fourragère dans l'horizon 0 - 10 cm selon les principaux traitements.

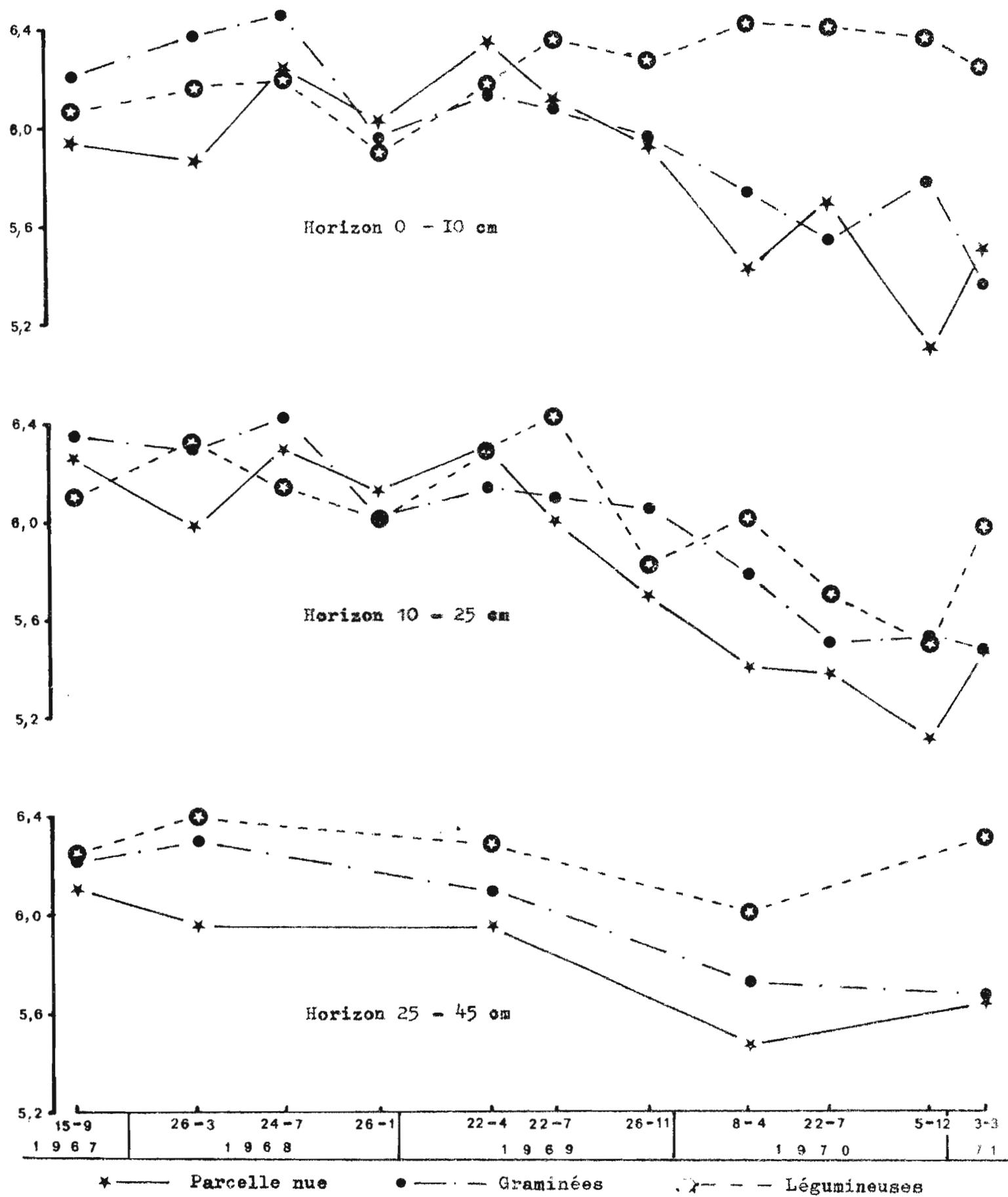


Figure 30 : Evolution du ph - Essai A .

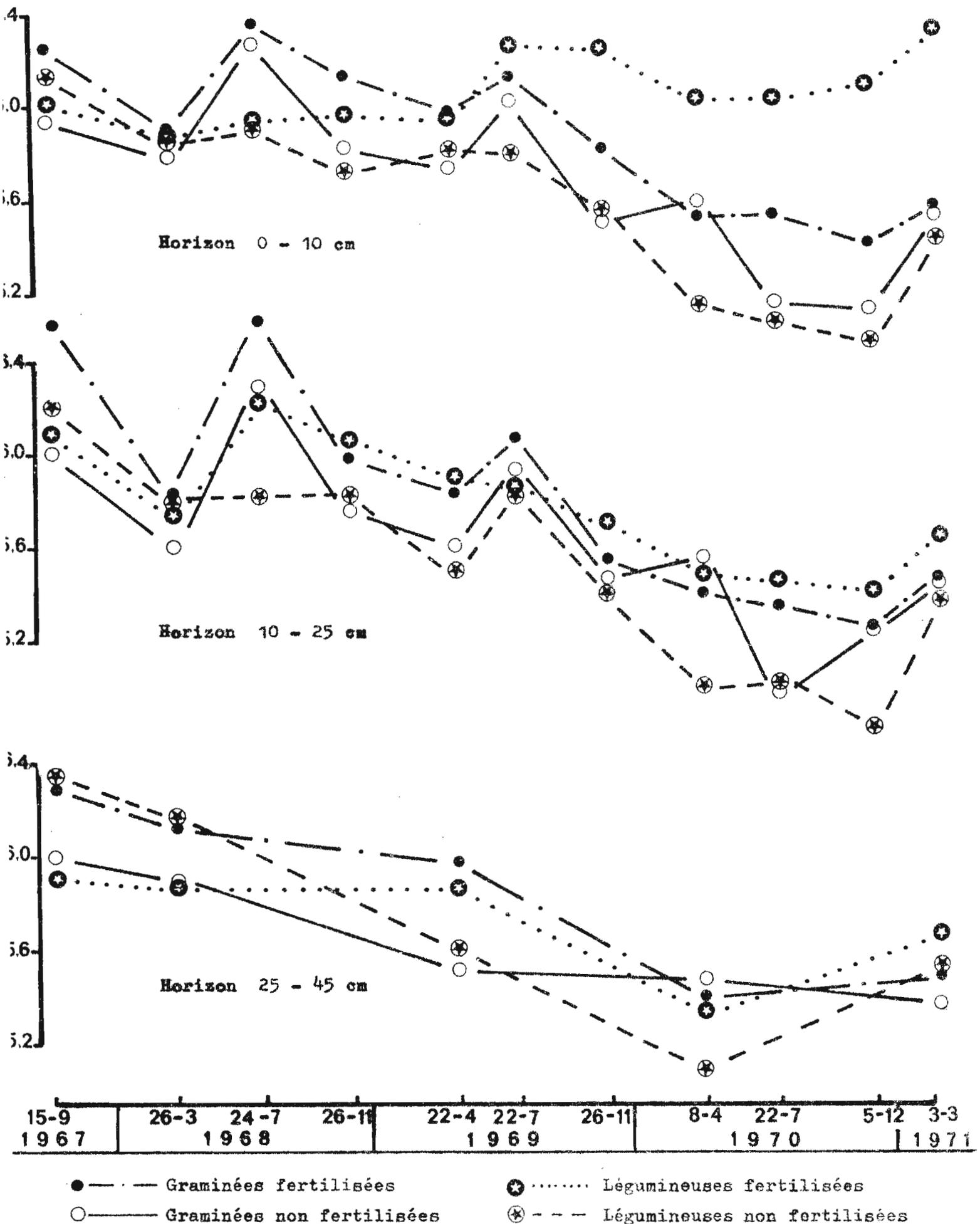


Figure 30 bis : Evolution du pH - Essai B.

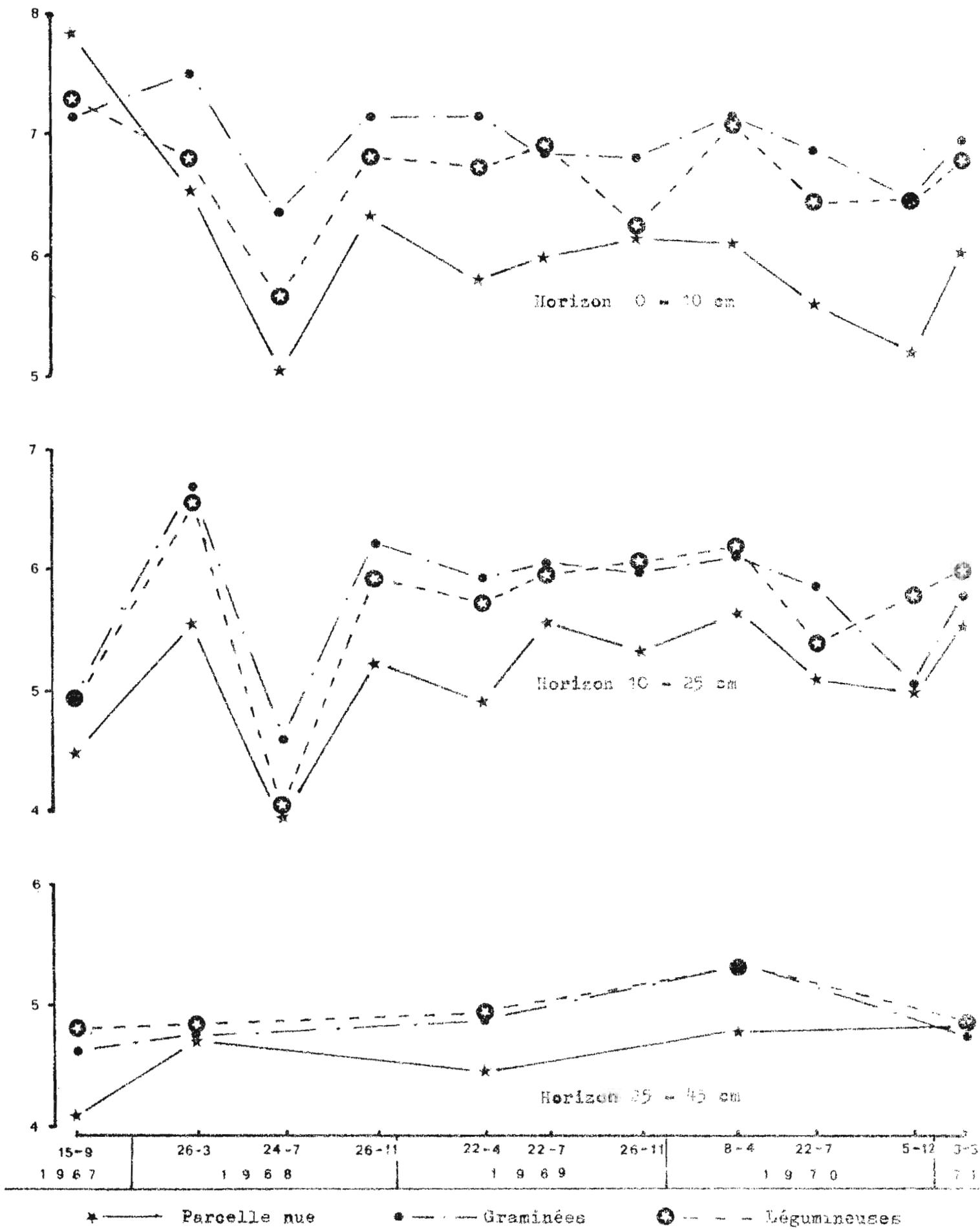


Figure 31 : Evolution de la CEC (me/100g) - Essai A .

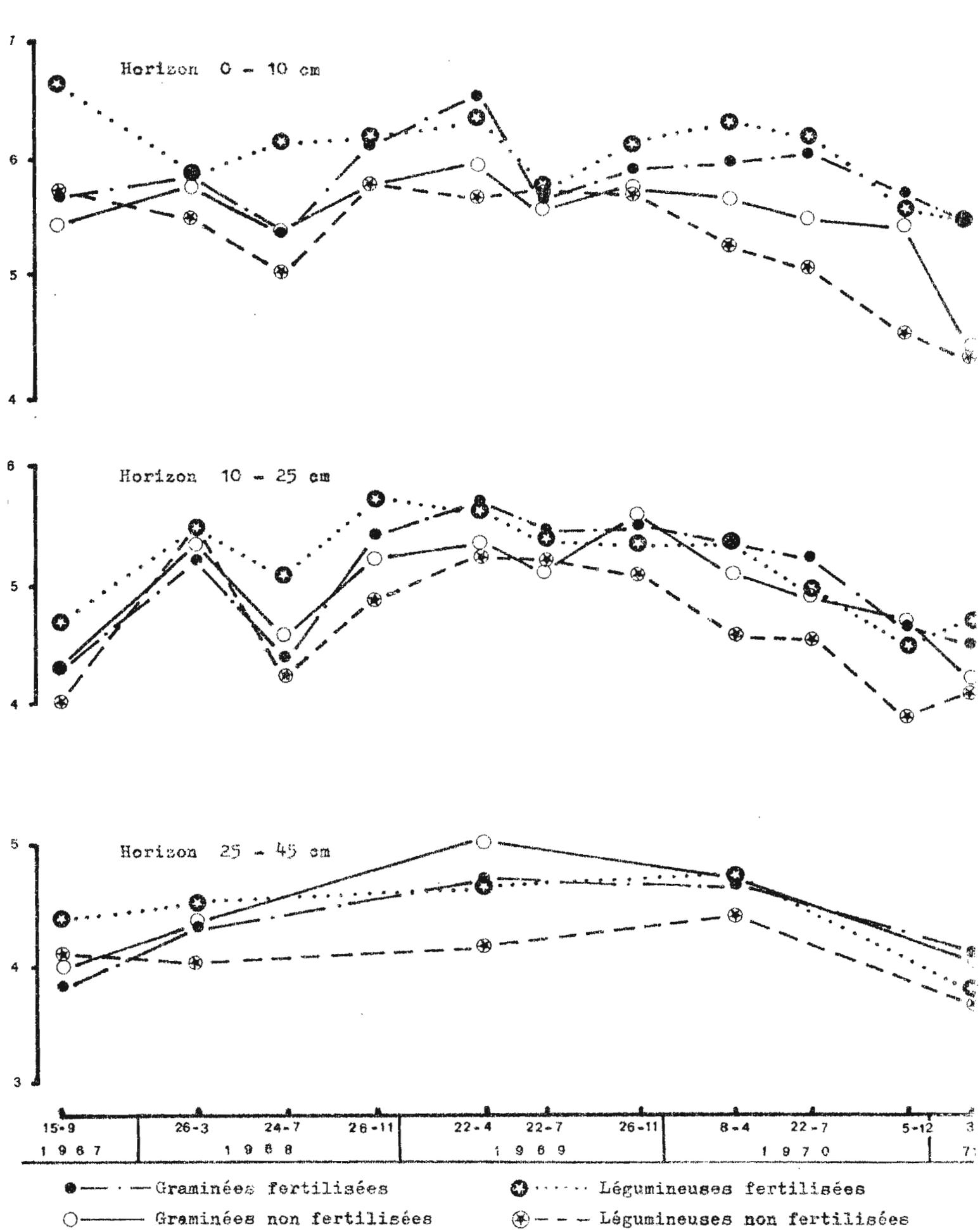


Figure 31 bis : Evolution de la CEC (mé/100g) - Essai B.

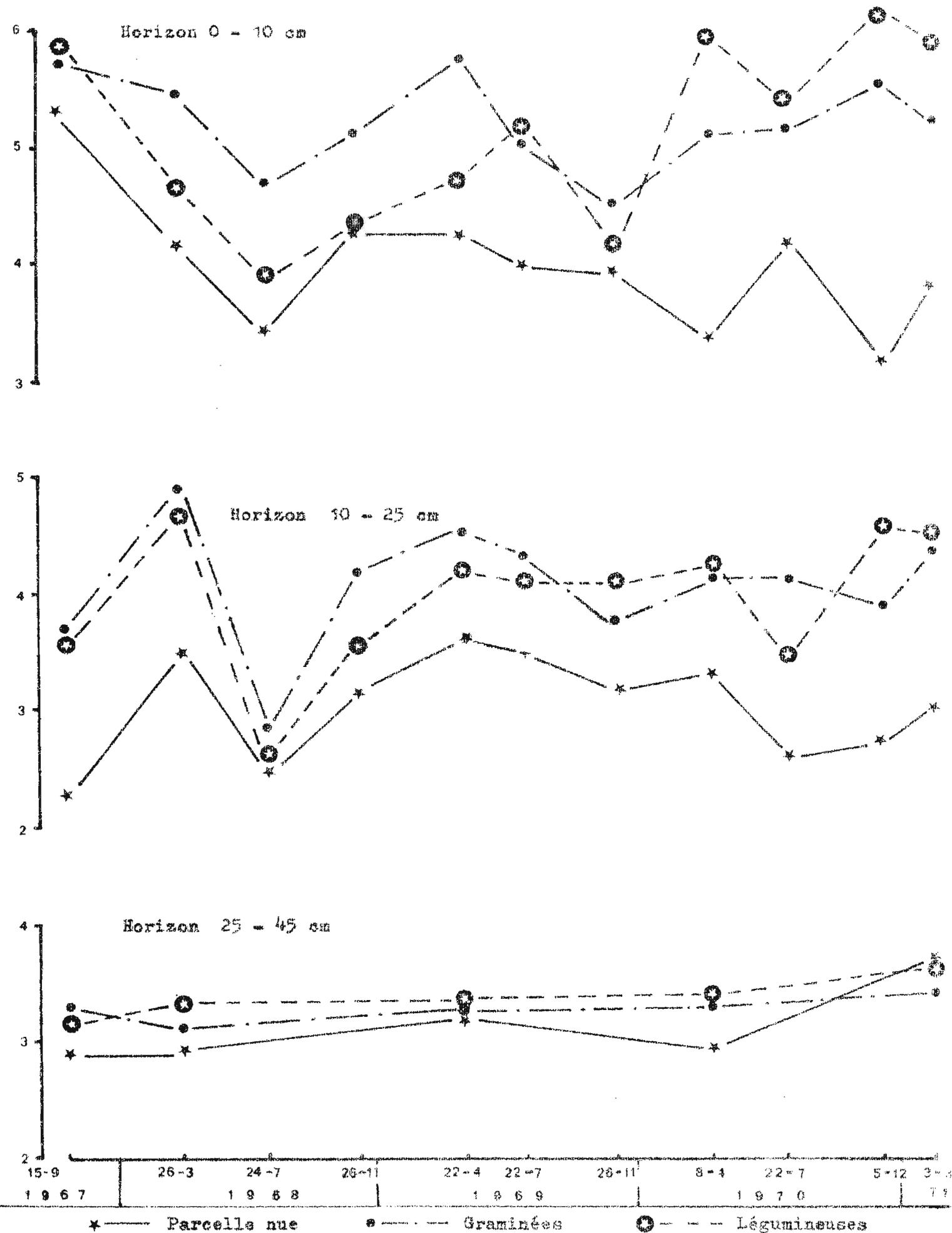


Figure 32 : Evolution des bases échangeables (meq/100g)
Essai A.

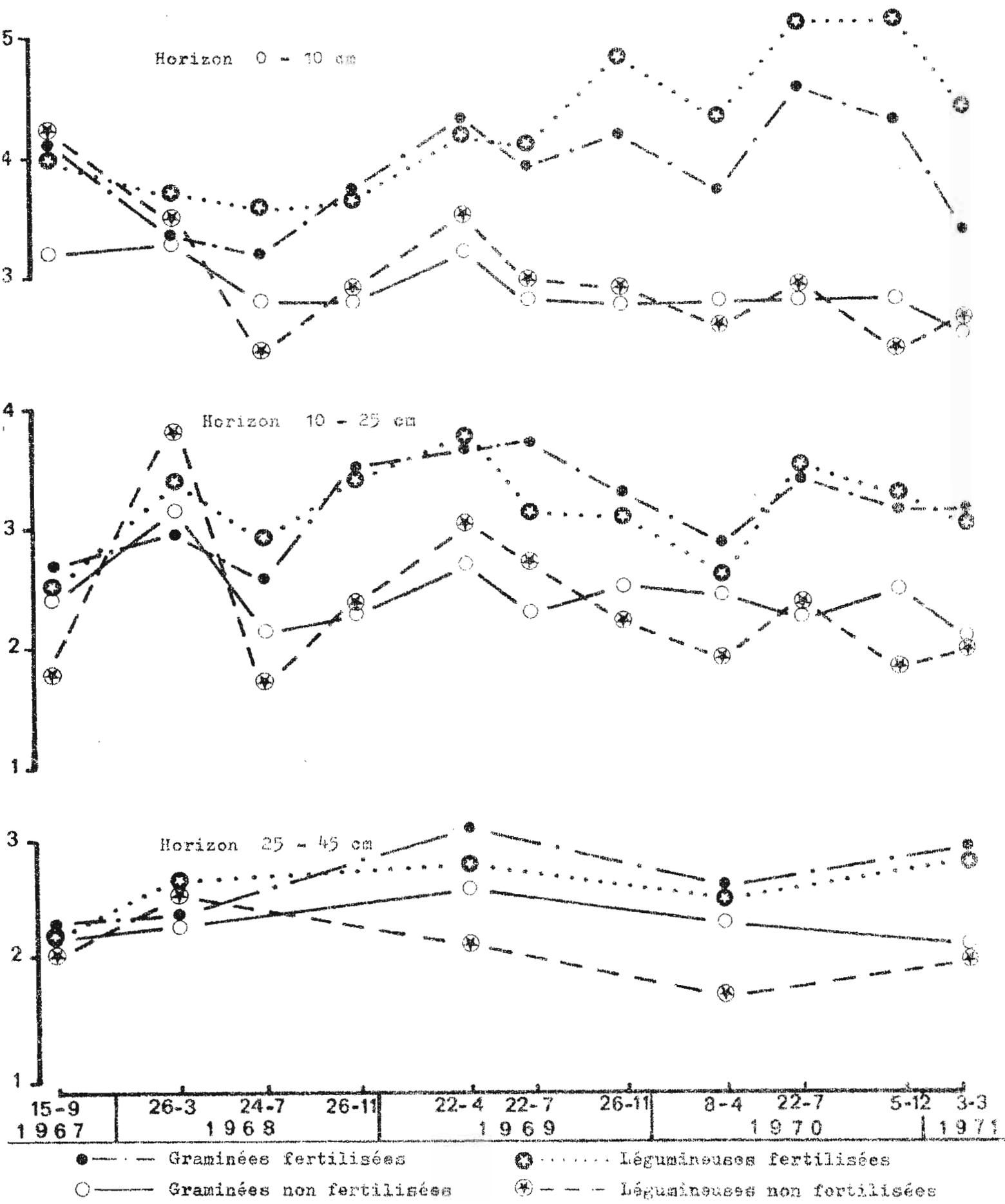


Figure 32 bis : Evolution des bases échangeables (mé/100g)
 Essai B .

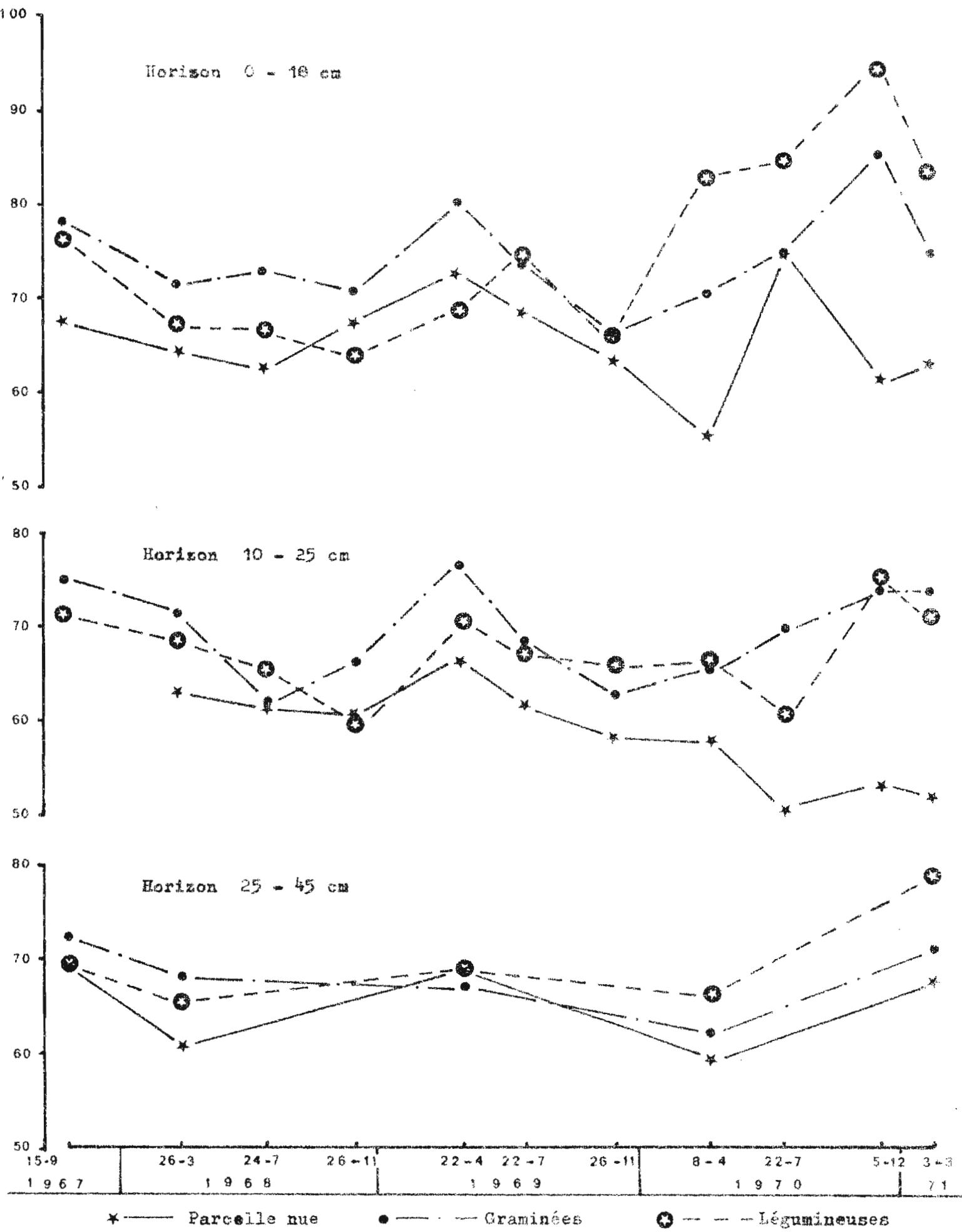


Figure 33 : Evolution du taux de saturation du complexe échangeable (%) - Essai A .

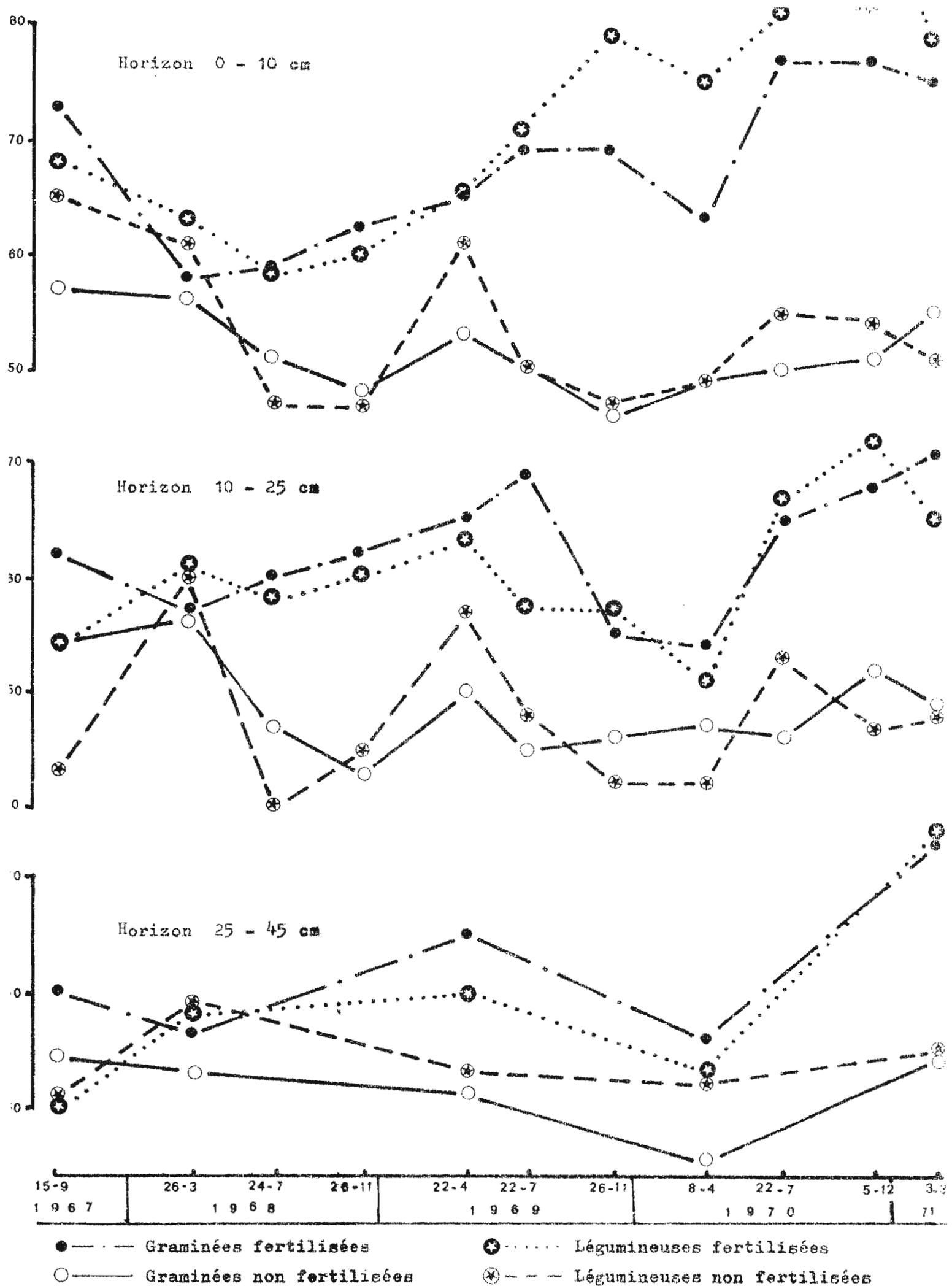
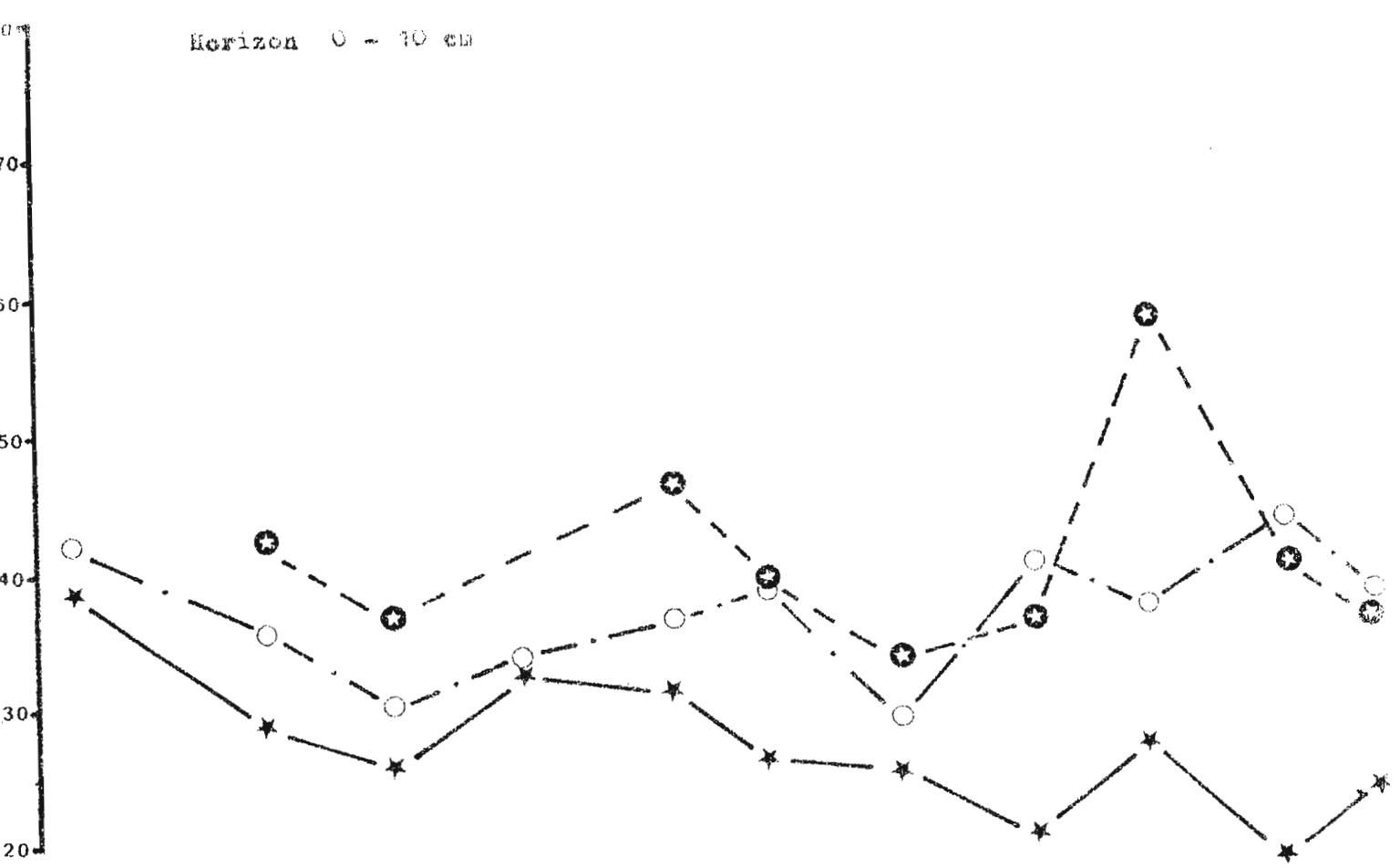
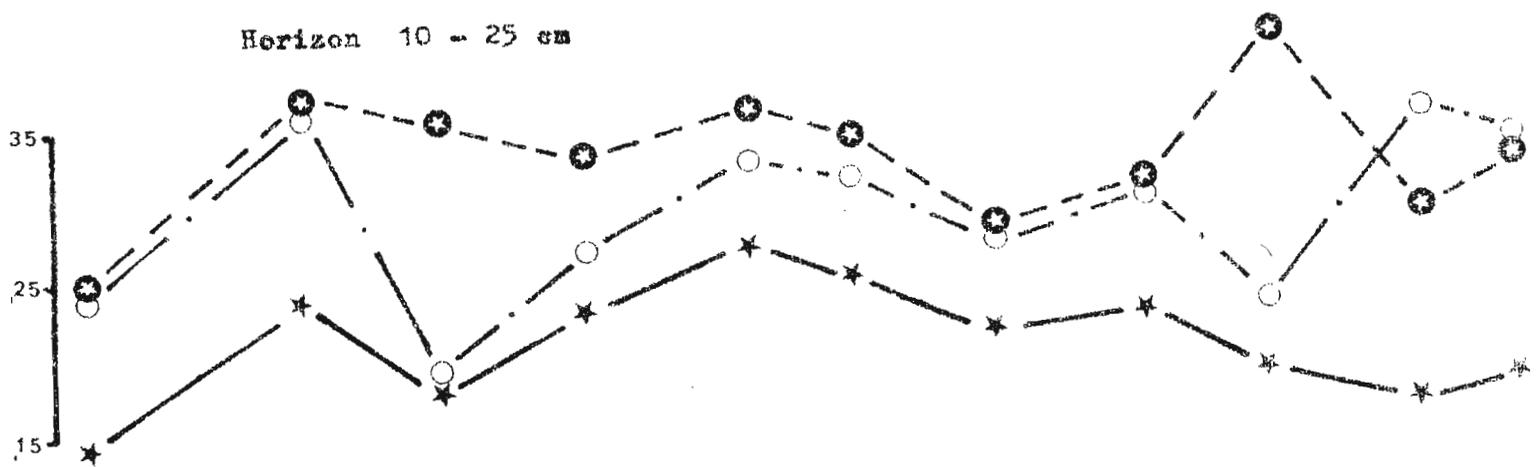


Figure 33^{bis} : Evolution du taux de saturation du complexe échangeable(%) Essai B.

Horizon 0 - 10 cm



Horizon 10 - 25 cm



Horizon 25 - 45 cm

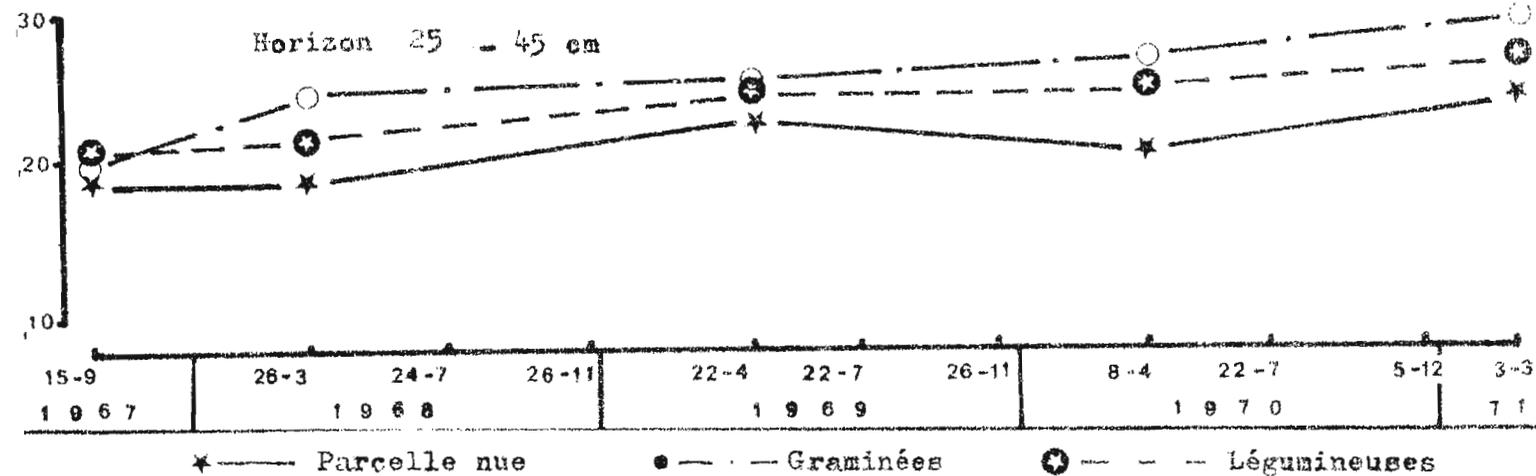


Figure 34 : Evolution du calcium échangeable (me/100g)
Essai A .

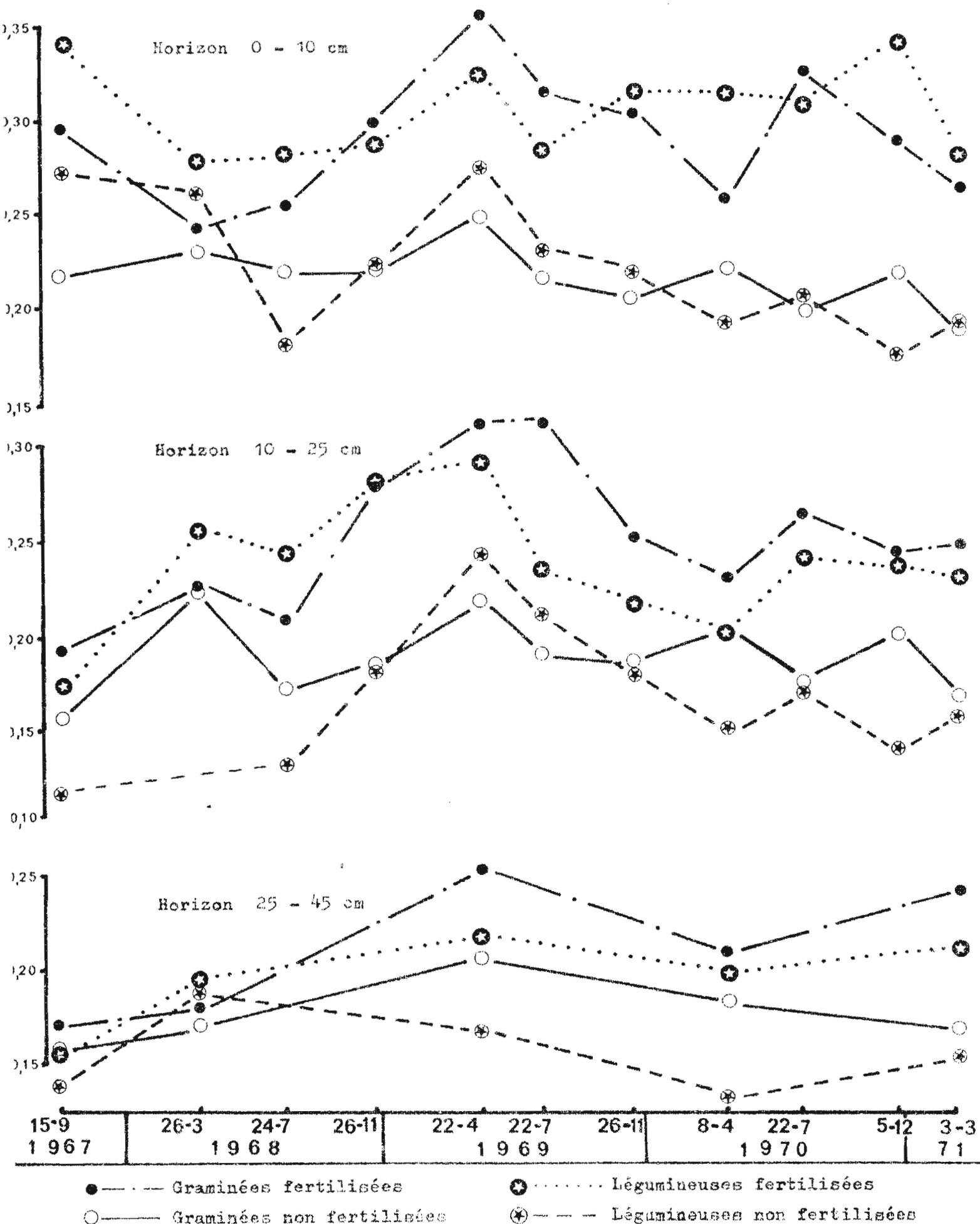


Figure 34^{bis} : Evolution du calcium échangeable (mé/100g) - Essai B .

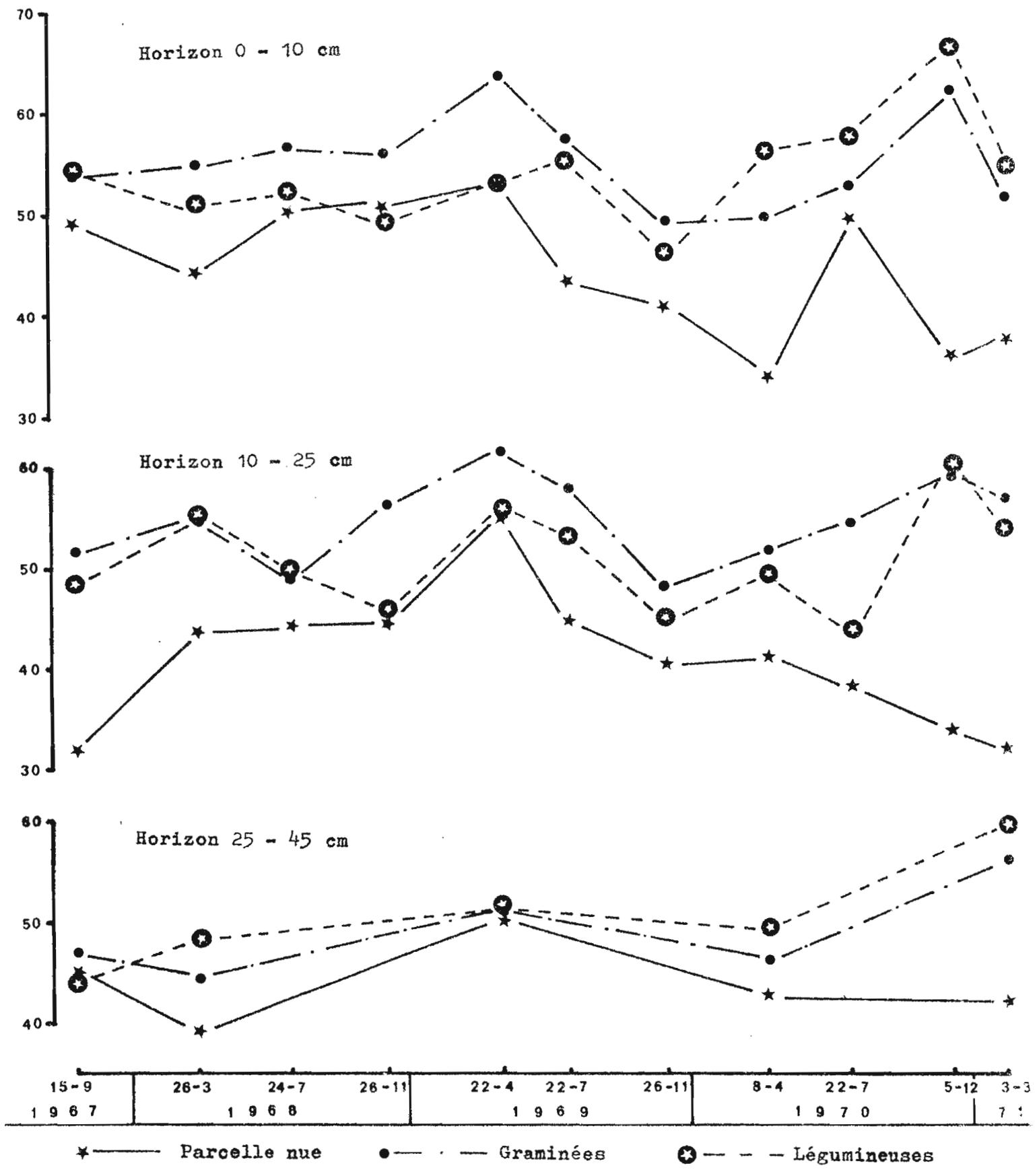


Figure 35 : Evolution du taux de saturation en calcium du complexe échangeable (%) - Essai A .

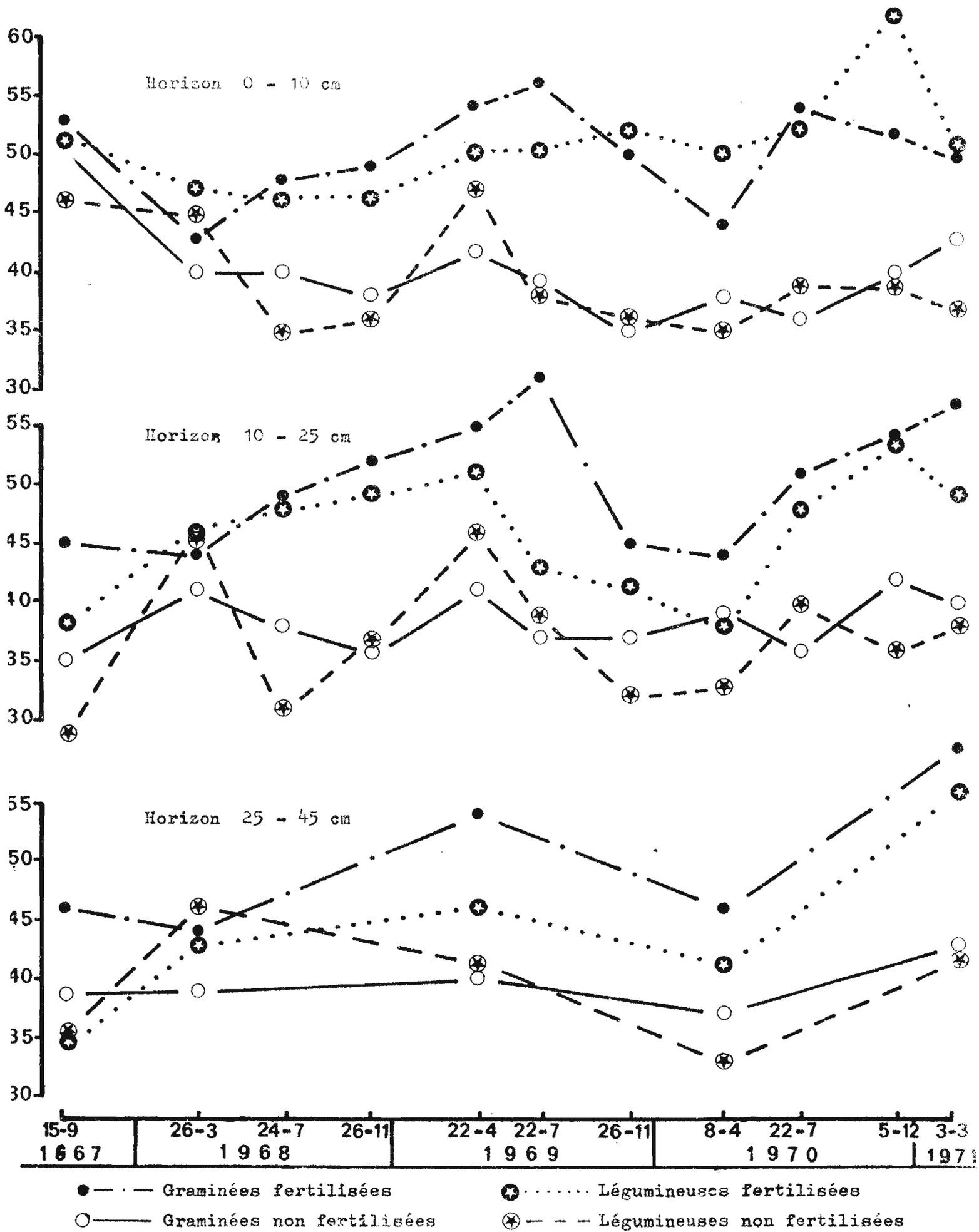


Figure 35^{bis} : Evolution du taux de saturation en calcium du complexe échangeable (%) - Essai B .

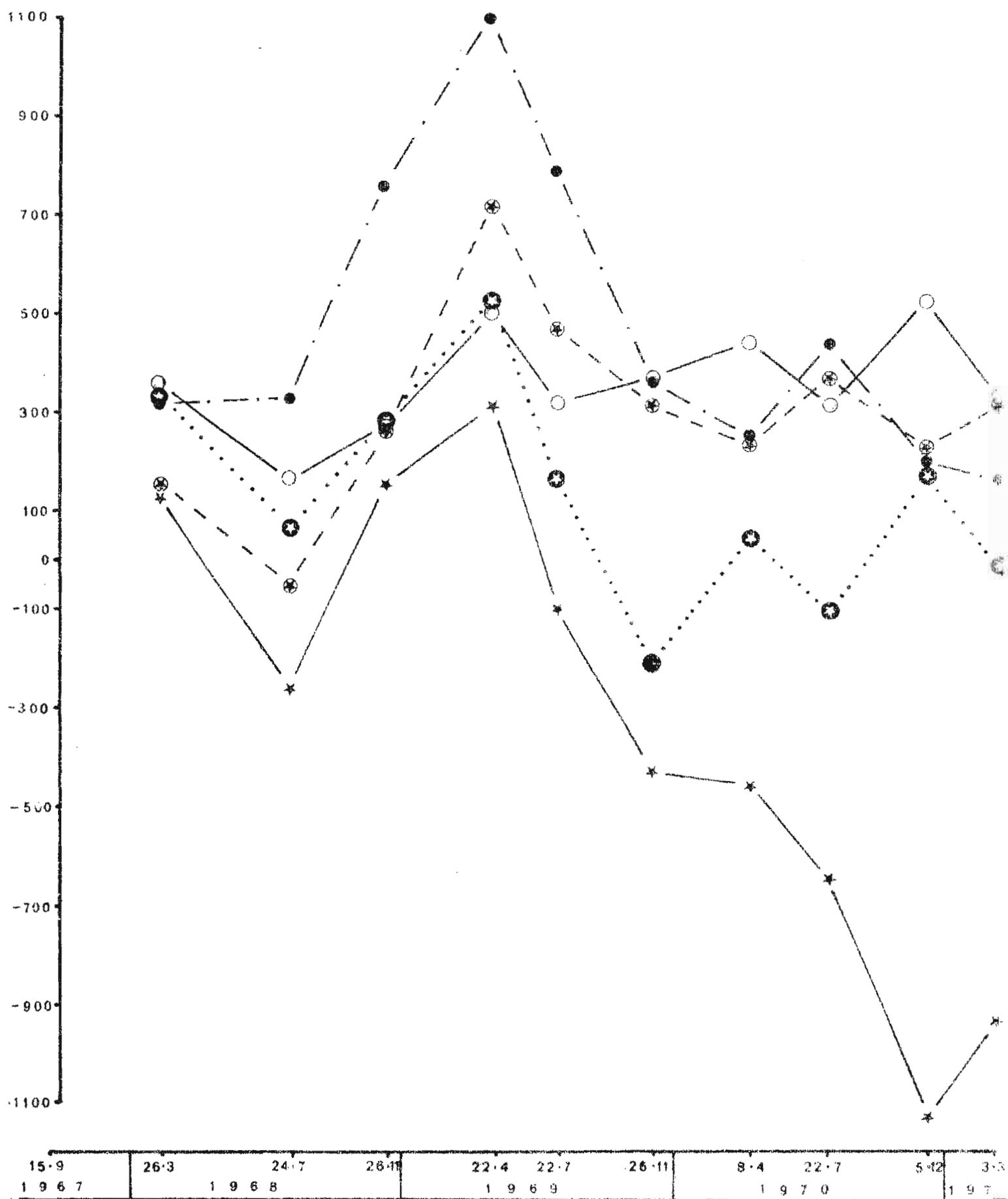
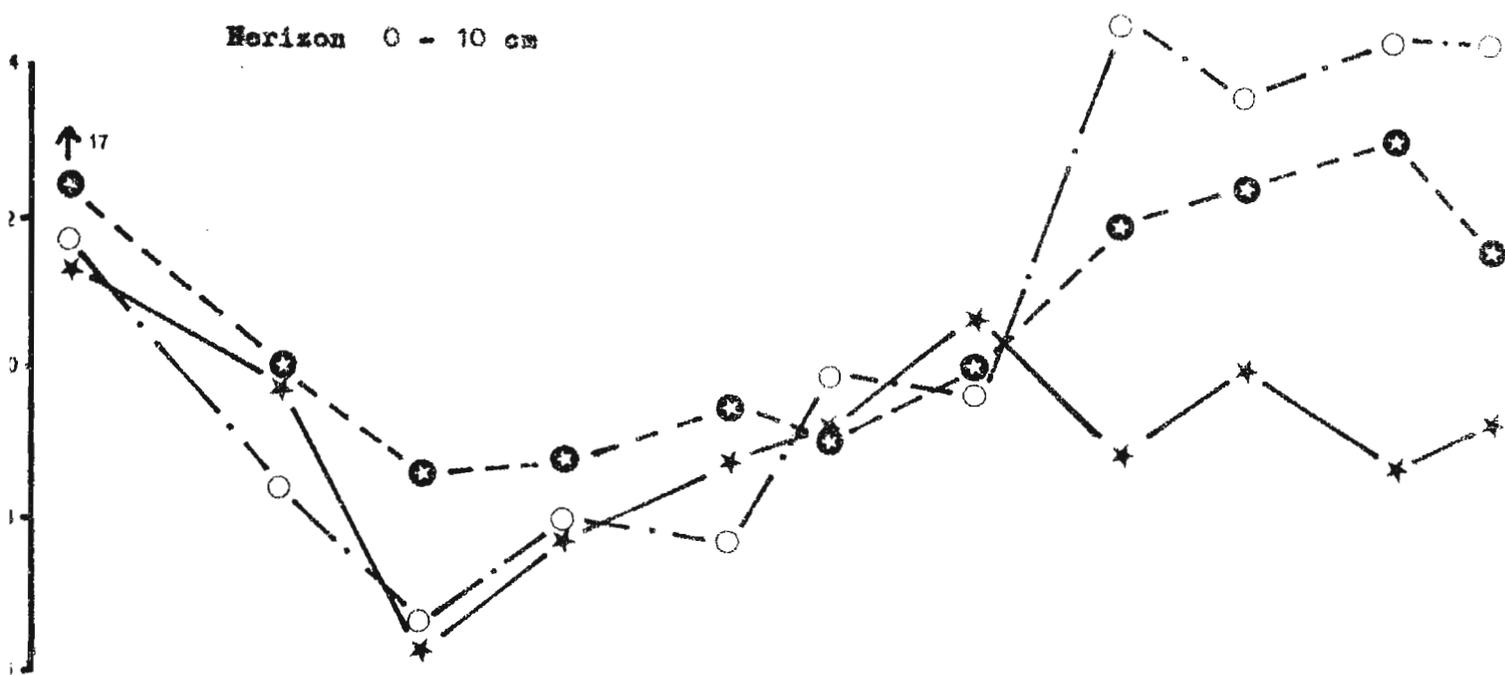
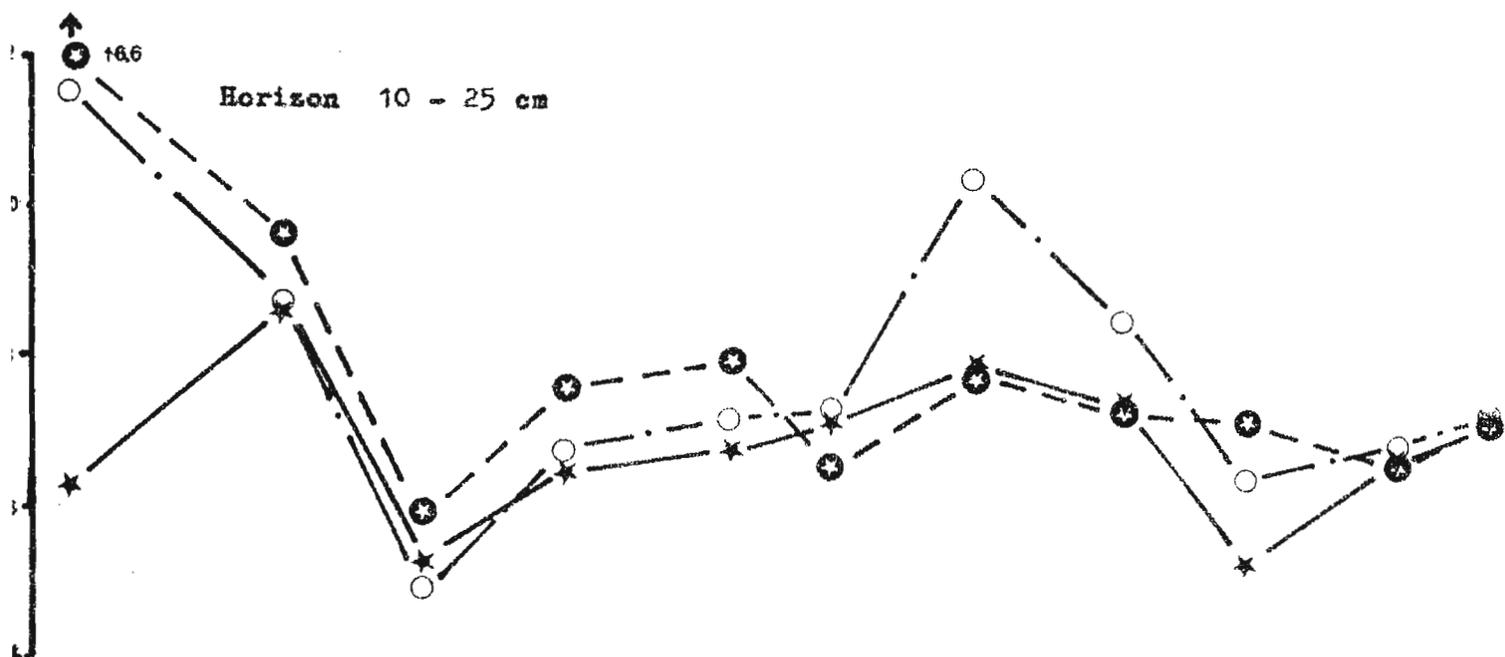


Figure 36 : Bilan en calcium (Kg / ha).

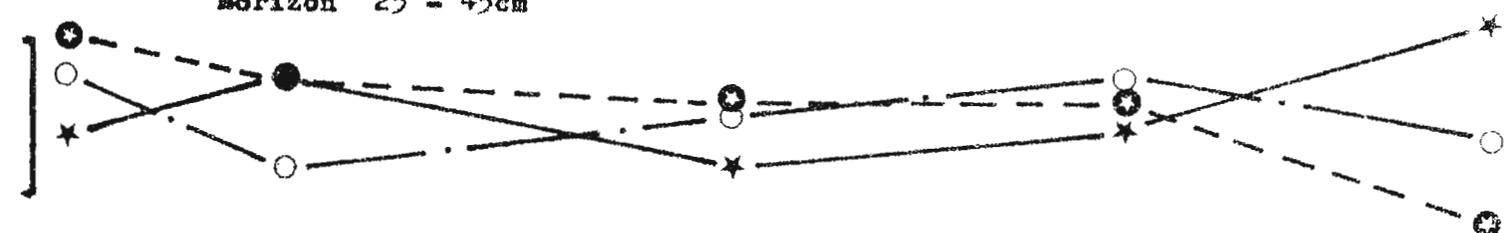
Horizon 0 - 10 cm



Horizon 10 - 25 cm



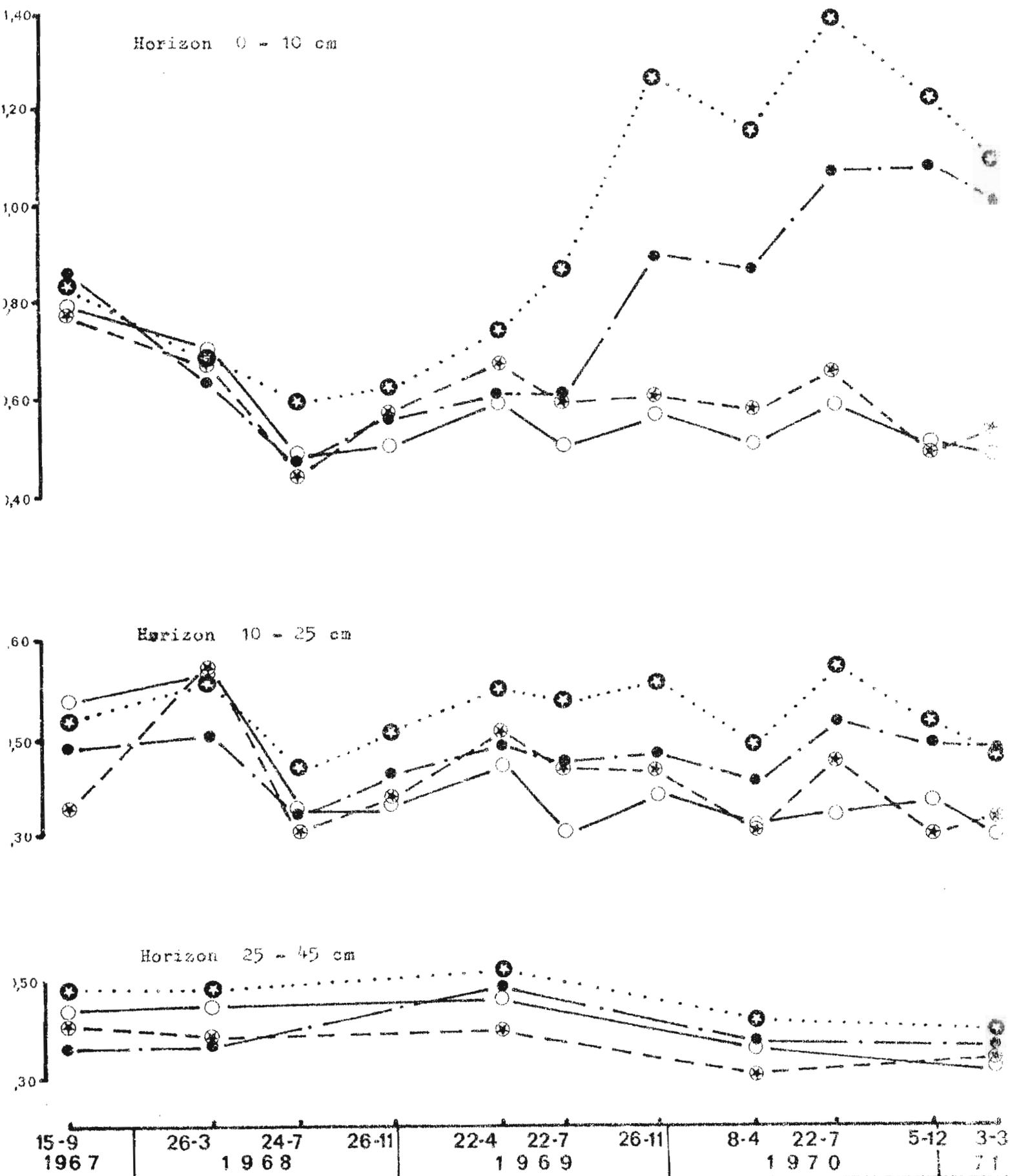
Horizon 25 - 45cm



15-9	26-3	24-7	26-11	22-4	22-7	26-11	8-4	22-7	5-12	3-3
1967	1968			1969			1970			71

* — Parcelle nue ● — Graminées ⊕ — Légumineuses

Figure 37 : Evolution du magnésium échangeable (mé/100g)
Essai A .



● — Graminées fertilisées ⊕ — Légumineuses fertilisées
 ○ — Graminées non fertilisées ⊗ — Légumineuses non fertilisées

Figure 37^{bis} : Evolution du magnésium échangeable (me/100g)
 Essai E

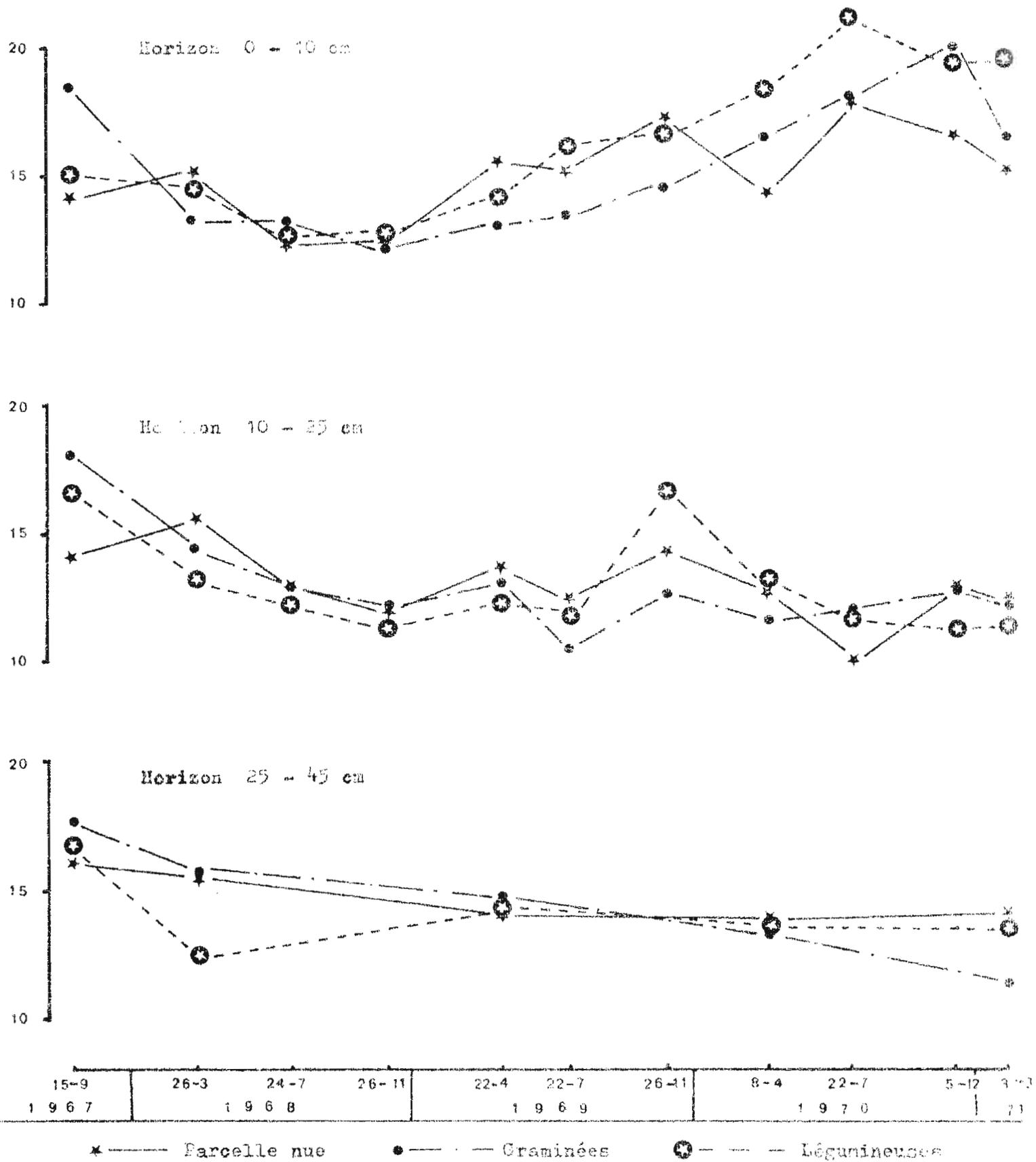
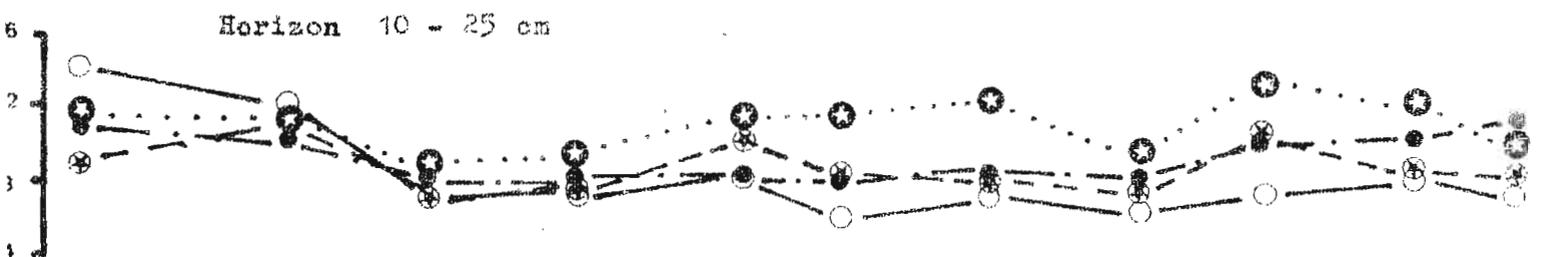
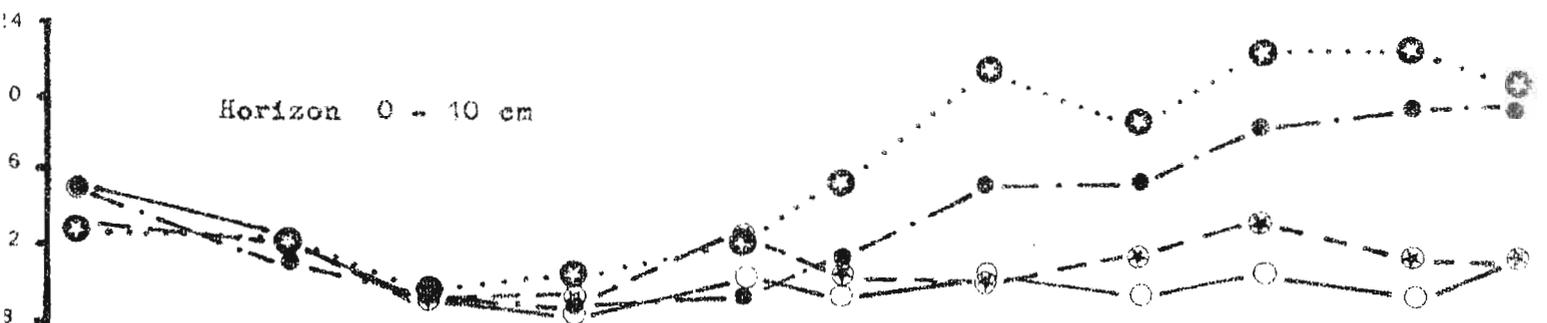


Figure 30 : Evolution du taux de saturation en magnésium du complexe échangeable (%) - Essai A .



15-9	26-3	24-7	26-11	22-4	22-7	26-11	8-4	22-7	5-12	3-3
1967	1968			1969			1970			71

- — Graminées fertilisées
- — Graminées non fertilisées
- ⊙ — Légumineuses fertilisées
- ⊗ — Légumineuses non fertilisées

Figure 38^{bis} : Evolution du taux de saturation en magnésium du complexe échangeable (%) - Essai B.

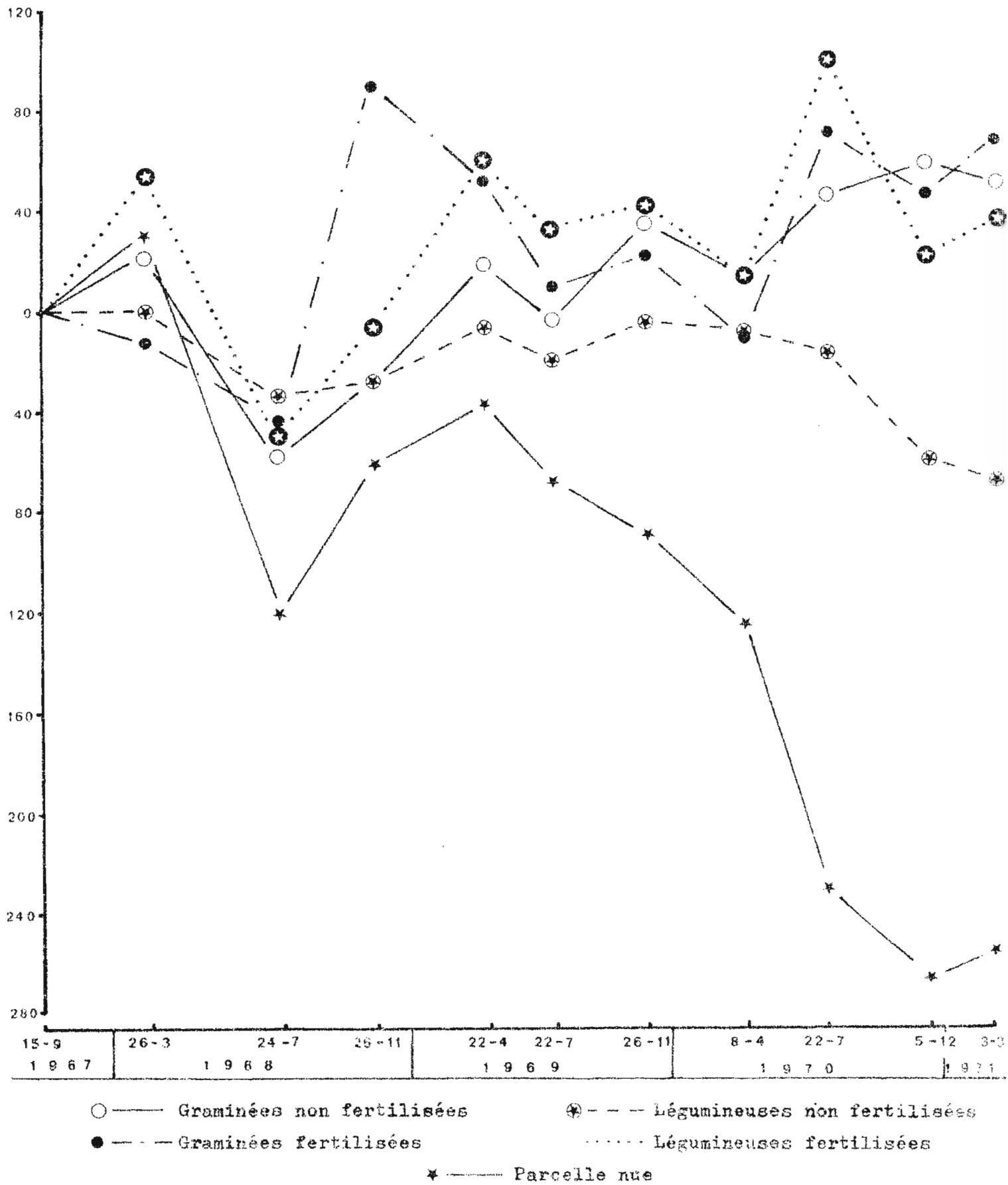


Figure 39 : Bilan en magnésium (Kg / ha).

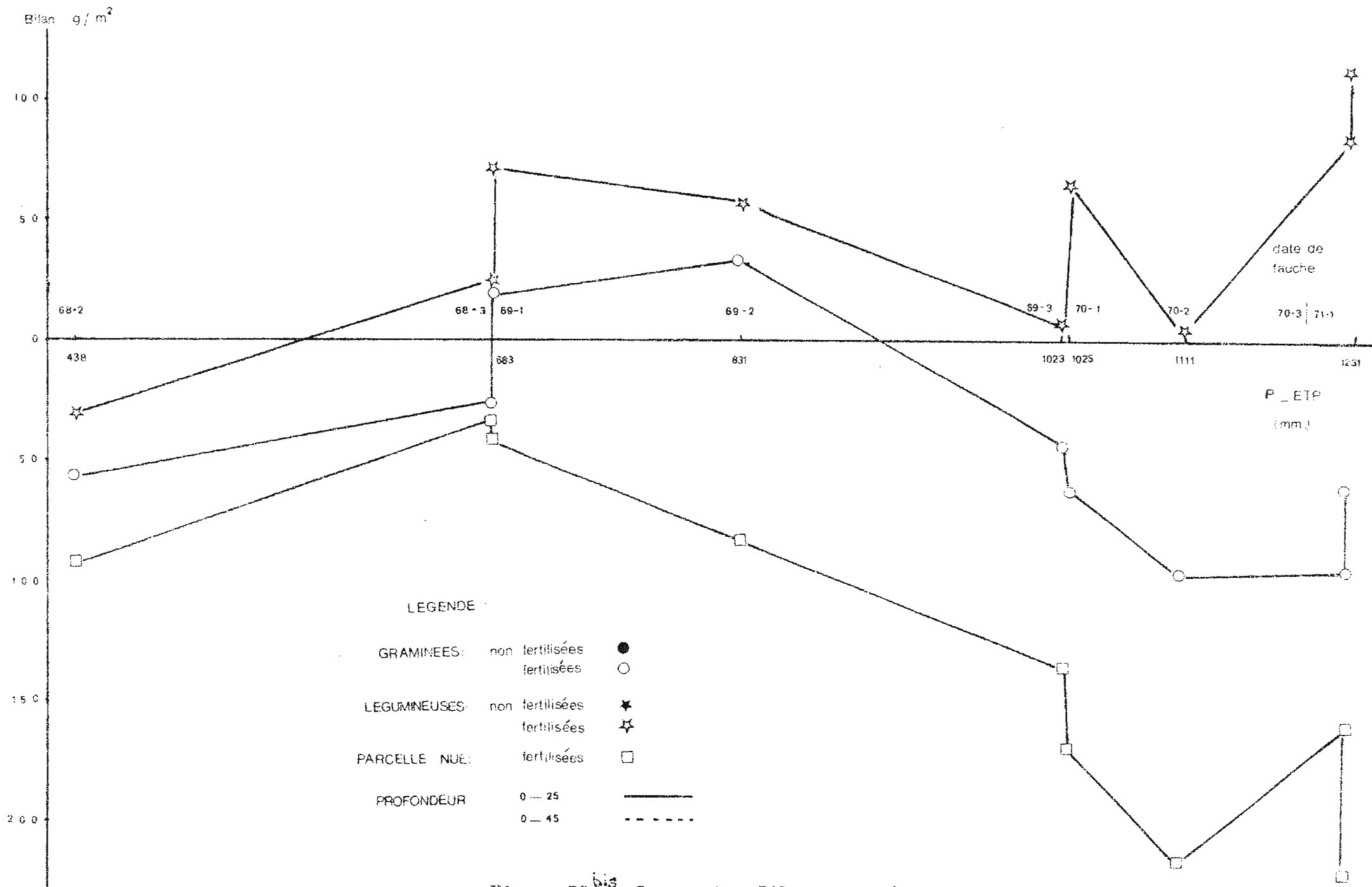


Figure 39^{bis} : Gagnoa I - Bilan en azote

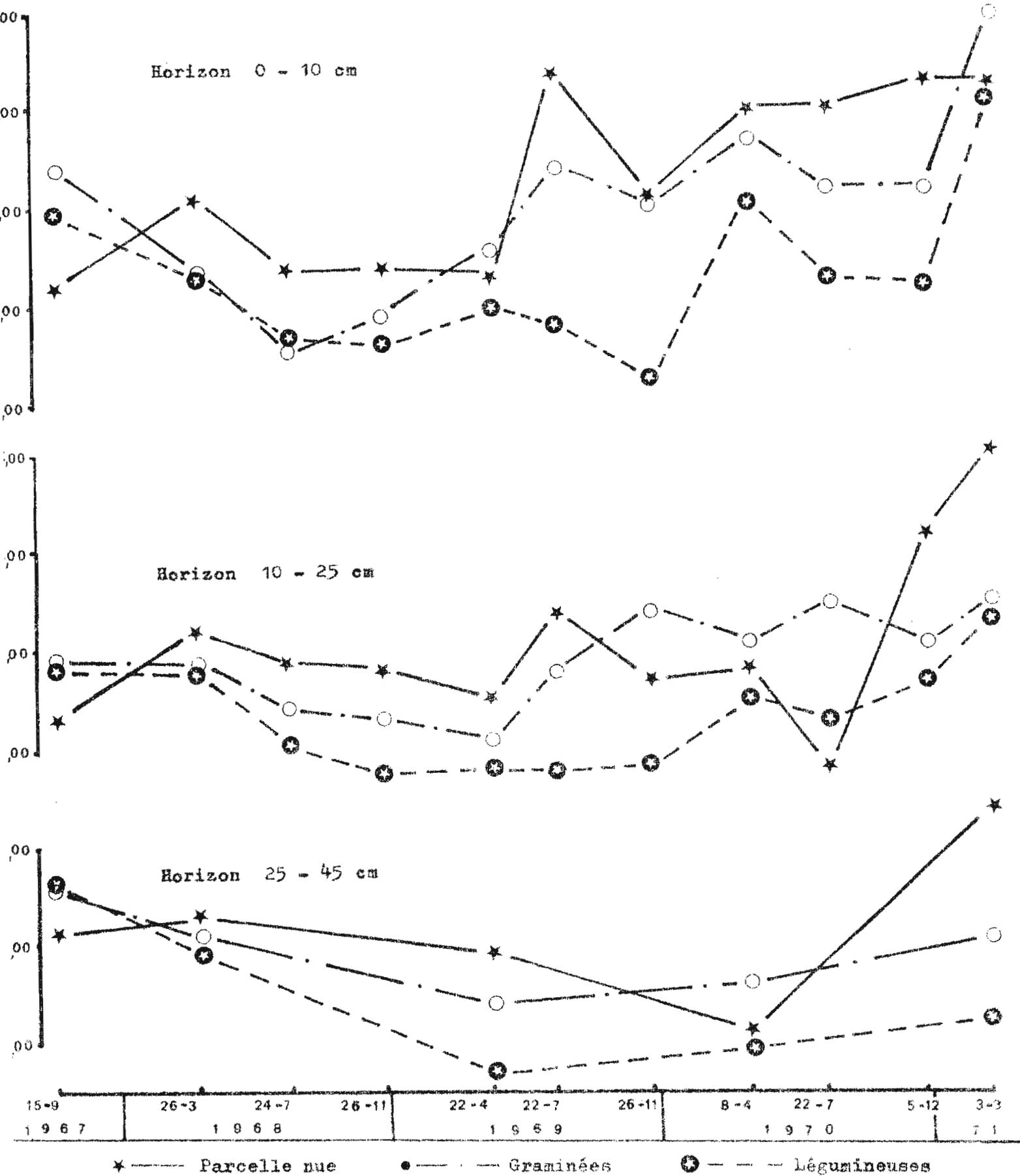
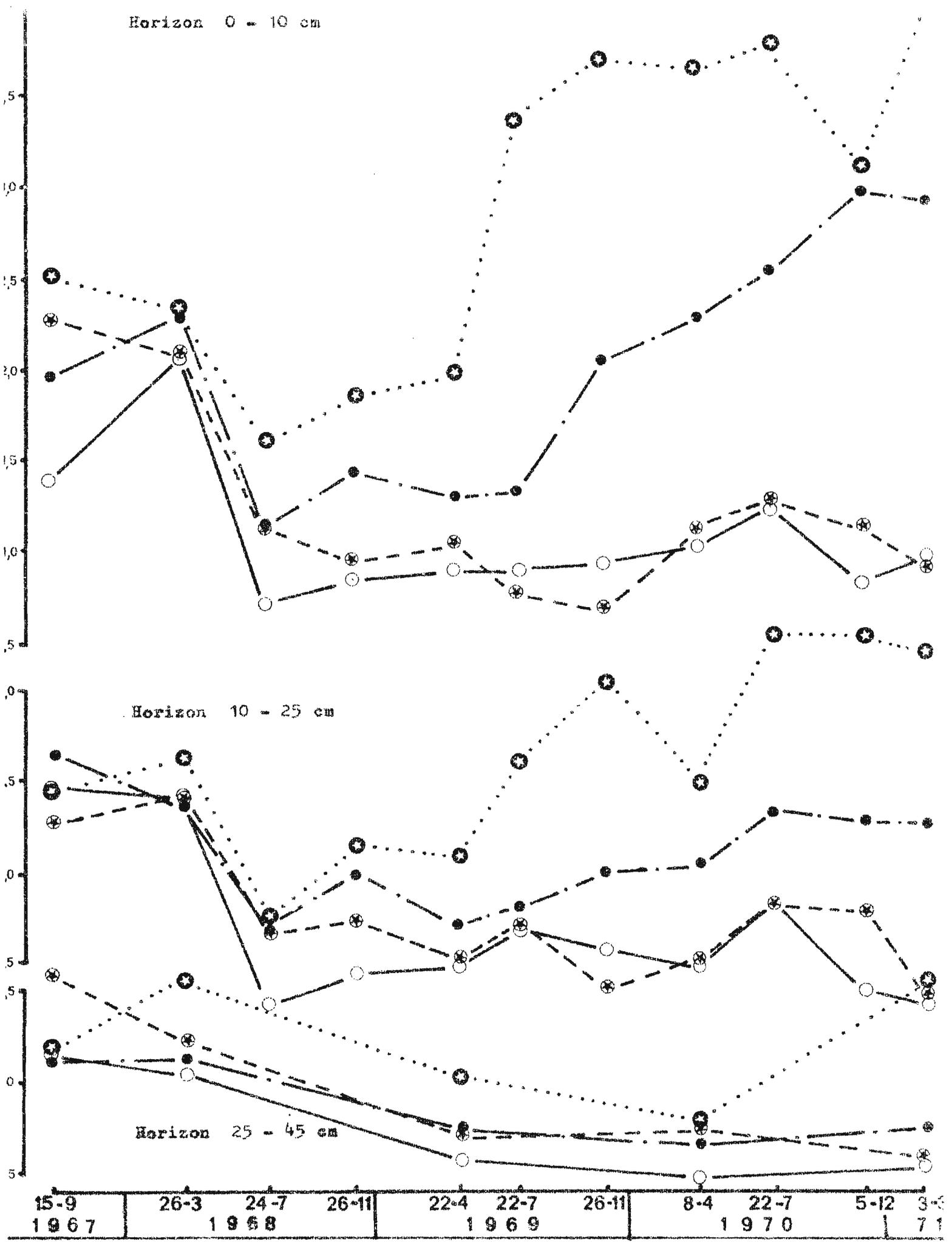


Figure 40 : Evolution du potassium échangeable (mé/100g)
Essai A .

Horizon 0 - 10 cm



- — Graminées fertilisées
- — Graminées non fertilisées
- ⊙ — Légumineuses fertilisées
- ⊗ — Légumineuses non fertilisées

Figure 40^{bis} : Evolution du potassium échangeable (meq/100g) - Essai B.

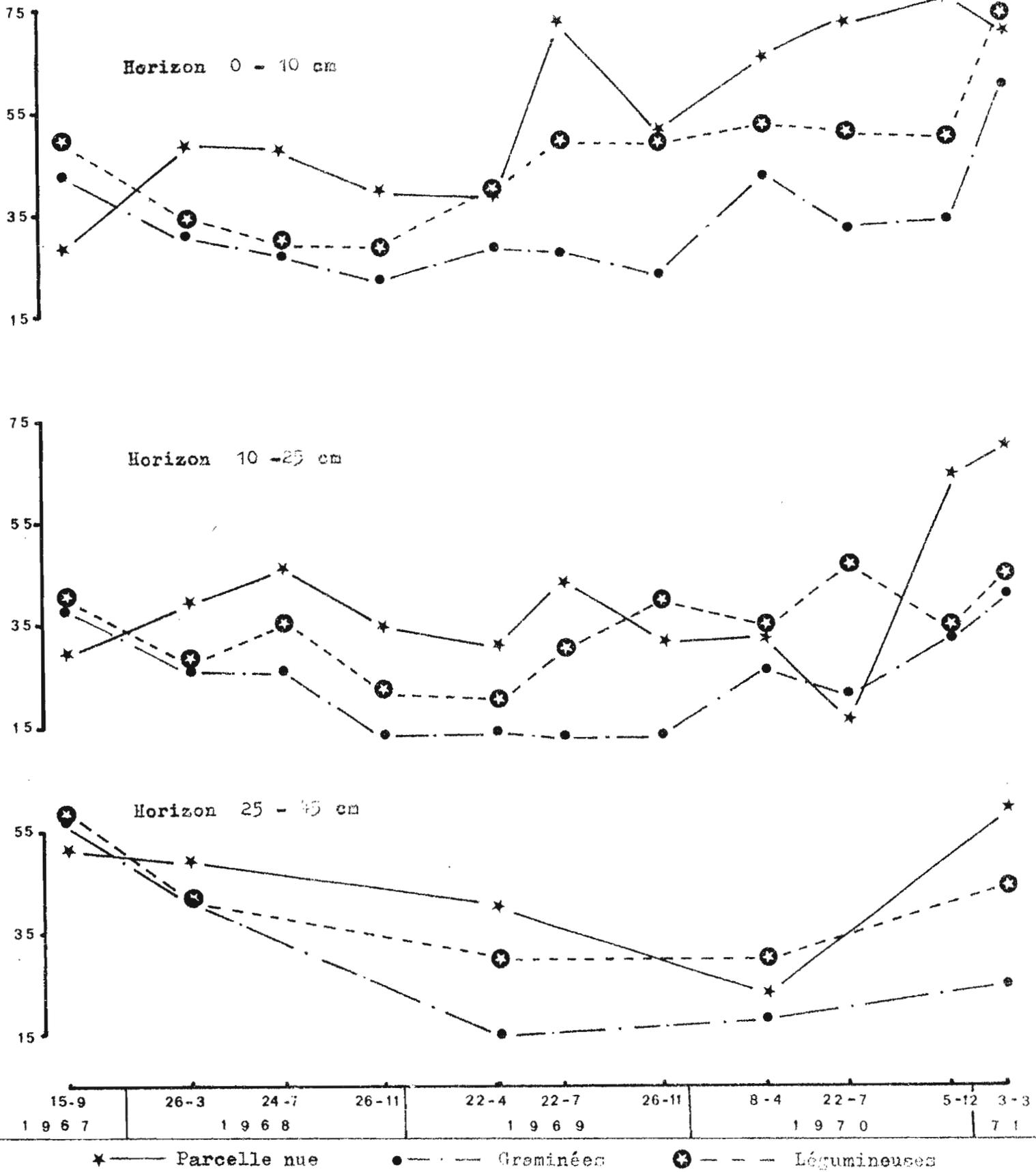
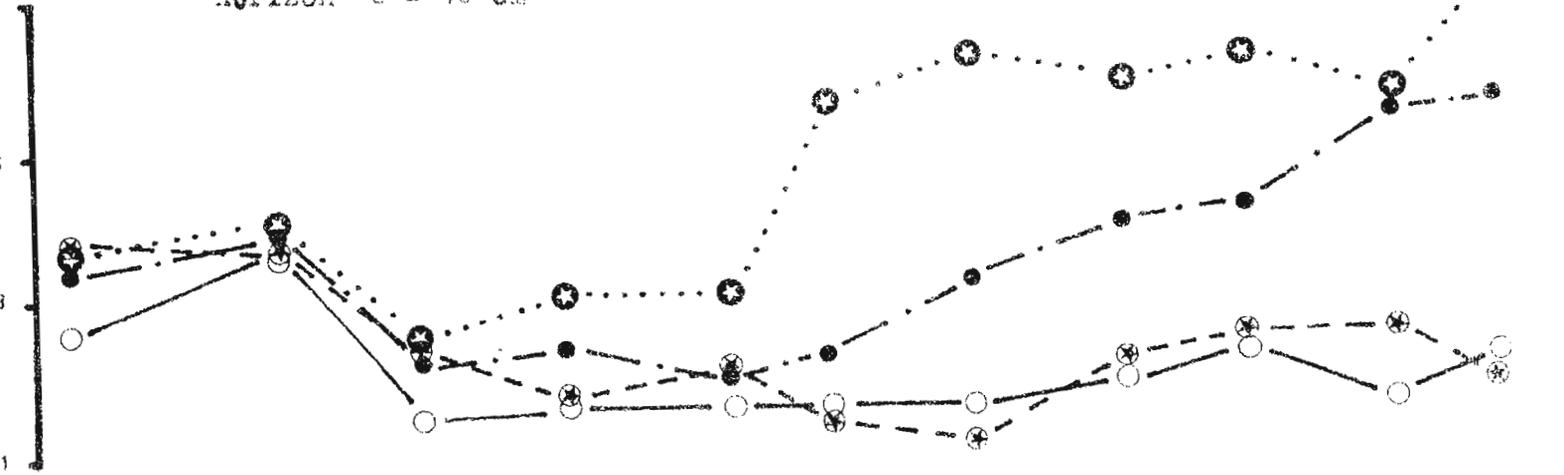
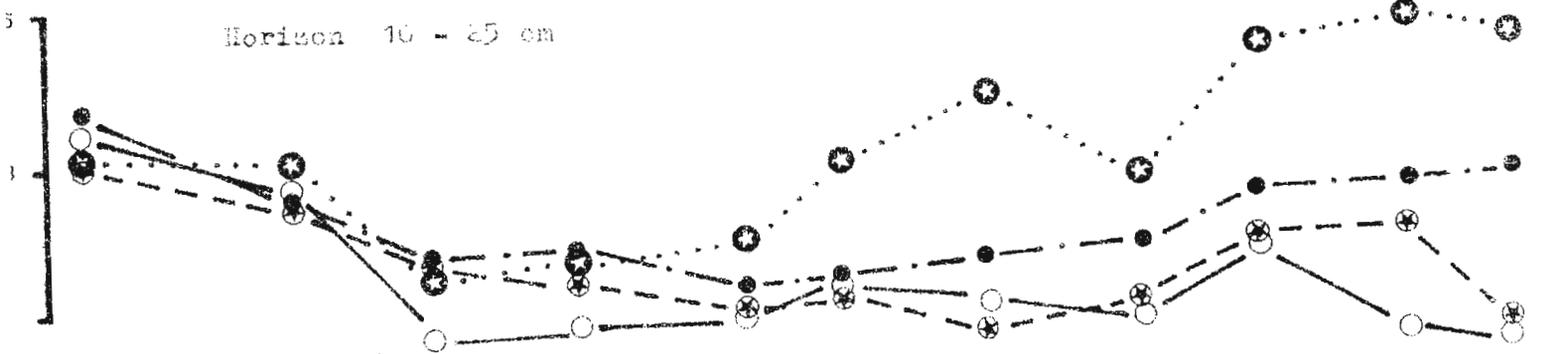


Figure 41 : Evolution du taux de saturation en potassium du complexe échangeable (%) - Essai A .

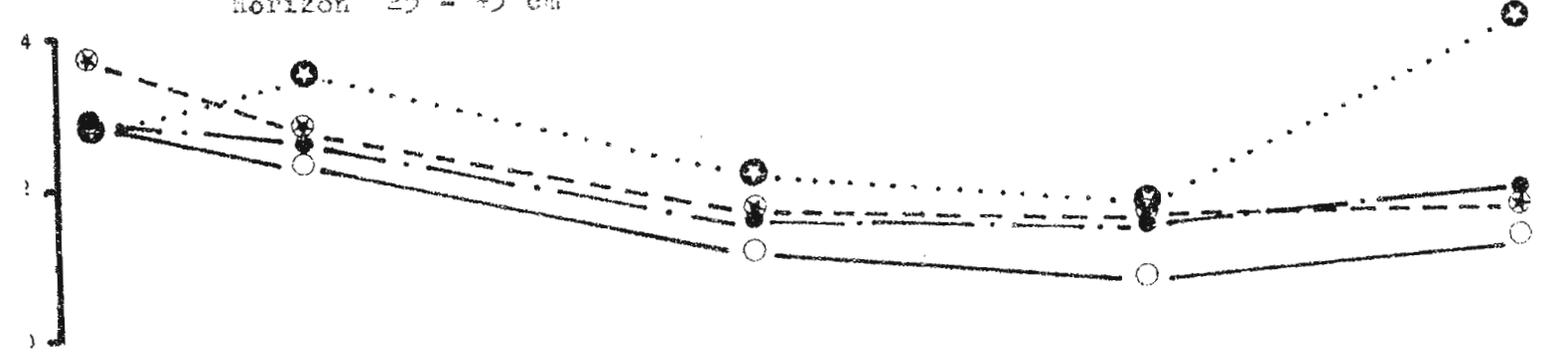
Horizon 0 - 10 cm



Horizon 10 - 25 cm



Horizon 25 - 45 cm



15-9 26-3 24-7 26-11 22-4 22-7 26-11 8-4 22-7 5-12 3-3
1967 1968 1969 1970 1971

● — Graminées fertilisées ● — Légumineuses fertilisées
○ — Graminées non fertilisées ● — Légumineuses non fertilisées

Figure 41^{bis} : Evolution du taux de saturation en potassium du complexe échangeable (%) - Essai B.

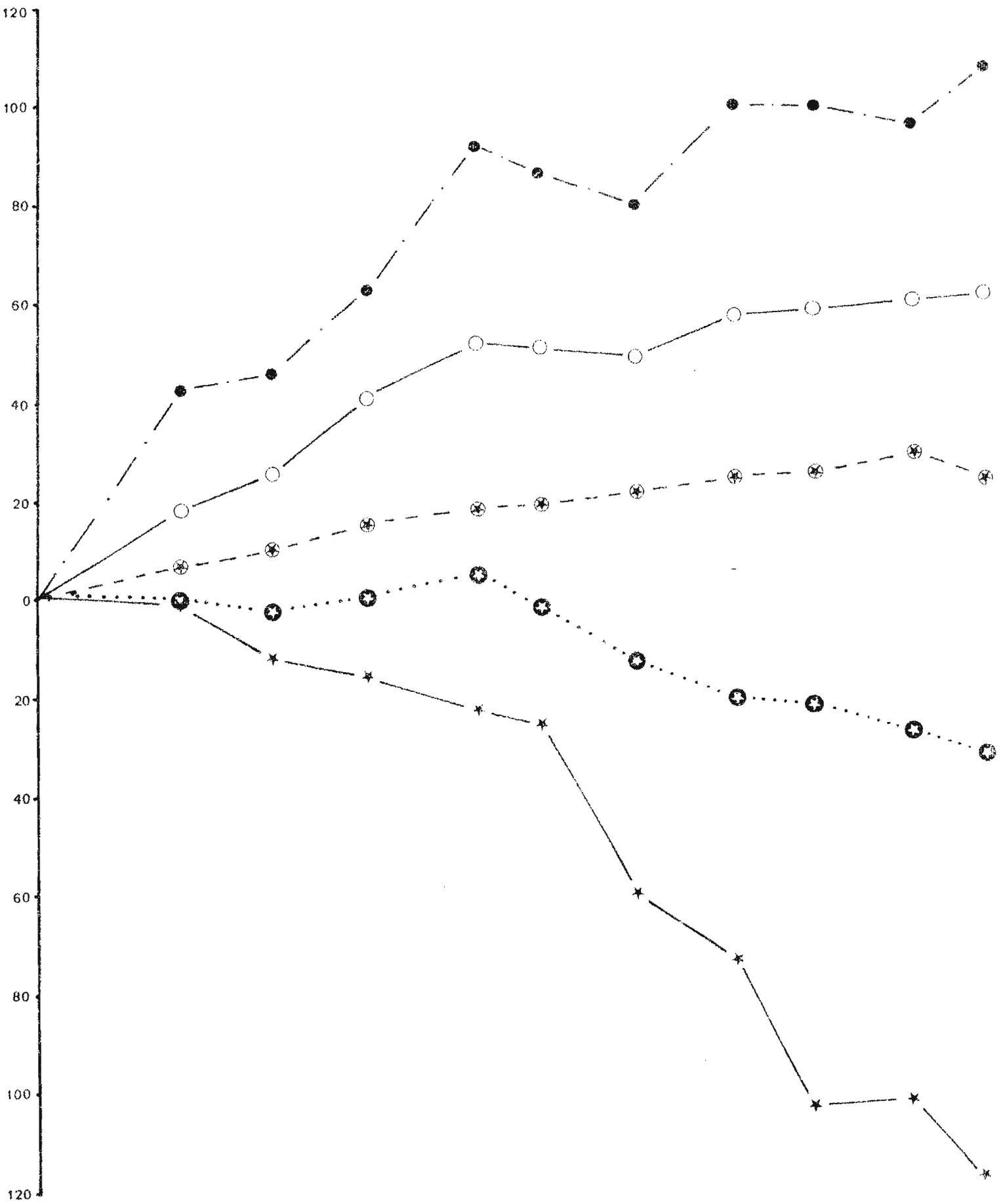


Figure 42 : Filans en potatium (1/2 / ha).

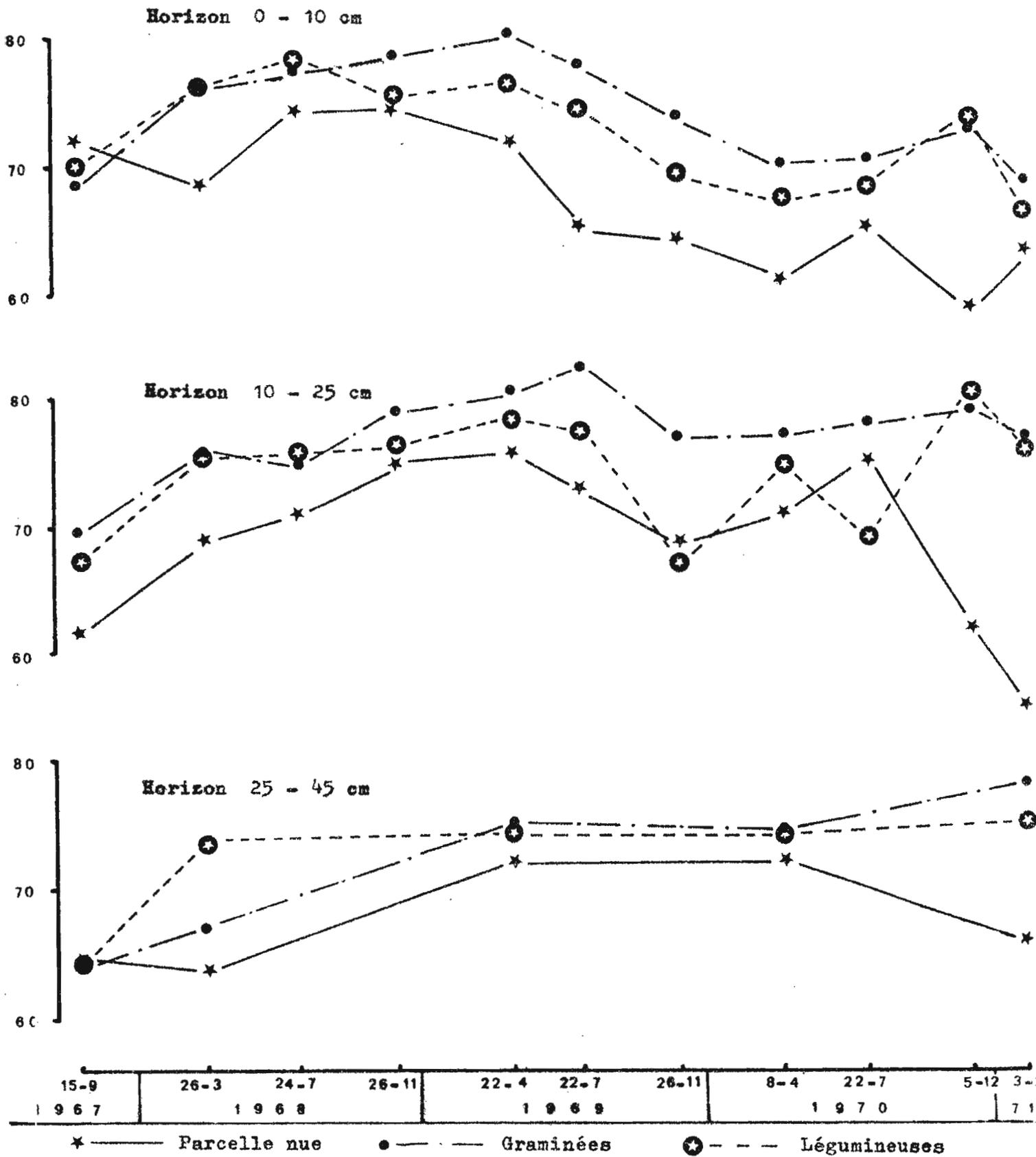
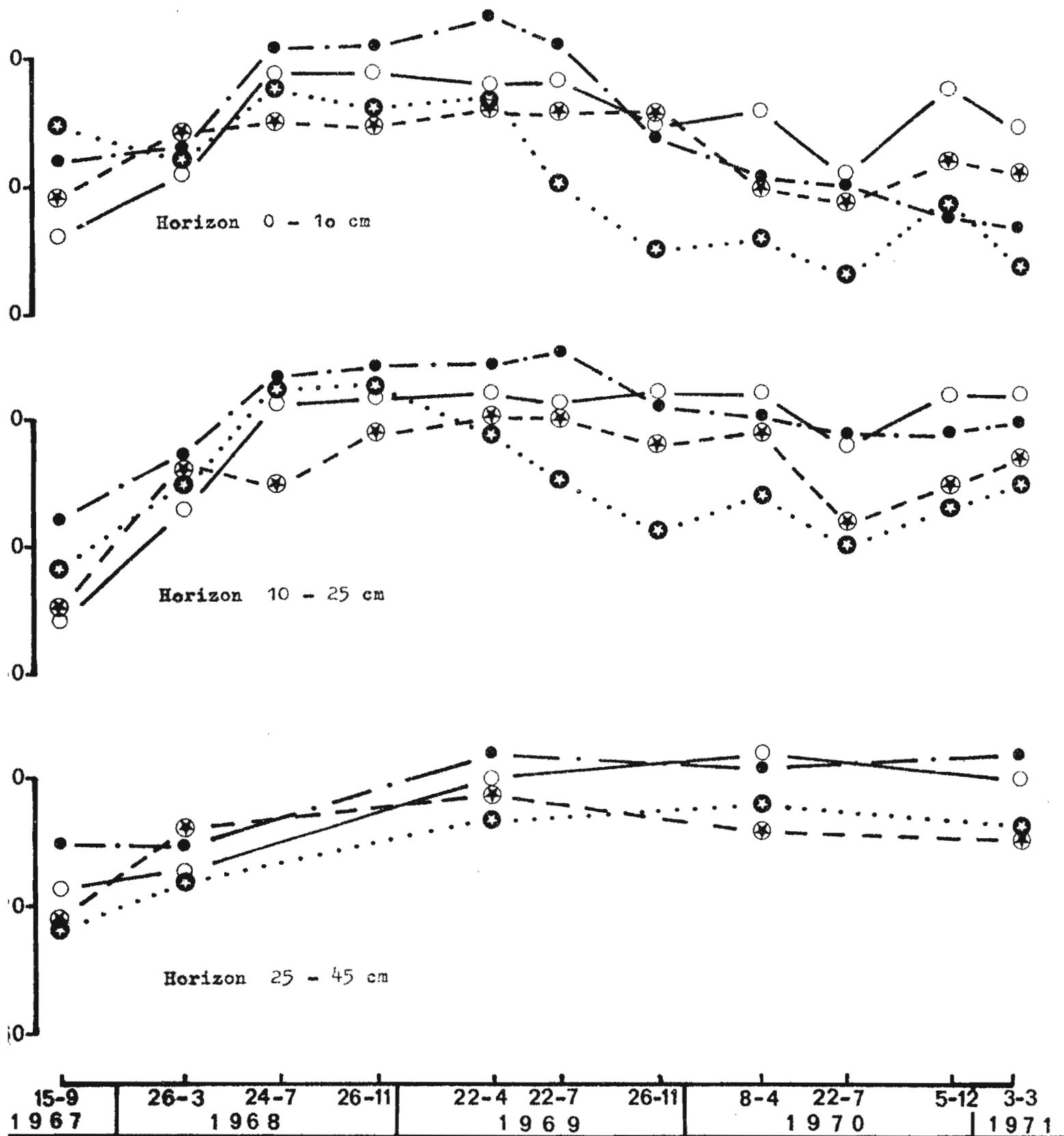


Figure 43 : Taux de calcium dans la somme des bases (100 Ca/SB)
Essai A .



- — — — Graminées fertilisées
- — — — Graminées non fertilisées
- ⊙ ····· Légumineuses fertilisées
- ⊙ - - - Légumineuses non fertilisées

Figure 43^{bis} : Taux de calcium dans la somme des bases (100 Ca/SB)
Essai B .

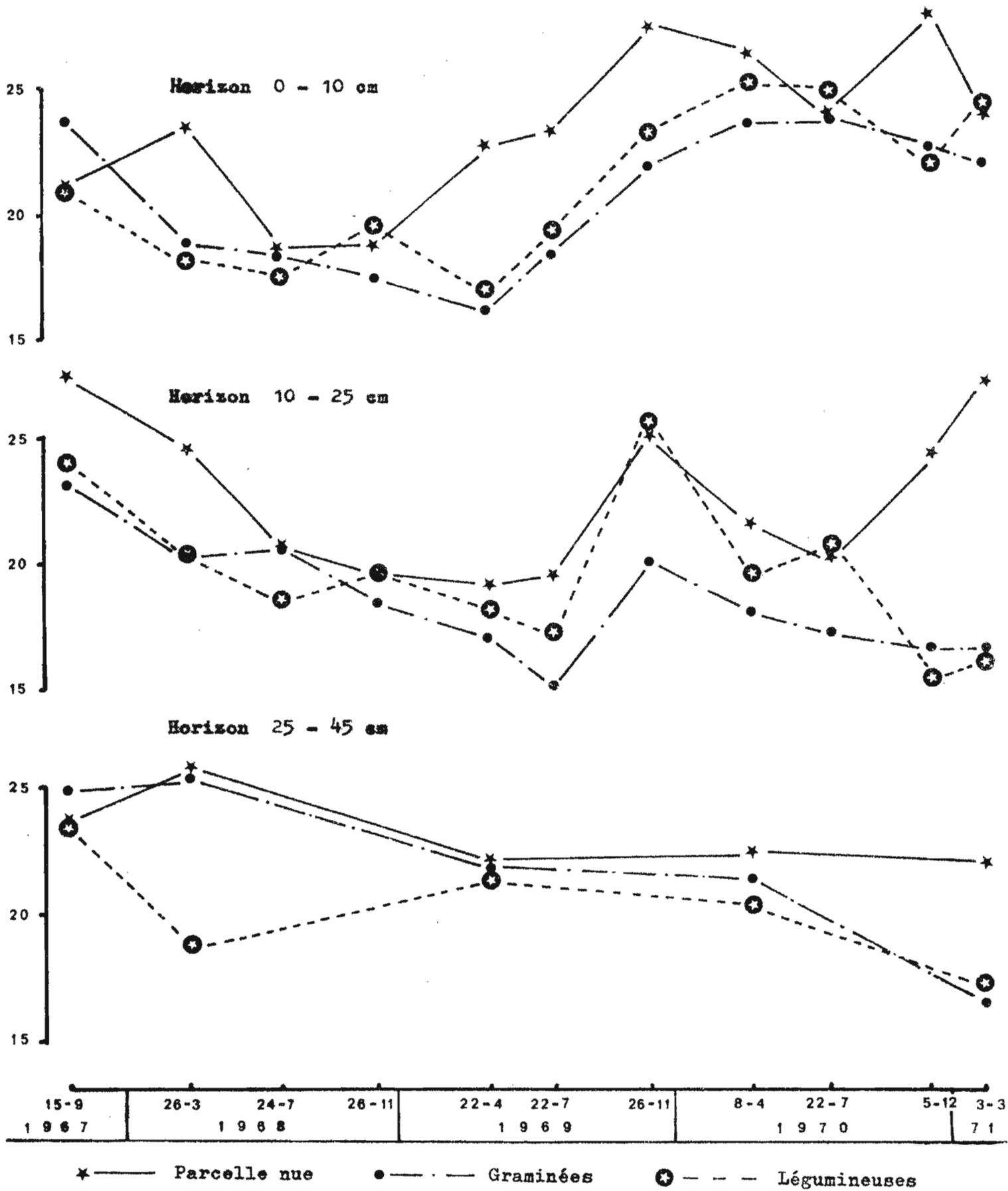


Figure 44 : Taux de magnesium dans la somme des bases (100 Mg/SB)
Essai A .

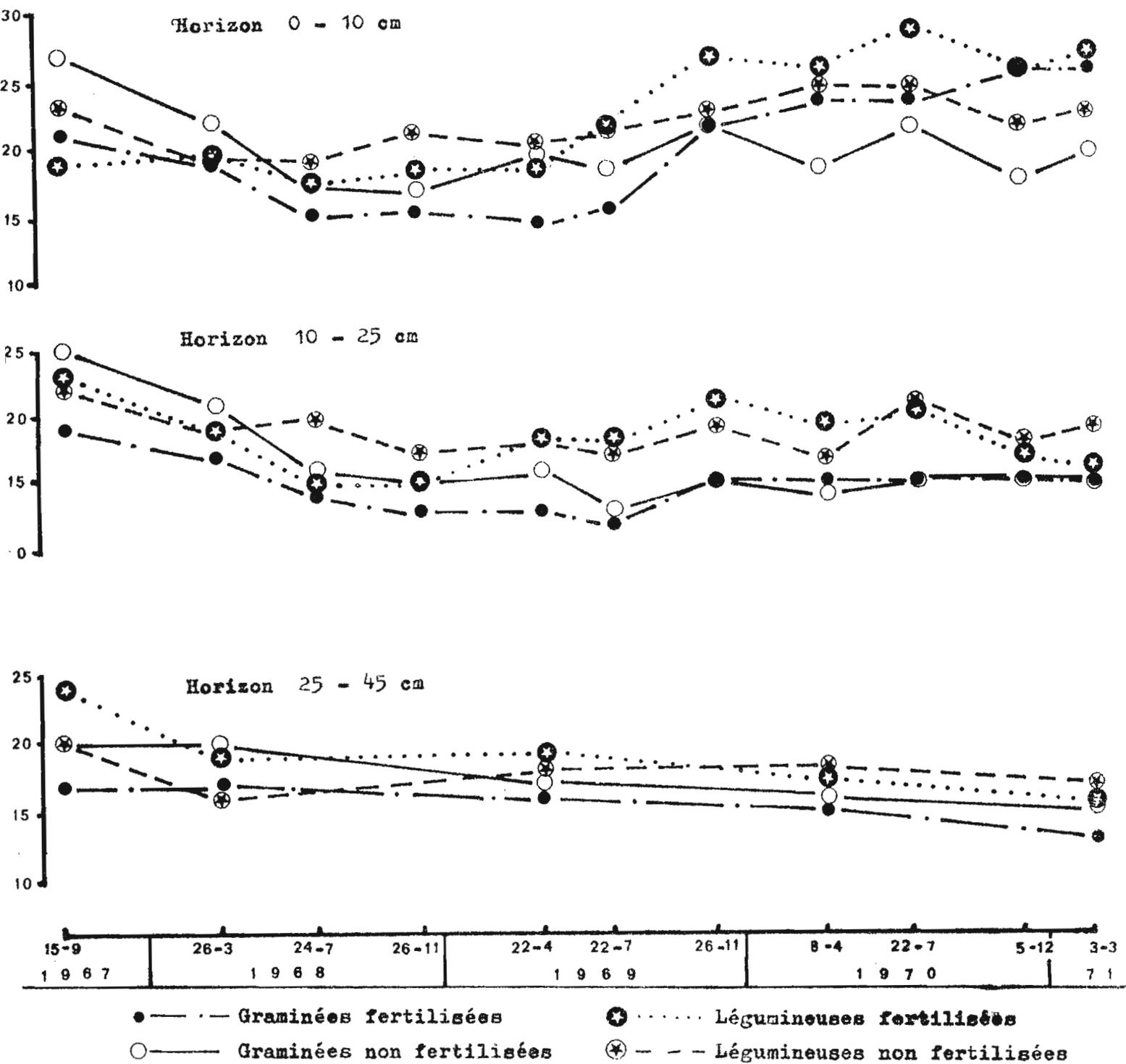


Figure 44^{bis} : Taux de magnésium dans la somme des bases (100 Mg/SB)
Essai B .

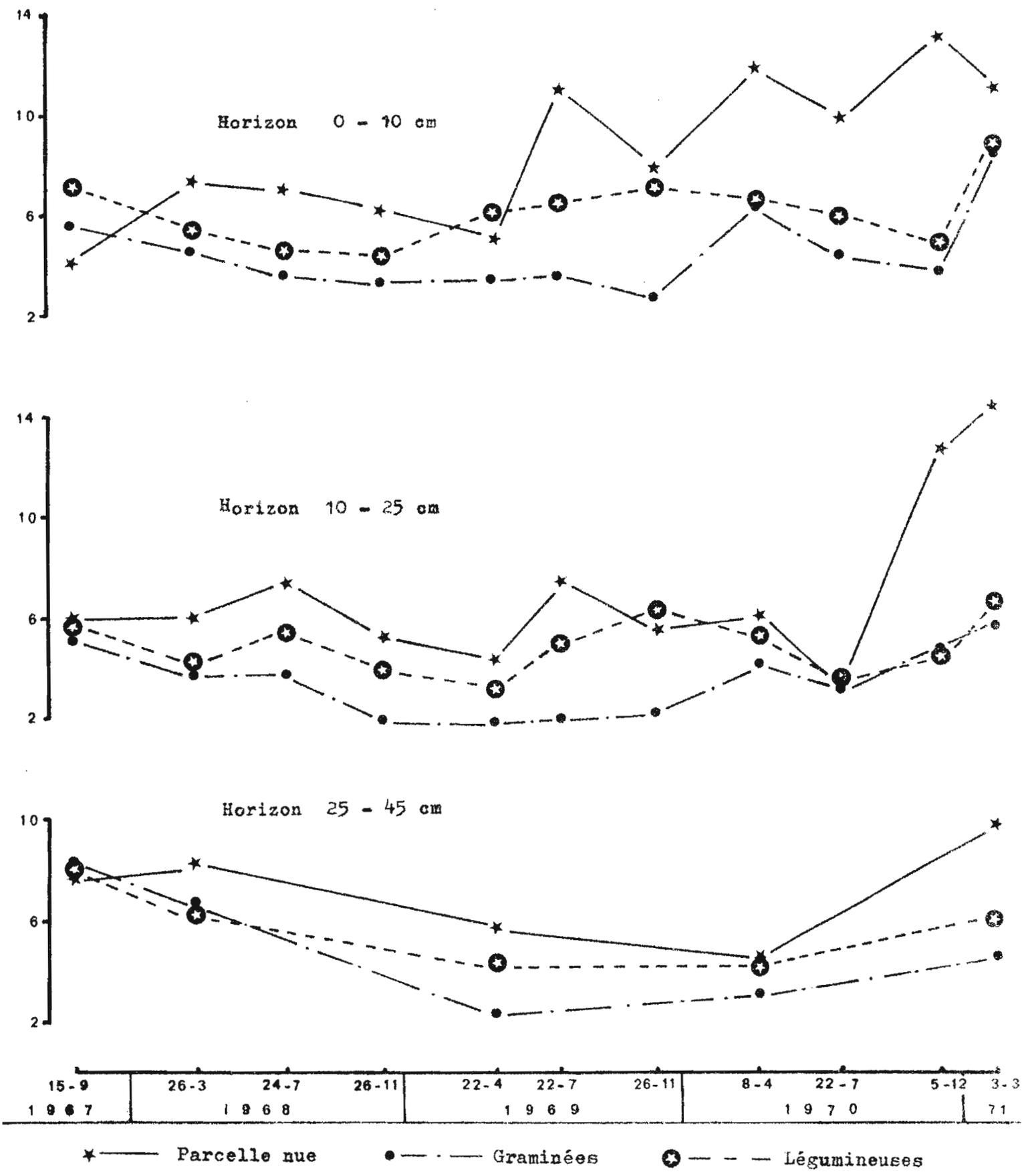


Figure 45 : Taux de potassium dans la somme des bases (100 K/SB)
Essai A.

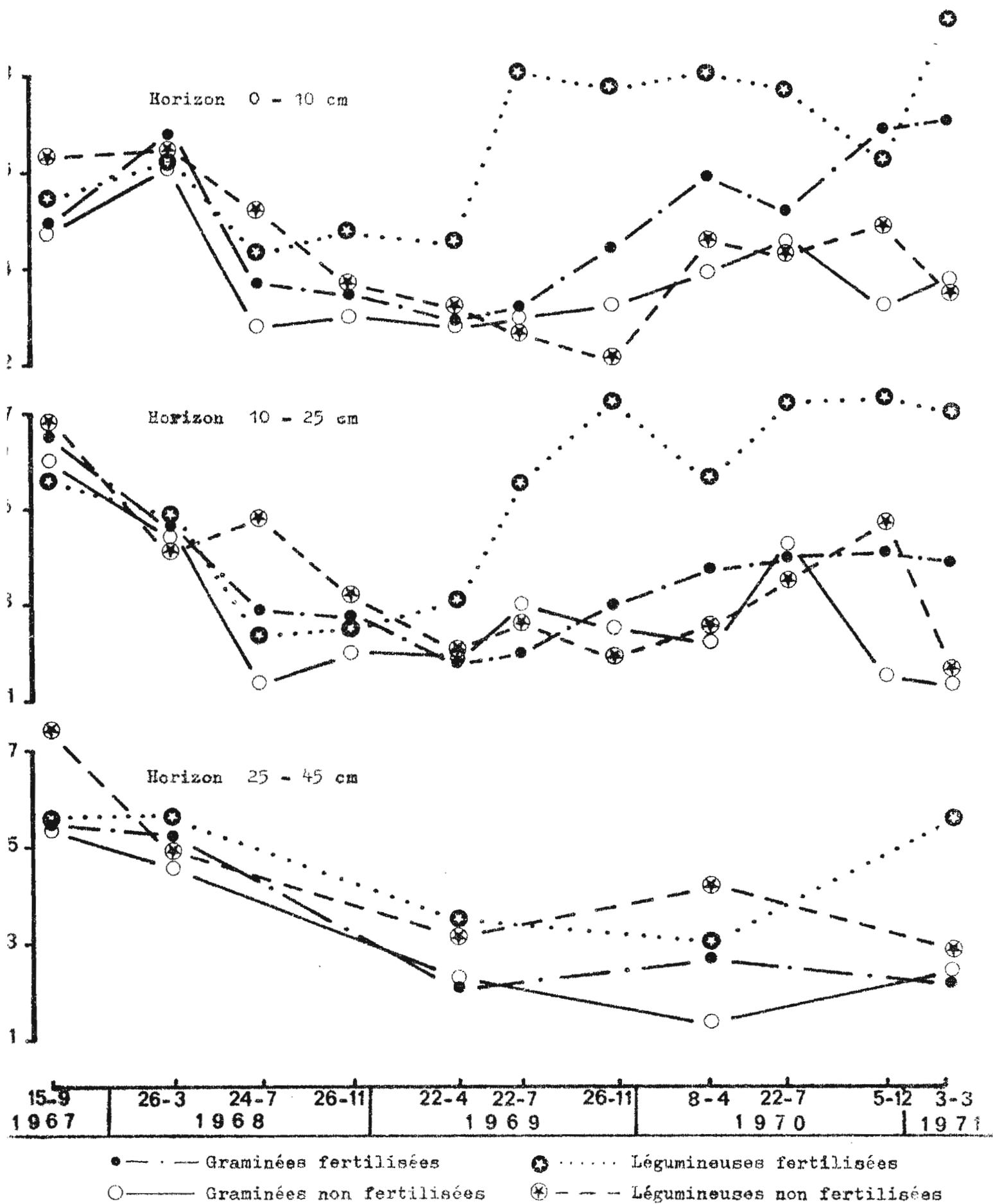


Figure 45^{bis} : Taux de potassium dans la somme des bases (100 K/SS)
Essai B .

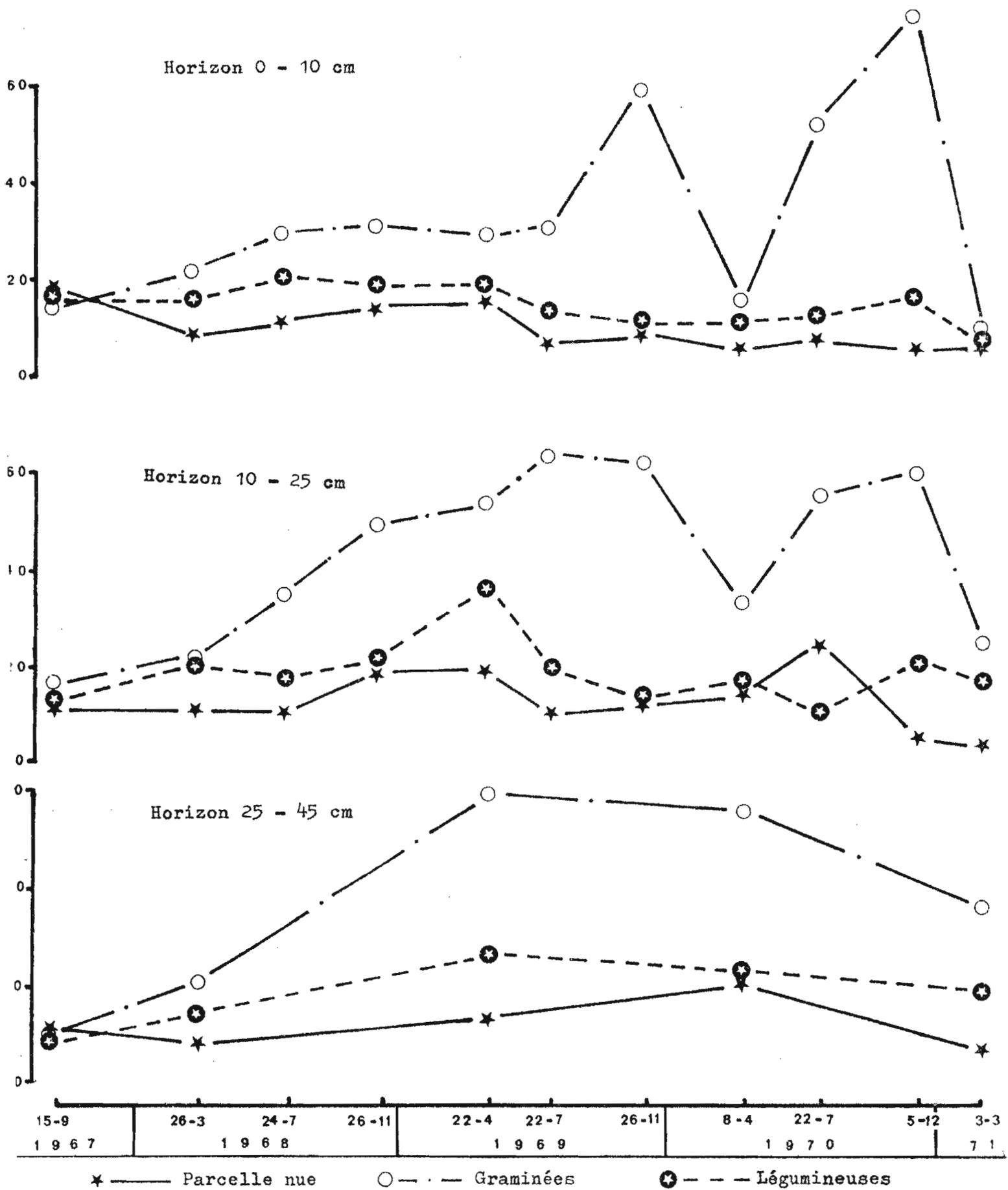
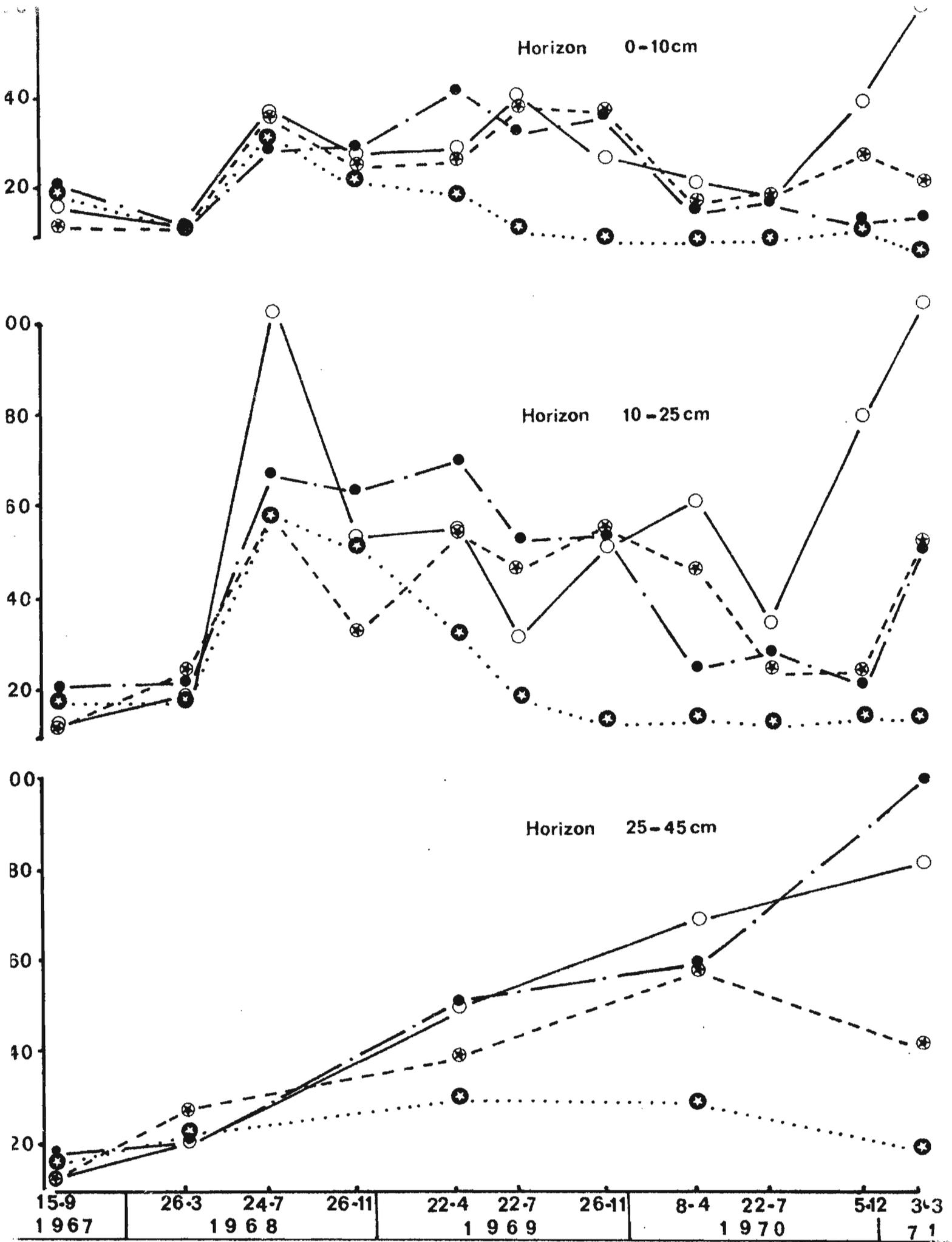


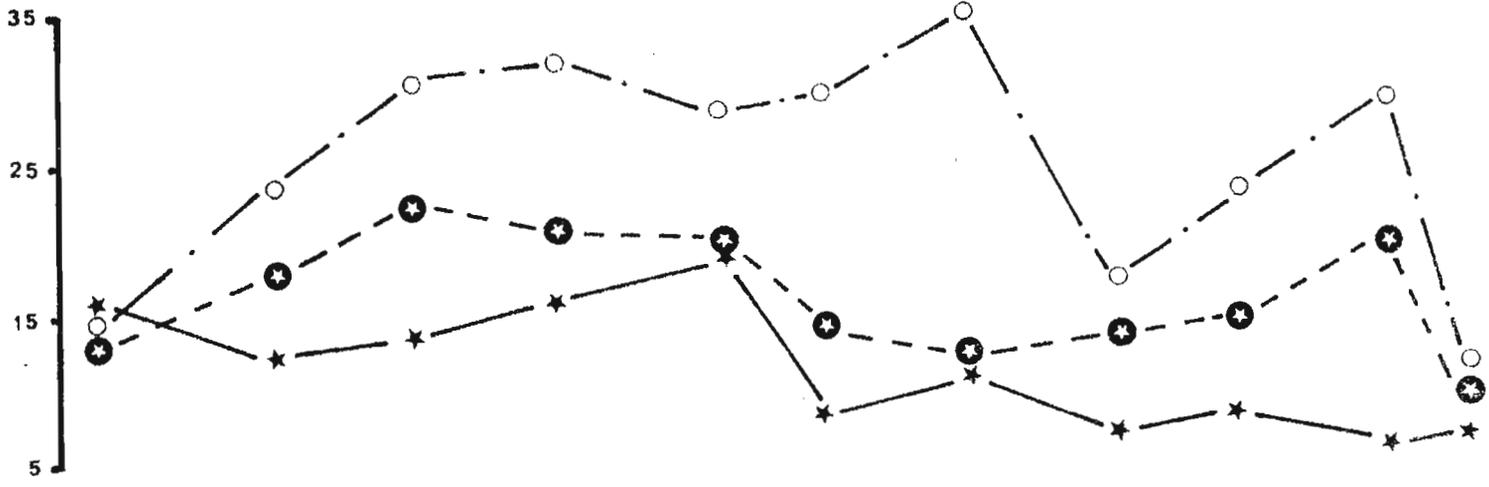
Figure 46 : Evolution du rapport Ca / K - Essai A.



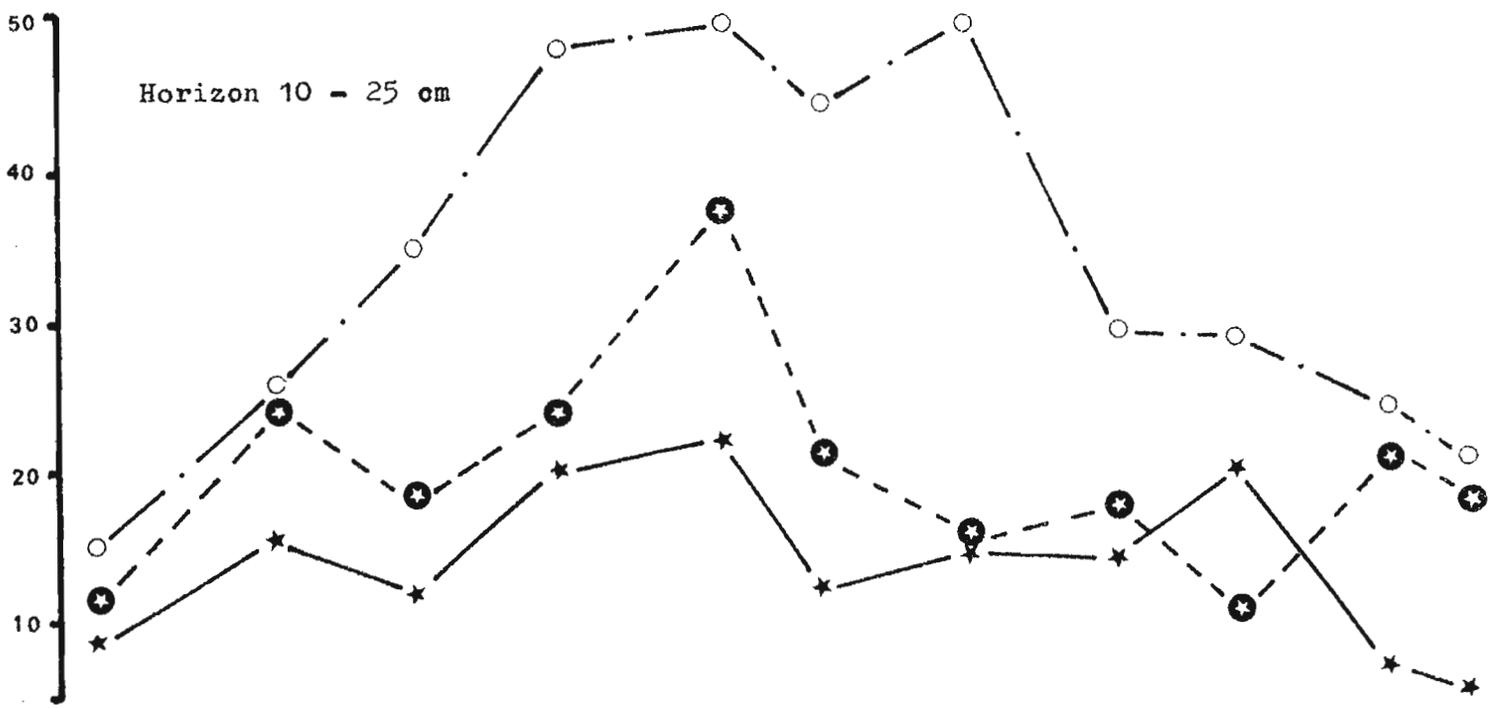
● — — — Graminées fertilisées ⊕ ····· Légumineuses fertilisées
 ○ — — — Graminées non fertilisées ⊕ - - - Légumineuses non fertilisées

Figure 46 bis : Evolution du rapport Ca / K - Essai B .

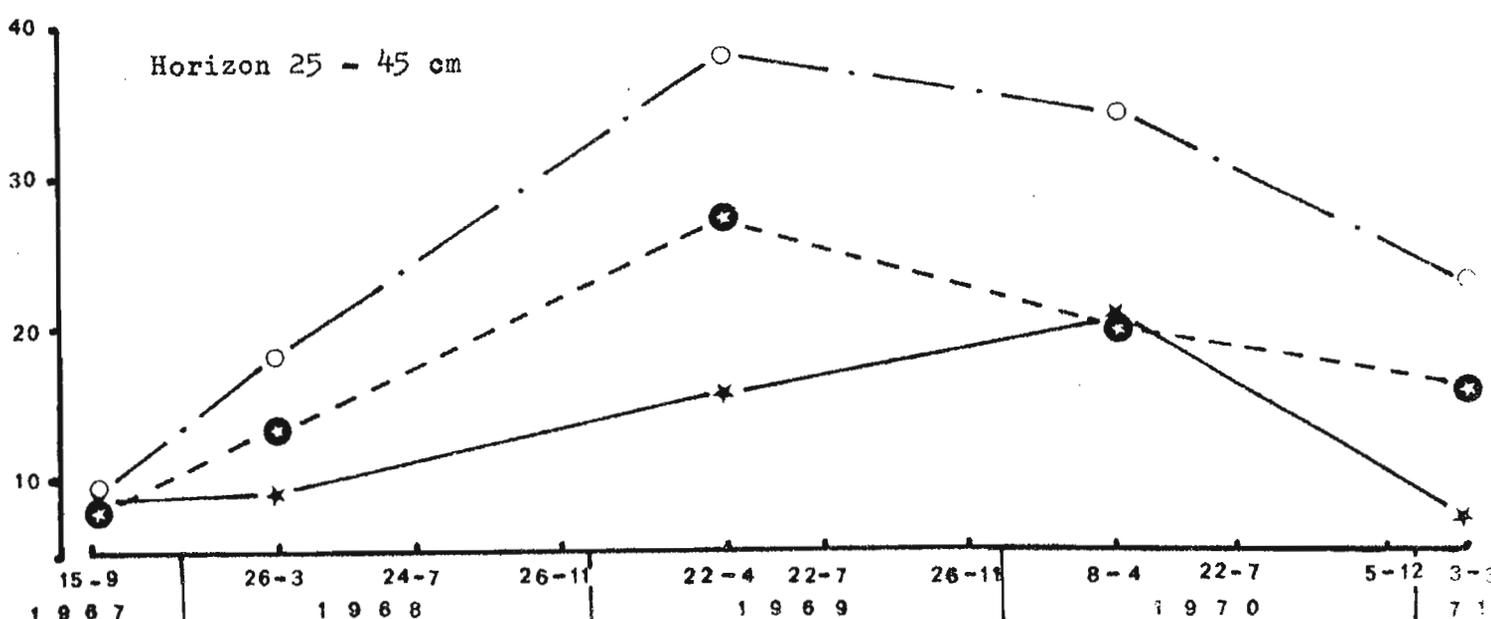
Horizon 0 - 10 cm



Horizon 10 - 25 cm



Horizon 25 - 45 cm



* — Parcelle nue ○ — . — Graminées ⊕ — - - - Légumineuses

Figure 47 : Evolution du rapport bivalents / monovalents - Essai A.

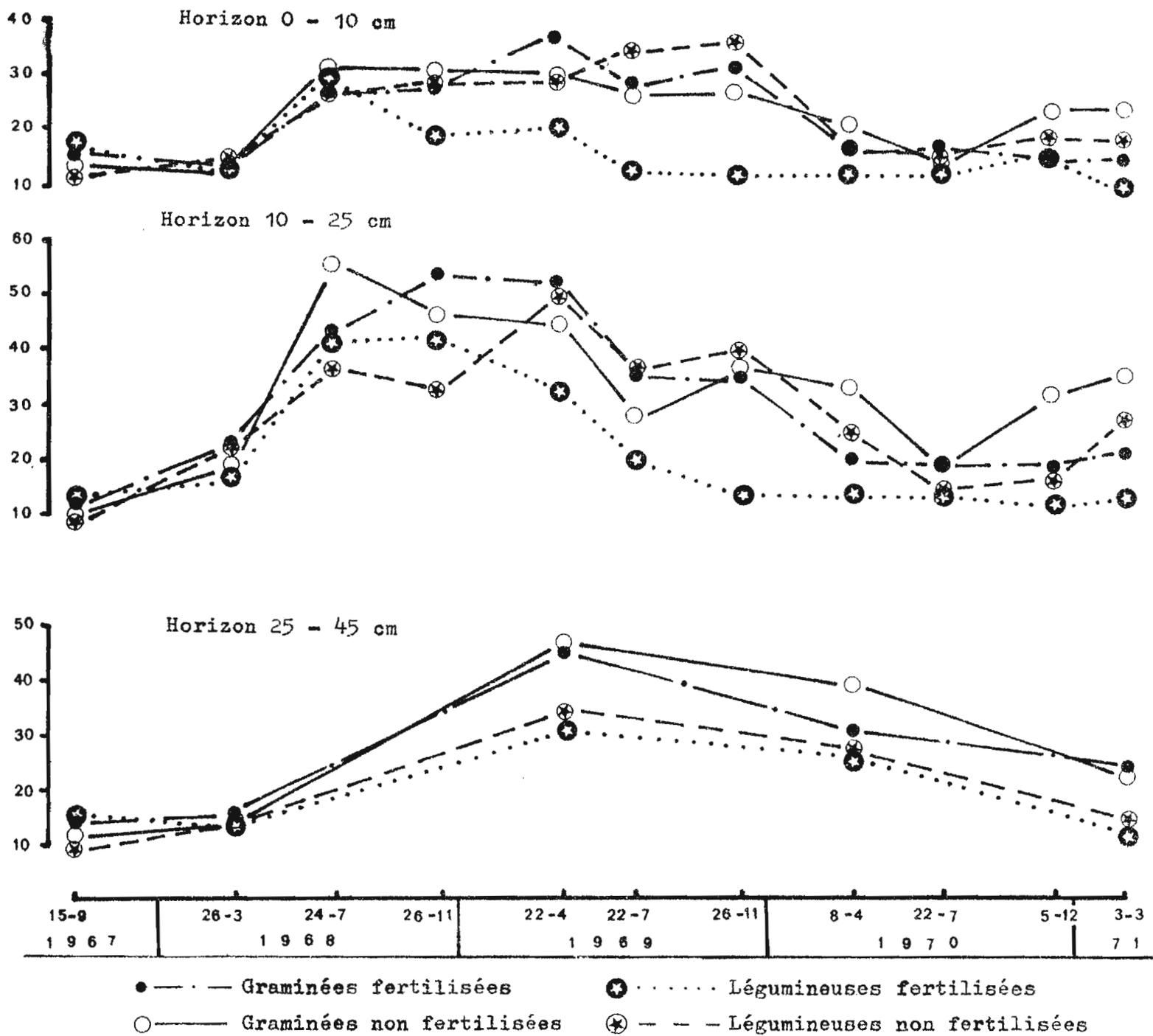


Figure 47^{bis} : Evolution du rapport bivalents / monovalents
Essai B .

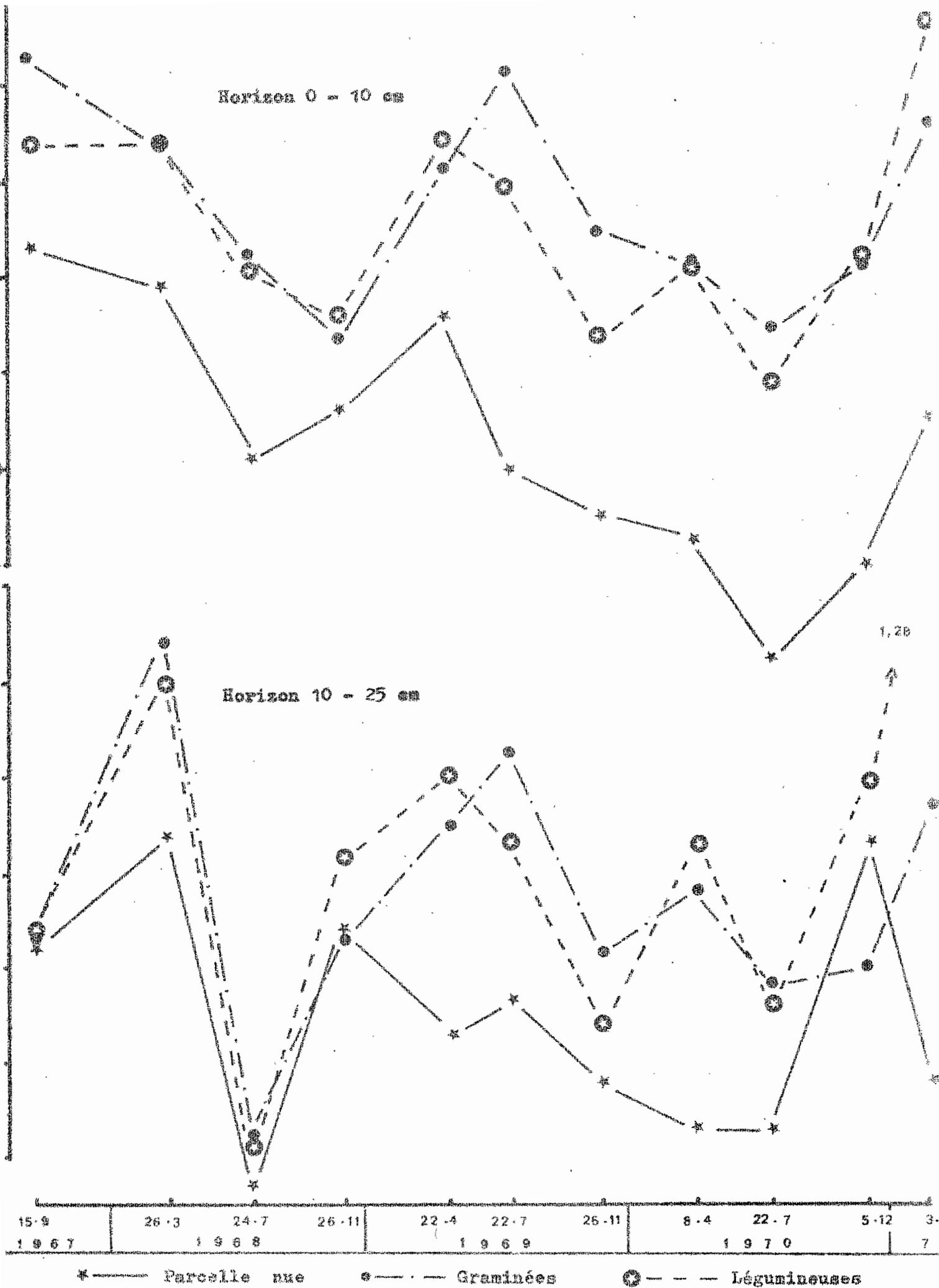


Figure 48 : Evolution des teneurs en azote - Essai A .

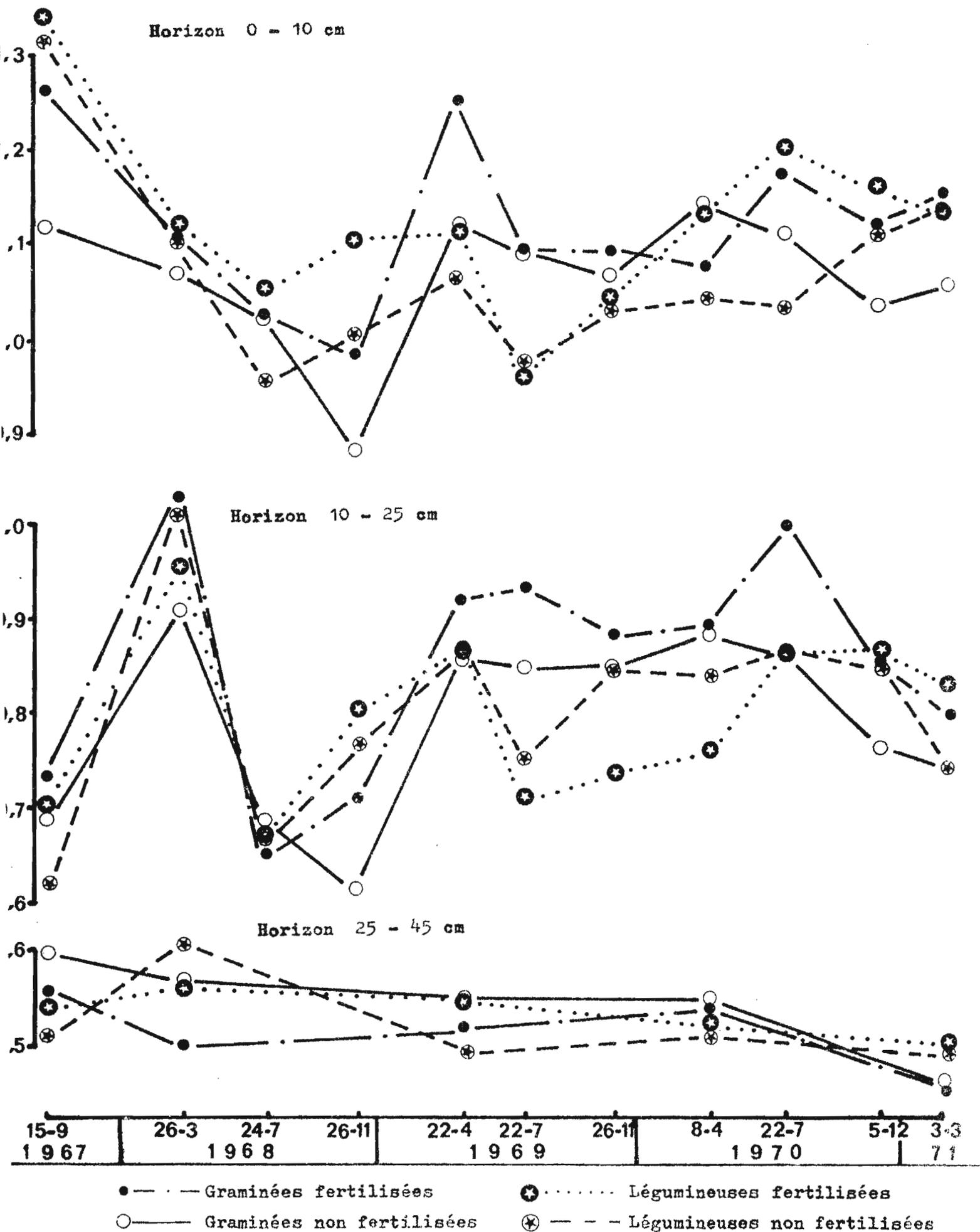
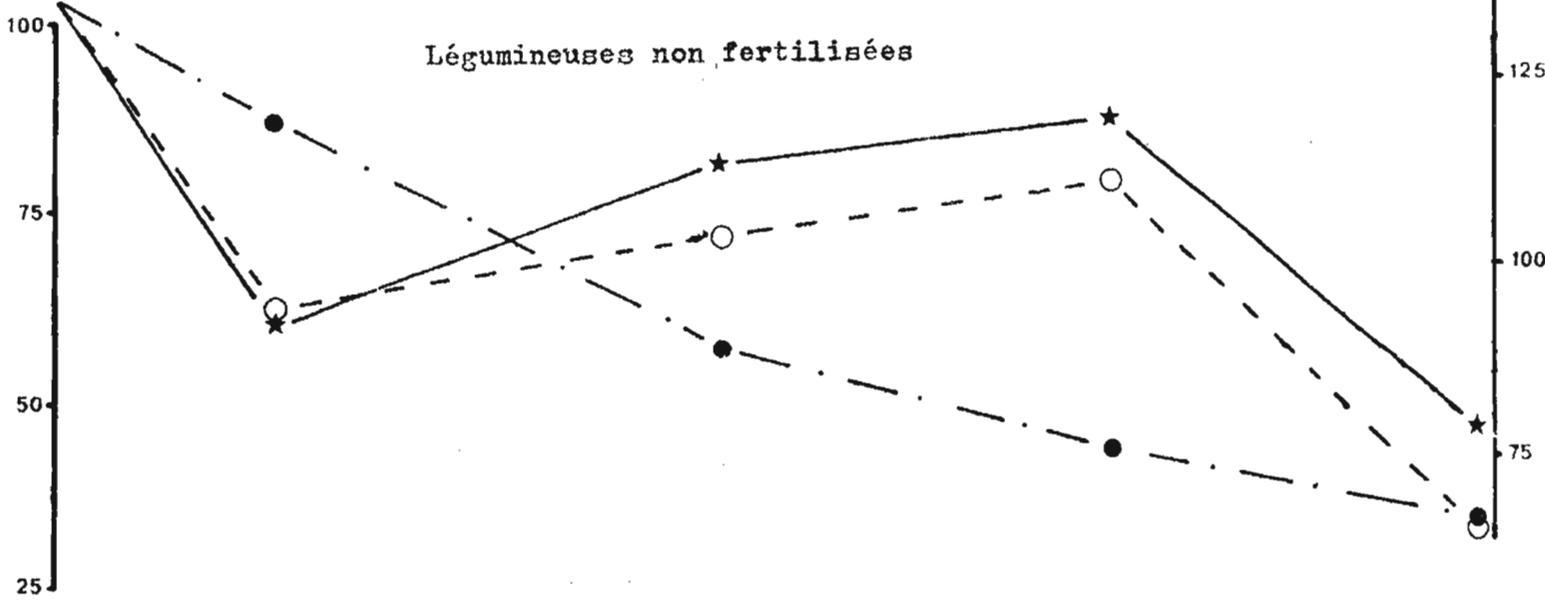
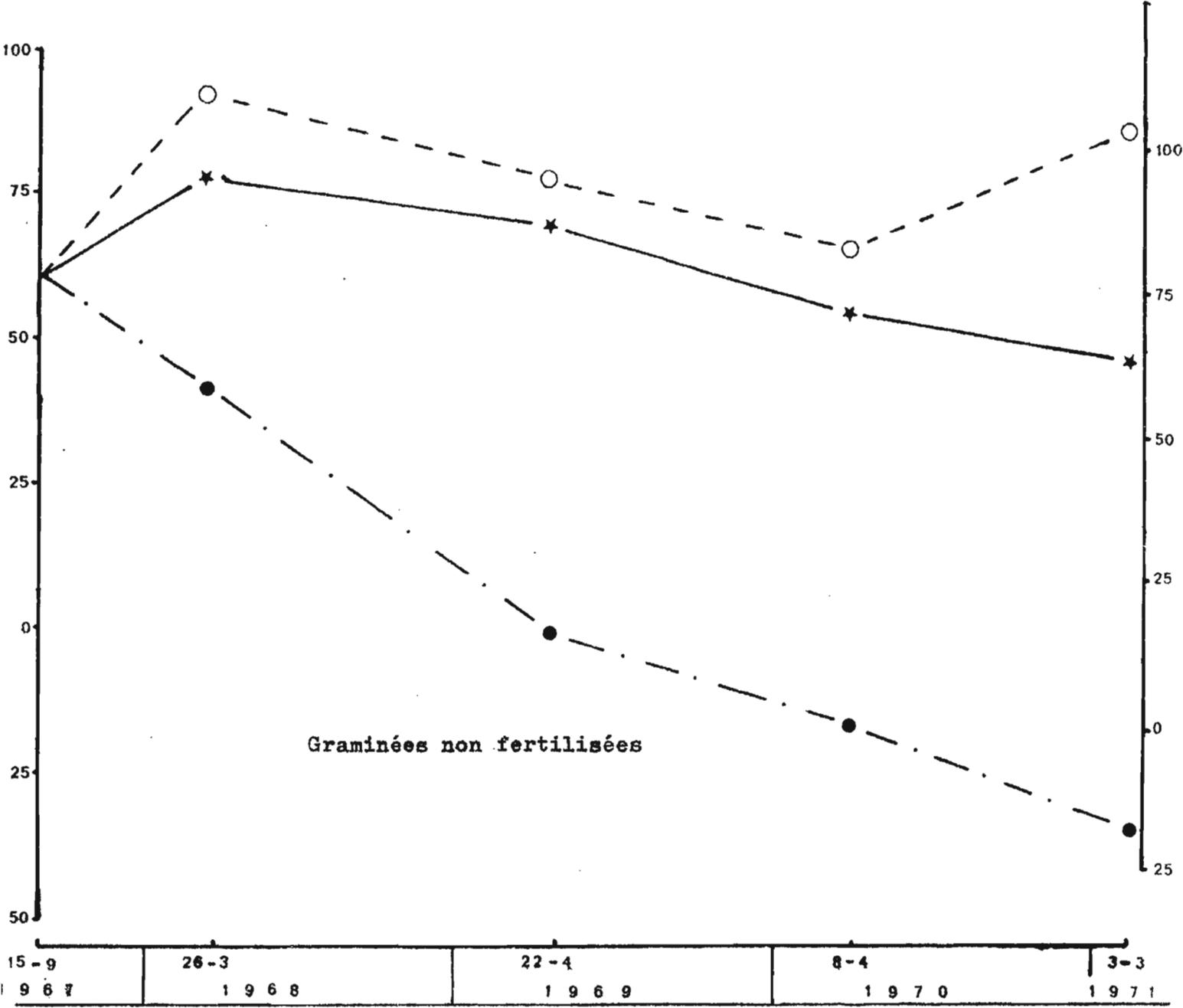


Figure 48 bis : Evolution des teneurs en azote - Essai B .

Légumineuses non fertilisées



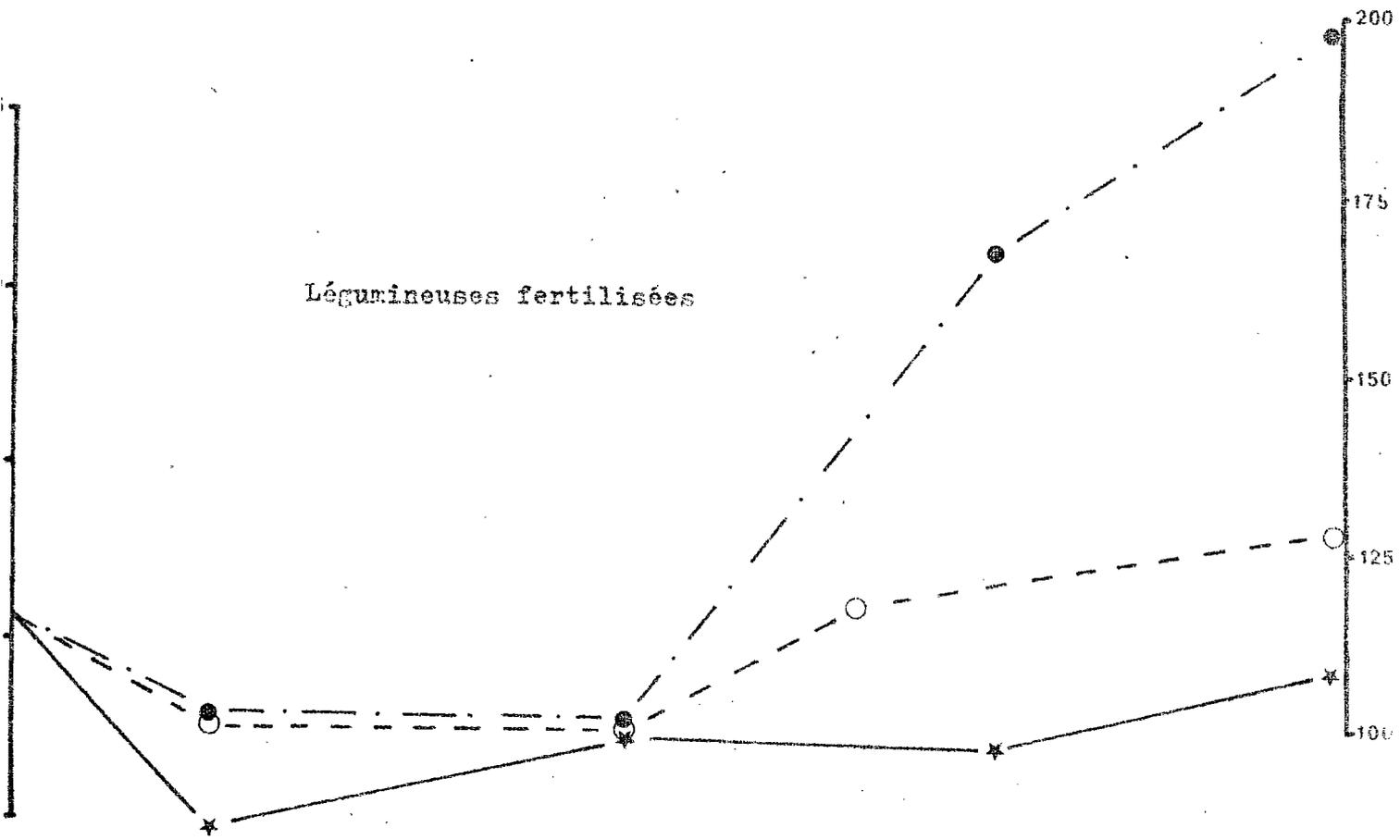
Graminées non fertilisées



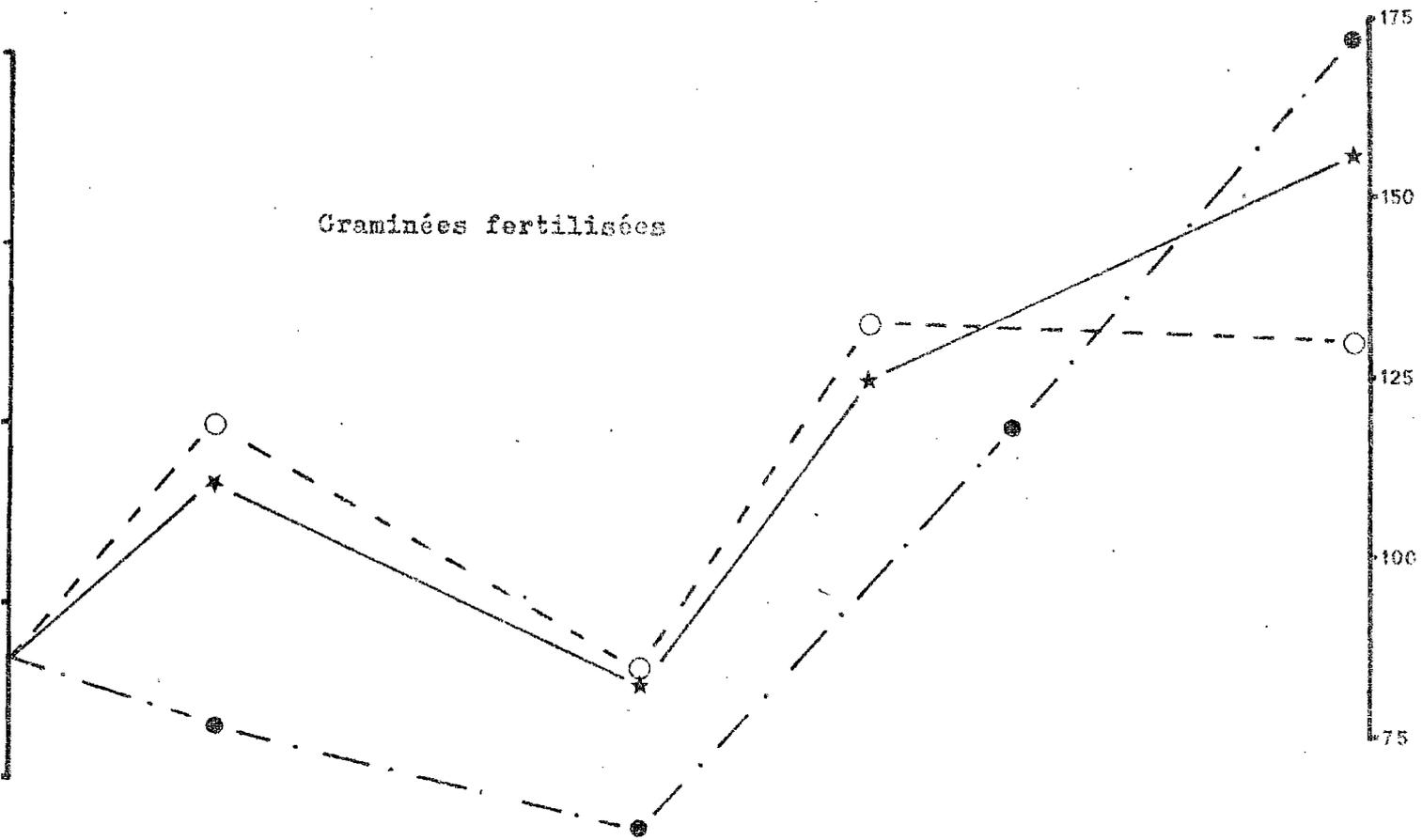
★ — Stock réel dans l'horizon 0 - 25cm (échelle de gauche)
 ○ - - - Stock réel dans l'horizon 0 - 45cm (échelle de droite) ● - . - Stock théorique

Figure 49 : Stocks et bilans en phosphore Olsen.

Légumineuses fertilisées



Graminées fertilisées



-9 6 7	26-3 1 9 6 8	22-4 1 9 6 9	26-11	8-4 1 9 7 0	3-3 1 9 7 1
-----------	-----------------	-----------------	-------	----------------	----------------

* — Stock réel dans l'horizon 0 - 25cm (échelle de gauche) ● — Stock théorique
 ○ - - - Stock réel dans l'horizon 0 - 45cm (échelle de droite)

Figure 49^{bis} : Stocks et bilans en phosphore Olsen.

Première post-culture

Deuxième post-culture

Troisième post-culture

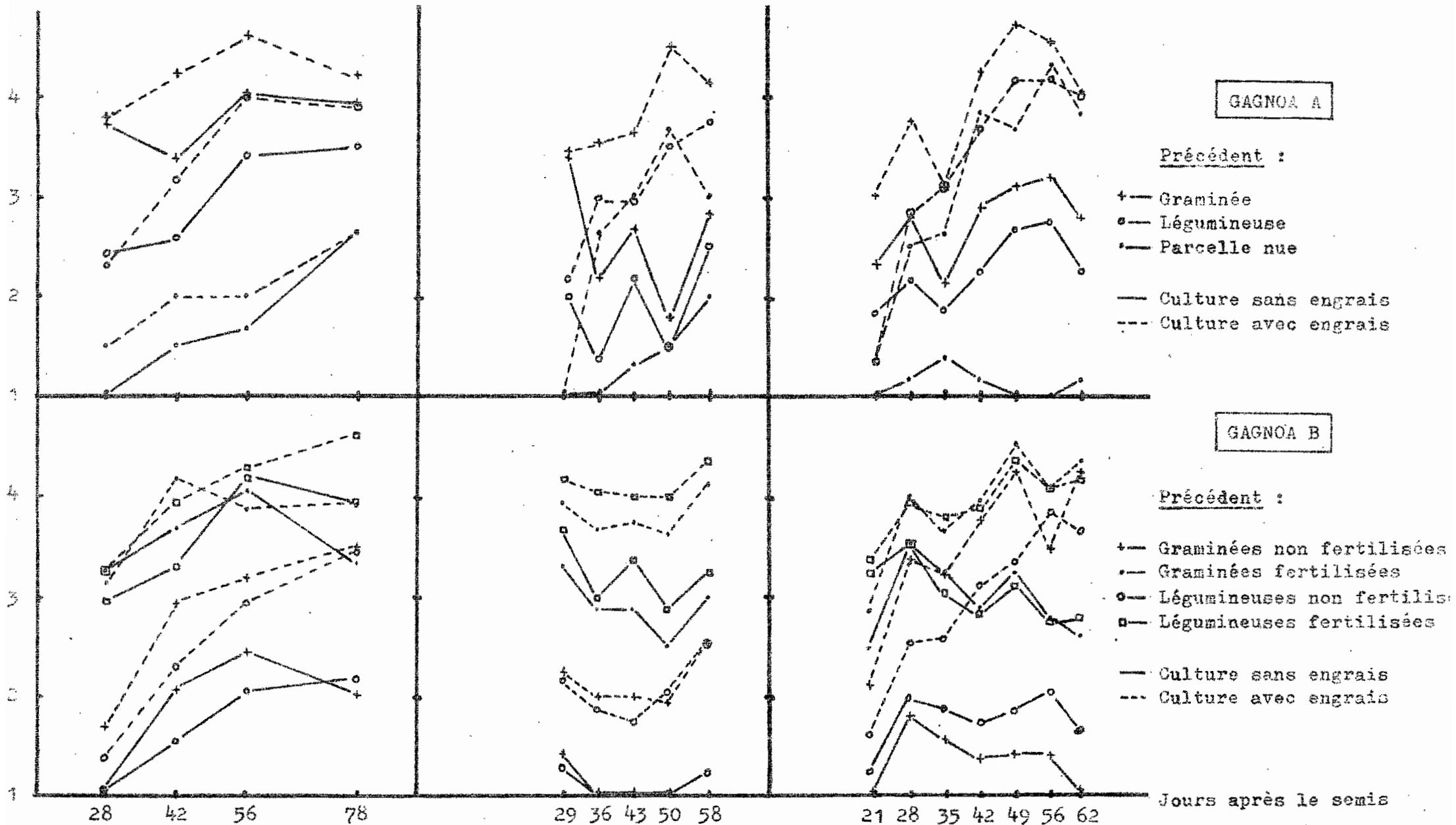


Figure 50.: Notations d'aspect de la végétation - de 0 à 5 - au cours du temps. Moyennes pour quelques traitements.

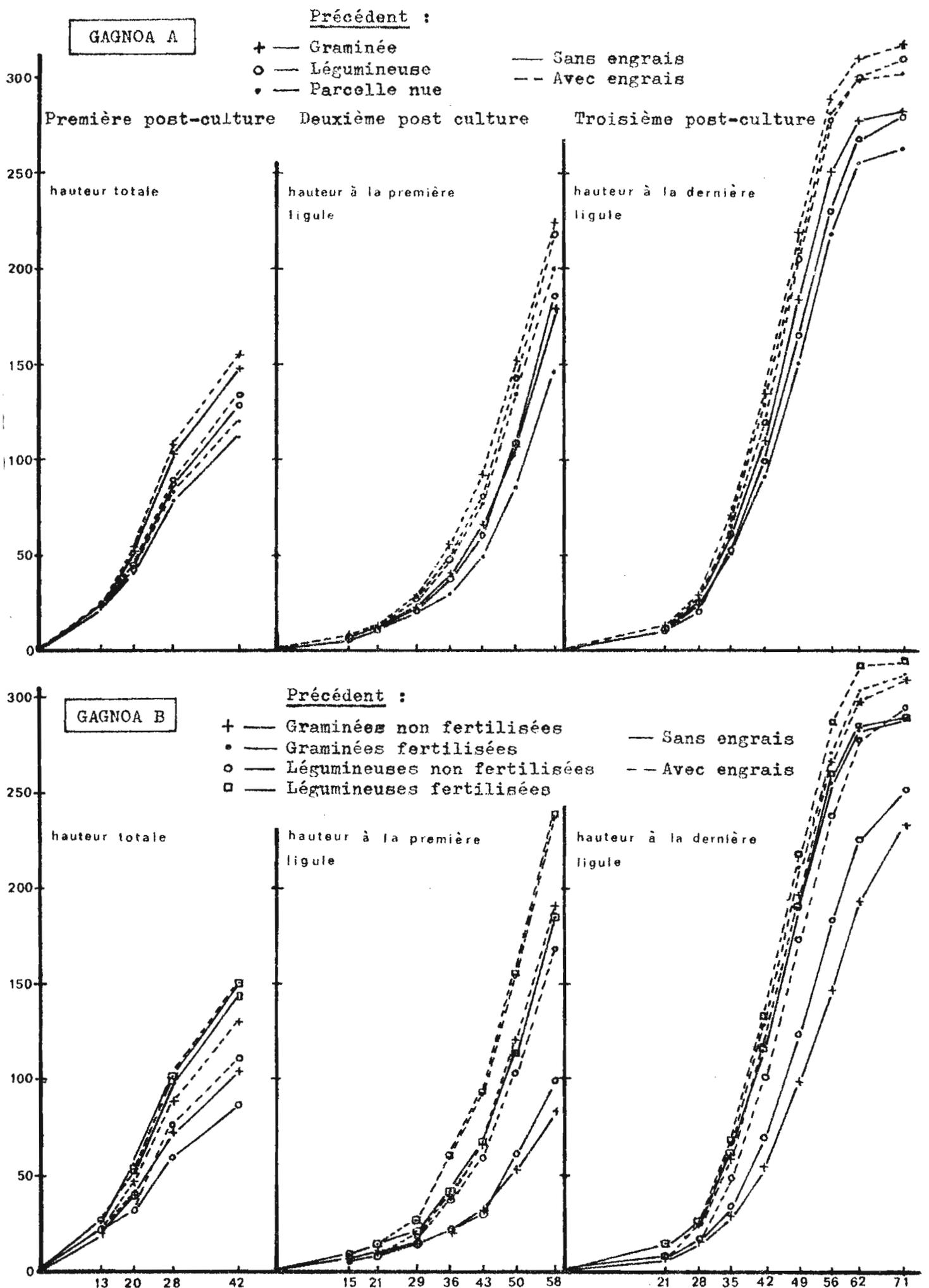


Figure 51 : Evolution de la taille des plants de maïs pour les principaux traitements.

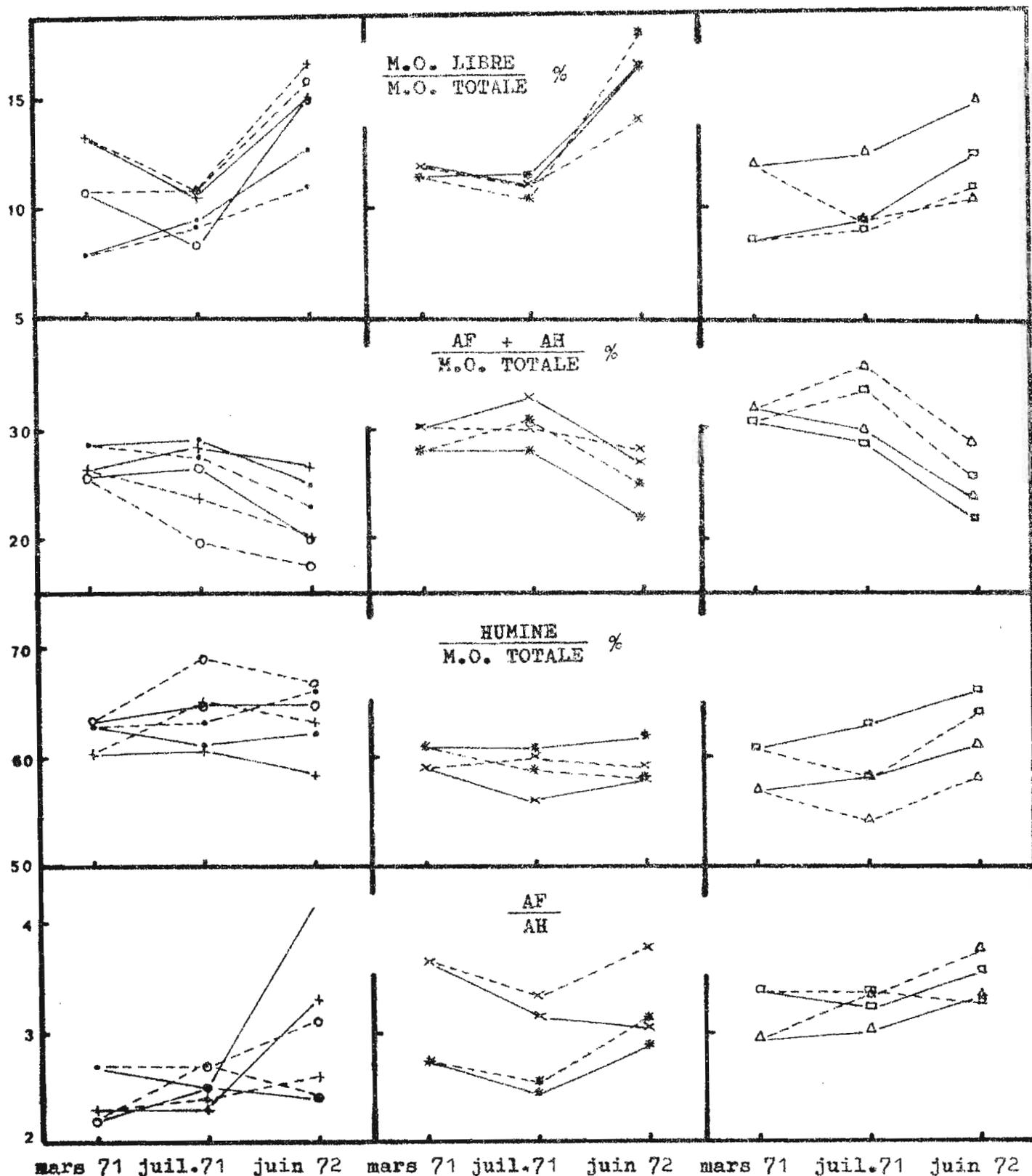


Figure 53 : Etat qualitatif de la matière organique (horizon 0 - 25 cm).