

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

INSTITUT DE RECHERCHES
AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES
VIVRIERES

INFLUENCE DE L'ACACIA ALBIDA SUR LES FACTEURS
PEDOCLIMATIQUES ET LES RENDEMENTS DES CULTURES

- NOUVELLE CONTRIBUTION -

par

C. DANCETTE
Ingénieur Agronome
Bioclimatologiste

J. F. POULAIN
Ingénieur Agronome
Agropédologue

Juin 1968

Centre National de Recherches Agronomiques
Bambey

TABLE DES MATIERES

	Pages
I -	
Introduction à l'étude	1
I - Conditions pédoclimatiques des années 1966 et 1967	2
II - Etude bioclimatologique de l'Acacia albida	3
1- Evaporation	3
2- Humidité relative	3
3- Température	4
4- Humidité du sol	5
5- Pluviométrie sous Acacia albida	9
A. Dispositif	9
B. Résultats	12
C. Interprétation	12
a) Pluies fines et premières pluie d'hivernage ...	12
a1 Généralité	12
a2 Mesures pluviométriques effectuées lors de la première pluie d'hivernage 1967 (22 Juin)	13
a3 Analyses de ces résultats	13
a4 Mensurations	13
α) Mensurations sur l'essai agronomique de Silane	14
β) Influence sur la croissance en taille du mil, de l'orientation des parcelles sous Acacia par rapport à la direction dominan- te des premières pluies d'hivernage.....	14
b) Pluies violentes	16
III - <u>ETUDES AGRO-PEDOLOGIQUES</u>	17
1- Dispositif d'étude	17
2- Effets sur le sol	17
A) Caractéristiques physiques	19
B) Caractéristiques organiques	20
C) Caractéristiques chimiques	20
D) Mesures annexes effectuées en 1967	21
3- Corrélations entre éléments du sol	23
A) Acidité du sol	25

	Pages
B) Les éléments minéraux	25
C) La matière organique	26
D) La capacité d'échange	26
4- Résultats agronomiques	28
A) Arachide 1966	28
B) Mil 1967	28
a- Croissance et développement. Observations et me- sures en cours de végétation	28
a1 Hauteur totale des tiges et des tiges + épis ..	28
a2 Mensurations sur épis	32
b- Résultats agronomiques	34
c- Composantes du rendement en mil grain	36
5- Liaisons entre rendements et caractéristiques du sol	38
CONCLUSION GENERALE	39
ANNEXES	
Méthodes d'analyse au laboratoire du C.R.A. en 1967-68 .	43
Bibliographie	44

INFLUENCE DE L'ACACIA ALBIDA
SUR LES FACTEURS PEDOCCLIATIQUES
ET LES RENDEMENTS DES CULTURES

Nouvelle Contribution

par

C. DANCETTE
Ingénieur Agronome
Bioclimatologiste

J.F. POULAIN
Ingénieur Agronome
Agropédologue

INTRODUCTION A L'ETUDE

Une réunion entre différents instituts (IRAT, IRHO, IRCT, CIPT) et organismes de recherches (ORSTOM) s'est tenue à Dakar le 11 Mars 1966 au Secrétariat d'Etat à la Coopération. Elle se proposait de définir un programme d'étude du *Faidherbia albida* dont l'importance agronomique est considérable dans un pays comme le Sénégal, mais mal chiffrée.

L'I.R.A.T. était plus spécialement chargé :

- de déterminer l'influence sur les cultures du microclimat qui caractérise l'*Acacia albida*
- de chiffrer l'importance des effets de l'*Acacia albida* sur les éléments du sol et sur les rendements des cultures.

L'étude présentée ici fait suite aux travaux réalisés par C.CHARREAU et P.VIDAL dès 1959 et a été conduite simultanément à celle de JUNG, microbiologiste de l'O.S.R.T.O.M.

La particularité de l'étude agronomique réside dans le fait de sa réalisation en milieu traditionnel chez des cultivateurs pratiquant une succession culturale plus ou moins anarchique du type arachide-mil avec préférence pour le mil sous le *Faidherbia*.

I - CONDITIONS PEDOCLIMATIQUES DES ANNEES
1966 et 1967

S o l s

Les sols Dior sur lesquels ont été installées les expérimentations agronomiques et bioclimatologiques appartiennent à la classe des sols riches en sesquioxides et en hydrates métalliques, et au groupe des sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés. Ces sols formés sur sables quaternaires sont caractérisés par une texture très sableuse impliquant une pauvreté en colloïdes minéraux et organiques et par des réserves minérales très réduites (phosphore en particulier). Ils sont très représentatifs de la zone Centre-Nord du Sénégal, caractérisée justement par l'abondance des *Acacia albida*.

Pluviométrie

- En 1966, la saison des pluies a été très défavorable: elle s'est seulement installée à partir du 17 Août, se terminant légèrement plus tard que d'habitude. Un record absolu de sécheresse sur 35 années d'observation a été établi en Juillet. Ces conditions exceptionnelles justifient les faibles rendements de l'année. L'utilisation d'une variété hâtive (55-437) a toutefois permis d'obtenir dans le cas de l'expérimentation agronomique des rendements corrects.

- En 1967, la saison des pluies a commencé à la date normale et les pluies ont été exceptionnellement bien réparties en Juillet, Août et Septembre.

Pour ces deux années, les caractéristiques de l'hivernage sont les suivantes :

Hauteur mm	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Total
1966	22,0	3,7	146,9	216,8	142,5	531,9
1967	13,7	159,6	247,6	287,5	71,7	780,1
Période 1932-1966	30,2	116,3	257,8	194,4	53,4	664,9

Années	Premières pluies utiles			Deuxièmes pluies utiles			Dernières pluies utiles			Semis
	Date	Quantité en mm	Durée en jours	Date	Quantité en mm	Durée en jours	Date	Quantité en mm	Durée en jours	
1966	18/8	74,1	5j	28/8	61,3	2j	14/10	29,2	1j	A.19/8
1967	22/6	11,1	1j	4/7	37,5	2j	23/10	12,8	2j	M.24/6
Période 1932-1966	3/7	42,5	2,6	13/7	29,3	2j	12/10	23,3	1,7j	A.4/7

II - ETUDE BIOCLIMATOLOGIQUE DE L'ACACIA ALBIDA

Il s'agit de déterminer si le microclimat qui caractérise l'Acacia albida est favorable ou non aux cultures pratiquées sous son couvert. Dans la limite de nos moyens matériels, nous nous sommes limités en 1966, à l'étude des facteurs suivants : évaporation, humidité relative de l'air, température, humidité du sol et pluviométrie.

Le dispositif d'étude, installé autour d'un Acacia typique, comporte en principe trois niveaux d'observation :

- à proximité du tronc, sous la frondaison
- à la limite de la frondaison
- à l'extérieur du couvert et de l'influence de l'arbre.

Pour chaque niveau d'observation, on travaille selon le cas, dans les quatre ou huit directions cardinales. L'arbre choisi se trouvait à la limite du C.R.A. de Bambey, sur sol Dior. Pour faciliter les observations quotidiennes, un arbre plus proche des laboratoires fut par la suite retenu.

1)- Evaporation

Pour les évaporations mesurées à l'évaporomètre de PICHE à l'air libre et à une hauteur de 50 cm, nous avons fait la moyenne des mesures effectuées dans les quatre directions, à une même distance de l'arbre: à 2 mètres, 6 à 8 mètres (limite de la frondaison) et 15 m du tronc. Au bout d'un mois de mesures ininterrompues, pendant le mois de juillet 1966, l'interprétation statistique des premiers résultats fut entreprise; on totalisait alors :

231,0mm d'évaporation près du tronc
 231,3mm d'évaporation à la limite de la frondaison
 231,6mm d'évaporation loin du couvert de l'arbre.

En considérant les résultats obtenus jour par jour, aucune différence significative ne fut constatée entre les traitements extrêmes (sous l'arbre et loin de l'arbre): les différences étaient faibles et avaient lieu tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Les mesures d'évaporation furent alors stoppées. L'évaporomètre PICHE non abrité donne des résultats trop capricieux pour mettre en évidence les différences qui peuvent exister entre les deux types de microclimats. Si de telles mesures doivent être reprises, il conviendra d'utiliser pour chacun des douze évaporomètres un petit abri standard, pour supprimer l'action turbulente du vent et celle du rayonnement solaire direct.

2)- Humidité relative

Les observations ont eu lieu quotidiennement pendant le mois de juillet, à différentes heures de la journée; l'heure de la journée et le type de temps (clair ou couvert), l'absence ou la présence d'ombrage étaient notés. Deux psychromètres à guérite furent utilisés simultanément aux distances extrêmes (2 et 15m du tronc): ils étaient placés à une hauteur de 10 cm au-dessus du sol. Chaque jour la mesure était faite dans une direction différente. Nous avons mesuré une humi-

dité relative moyenne de 59% sous l'arbre et de 51% loin de l'arbre; les différences étaient toujours dans le même sens. Une seule fois, par temps ensoleillé et quelques heures après une petite pluie, l'humidité fut plus élevée loin de l'arbre. On peut expliquer cela par une évaporation plus forte de l'eau du sol, sous l'effet du soleil, alors qu'à l'ombre de l'Acacia l'évaporation devait être faible et alors qu'aucun vent ne brassait l'atmosphère. Les différences observées sont hautement significatives (T calculé = 6,20 pour une valeur de t au seuil de 0,001 égale à 3,85).

Cette augmentation de l'humidité relative sous l'acacia peut être utile, surtout en début ou en fin d'hivernage: elle peut permettre une réduction des besoins en eau de la plante (baisse d'ETP) et être bénéfique au point de vue physiologique (les stomates restant fonctionnels plus longtemps) à un moment où la plante risque de souffrir de la sécheresse. Il conviendrait de réaliser des mesures d'humidité de l'air avec des psychromètre à ventilation forcée, appareils qui nous manquaient alors.

3)- Température

Les mesures de températures ont été faites dans une direction seulement et à deux distances : près du tronc, (sous la frondaison), et en dehors du couvert de l'arbre. Nous manquions, pour travailler dans les 4 directions et à 3 distances de l'arbre, de thermomètres. Des mesures quotidiennes ont été effectuées; du 13 Octobre 1966 au 4 Novembre 1966, à une hauteur de 10 cm au-dessus du sol. Des mesures au sol, entreprises début 1966 avaient dû être interrompues en sole III Nord (les thermomètres avaient été cassés par le bétail). Nous avons utilisé des thermomètres à maximum et des thermomètres à minimum, placés à 10 cm au-dessus du sol.

	Sous l'arbre	A l'extérieur
Moyenne des maxima du 13/10 au 4/11/1967 à 10 cm du sol	37,9	41,3
Moyennes des minima du 13/10 au 4/11/1966 à 10 cm du sol	20,2	19,6

Nous obtenons une réduction importante des maxima et une augmentation sensible des minima sous acacia par rapport à la zone extérieure. Pour 23 couples d'observations, nous obtenons pour les maxima un t calculé égal à 10,56, et pour les minima un t calculé de 0,084: pour un t au seuil de 0,001 égal à 3,792, sur table. Ces différences de température sont donc hautement significatives.

Cette réduction systématique des maxima et cette augmentation systématique aussi des minima sous l'acacia ne peut être que favorable à la physiologie des plantes cultivées sous l'arbre.

Cependant il convient d'être prudent quant à l'interprétation de ces mesures faites à l'air libre et non sous abri.

4)- Humidité du sol

Des profils hydriques ont été faits à la tarière dans les 4 directions géographiques et aux trois distances de l'arbre. Les premiers profils ont été effectués le 24 Mai 1966, avant toute pluie. Des mesures intermédiaires ont été faites en plein milieu de l'hivernage, dans deux directions (Est et Ouest) seulement. Les derniers profils ont été faits le 24 Octobre 1966, 9 jours après la fin de la saison des pluies. Sur le premier tableau, nous faisons figurer les valeurs d'humidité du sol, moyennes des quatre directions, à une même profondeur et à une même distance du tronc. De ce tableau nous avons extrait l'allure des profils caractéristiques sous acacia et en dehors de l'acacia. Par ailleurs, nous avons pu déterminer jusqu'à la profondeur limite de 4 mètres (profondeur encore insuffisante pour faire un bilan complet) l'évolution du stock d'eau entre le 24 Mai et le 24 Octobre. Ces mesures d'humidité étaient accompagnées de mesures de pF (pF 4,2 et pF 3,0) Nous avons constaté les faits suivants :

- Le 24 Mai, en fin de saison sèche, en faisant la différence entre les humidités à pF 3,0 et les humidités effectives du sol, compte tenu des densités apparentes, on obtient pour l'ensemble du profil, un déficit de 52,4 mm au pied de l'arbre (pF 3,0 atteint à 3,2 m) et de 67,7 mm à l'écart de l'arbre (pF 3,0 atteint à 3,6 m). Mais le déficit ainsi obtenu n'a qu'une valeur très relative (à seule fin de comparaison des deux positions) car il ressort des études de M.CHARREAU que dans ces sols sableux la capacité au champ serait atteinte vers pF 2,5 ou moins encore, et que même à 5 m de profondeur, on se trouverait, en fin de saison sèche, en-dessous de la capacité au champ.
- Le 24 Octobre, 9 jours après la fin de l'hivernage, si l'on excepte la partie supérieure du sol déjà desséchée, le profil semble à l'équilibre (les variations d'humidité étant dues surtout à des teneurs en argile différentes) et la capacité au champ correspondrait à une humidité du sol voisine de 6 % (alors qu'à pF 3,0 on a seulement 2,9 % d'humidité pondérale). En surface, à cette date, le sol est plus desséché en dehors de l'arbre que sous l'arbre et ceci jusqu'à 1,2 m de profondeur.
- En fait les profils effectués sous l'arbre et loin de l'arbre sont très voisins et délicats à interpréter. Nous avons cependant distingué deux zones :
 - . Entre la surface et 1,2 m de profondeur, du 24 Mai au 24 Octobre, le stock d'eau a augmenté davantage sous l'arbre (73,1 mm), qu'à l'extérieur (59,8 mm), ce qui serait bien conforme à la réduction de l'évaporation sous l'arbre.
 - . Entre 1,2m et 4m de profondeur, le stock d'eau a augmenté davantage à l'écart de l'arbre (156,4mm) que sous l'arbre (142,4mm). A cette profondeur, interviennent peut-être sous l'arbre les racines

T A B L E A U N° I

HUMIDITE MOYENNE DANS LES QUATRE D I R E C T I O N S

PROFONDEUR	PIED DE L'ARBRE, A 2 m DU TRONC			LIMITE DE LA FRONDAISON			LOIN DE L'ARBRE		
	24/5/1966	22/9/66	24/10/66	24/5/66	22/9/66	24/10/66	24/5/66	22/9/66	24/10/66
0 - 20	0.30	6.72	4.05	0.36	6.10	3.20	0.15	4.40	2.67
20 - 40	0.58	5.13	4.41	0.60	5.74	3.83	0.86	6.10	4.05
40 - 60	0.85	6.38	4.69	0.92	5.97	4.46	0.93	6.09	4.32
60 - 80	0.88	6.33	4.70	1.05	5.86	4.77	1.08	6.30	4.29
80 -100	0.99	6.82	5.16	1.22	6.50	5.09	1.03	6.58	4.57
100-120	0.97	7.52	5.92	1.06	6.04	5.16	1.06	7.39	5.14
120-140	1.31	7.05	5.46	0.95	6.63	6.01	0.95	6.74	5.52
140-160	1.62	7.13	6.13	1.96	6.41	5.71	1.24	6.37	5.89
160-180	2.48	6.95	6.62	2.13	6.87	5.71	1.10	7.04	5.75
180-200	2.57	6.40	6.26	2.69	3.91	6.28	1.77	6.42	6.56
240	2.83	6.31	6.27	2.52	4.22	6.49	2.59	4.95	6.54
280	2.81	5.26	6.02	3.05	4.43	6.57	2.32	5.42	6.38
320	2.58	3.45	5.41	2.83	4.40	6.12	2.49	3.02	6.21
360	4.28	5.76	6.53	4.24	4.80	6.11	2.36	4.08	5.16
400	3.96	4.29	7.74	3.95	5.29	6.51	4.26	5.81	6.24

24/5/ 1966 = avant toute pluie

24/10/66 = une semaine après la dernière pluie

22/9 /66 = en pleine saison des pluies (profils Est et Ouest seulement)

Humidité moyenne à pF 3,0 = 2,9 %

Humidité moyenne à pF 4 = 1,4 %

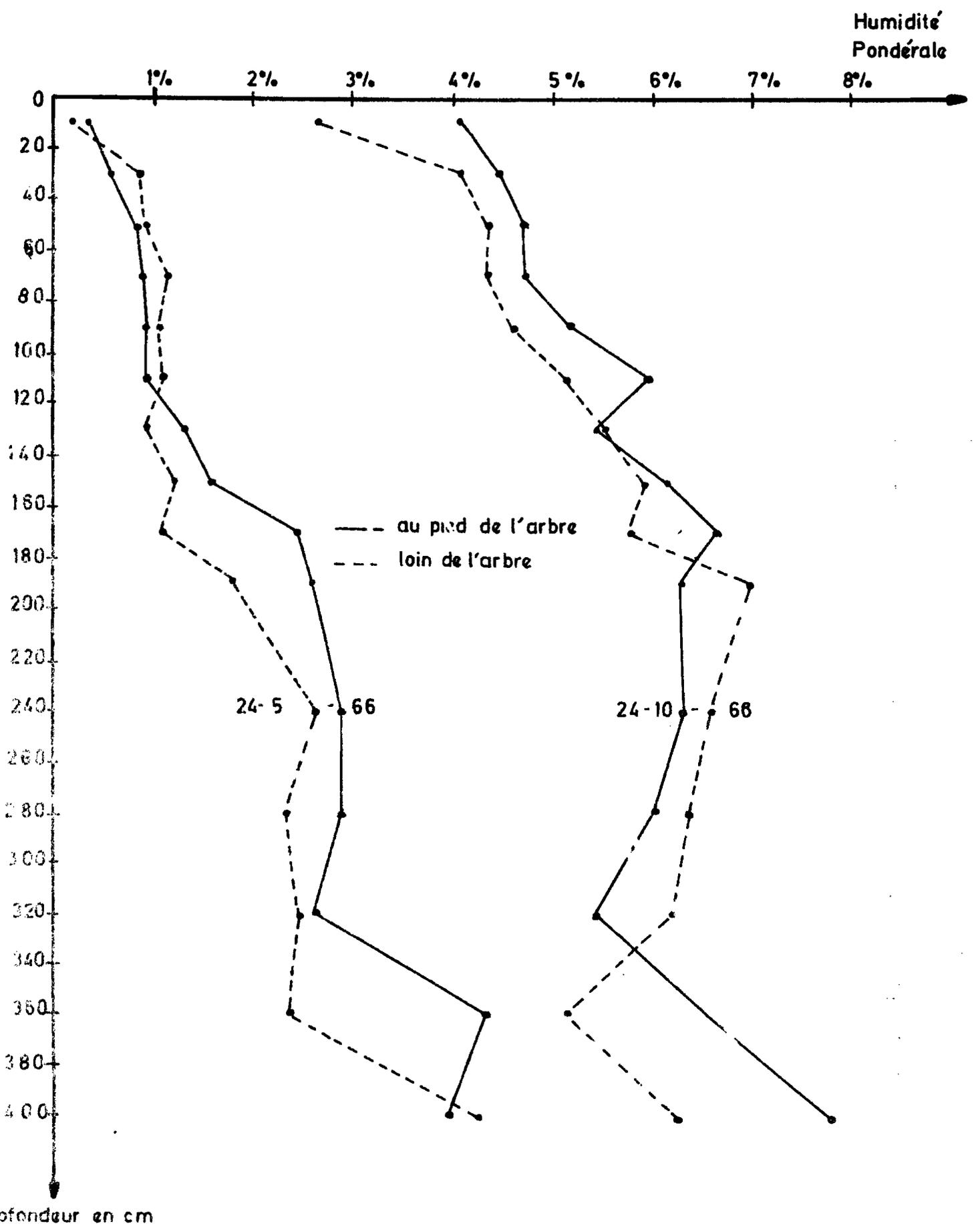
T A B L E A U N° II

EVOLUTION DU STOCK D'EAU DU SOL DU 24 MAI AU 24 OCTOBRE 1965

	AU PIED DE L'ARBRE (MOYENNE DES 4 DIRECTIONS)		LOIN DE L'ARBRE (MOYENNE DES 4 DIRECTIONS)	
	Différence des humidités pondérales	Augmentation du stock d'eau en mm	Différence des humidités pondérales	Augmentation du stock d'eau en mm
0 - 20	3.75	11.3	2.52	7.6
20 - 40	3.83	11.5	3.19	9.6
40 - 60	3.84	11.5	3.39	10.2
60 - 80	3.82	11.4	3.21	9.6
80 - 100	4.17	12.5	3.54	10.6
100 - 120	4.95	14.9	4.08	12.2
120 - 140	4.15	12.5	4.57	13.7
140 - 160	4.51	13.5	4.65	14.0
160 - 180	4.14	12.4	4.65	14.0
180 - 200	3.69	11.1	5.19	15.6
200 - 240	3.44	20.6	3.95	23.7
240 - 280	3.21	19.2	4.06	24.4
280 - 320	2.83	17.0	3.72	22.3
320 - 360	2.25	13.5	2.80	16.8
360 - 400	3.78	22.6	1.98	11.9
TOTAL		215.5 mm		216.2 mm

* Densité apparente moyenne en sol dior = 1,55

PROFILS HYDRIQUES sous ACACIA ALBIDÀ



qui puisent dans la réserve d'eau, mais le système racinaire de l'acacia albida est encore trop mal connu (on sait toutefois qu'il y a très peu de racines en surface).

De toutes les façons ces différences sont très faibles et, sur l'ensemble du profil, entre 0 et 4 mètres, l'augmentation globale du stock d'eau du 24 Mai au 24 Octobre est identique (215,5 mm sous l'arbre et 216,2 mm à l'extérieur). Mais nous ne pouvons pas faire un bilan rigoureux; même à 4m les profils évoluent encore beaucoup et une partie importante de l'eau échappe à nos mesures. Il faudrait suivre les profils à des intervalles de temps plus rapprochés et à une profondeur plus grande (l'usage de la sonde serait intéressant, dans la mesure où on arriverait à placer des tubes à 5m ou plus).

M. POULAIN a réalisé sur son essai de Silane des mesures d'humidité du sol près de la surface, le 17 Août 1966, après les petites pluies fines de Juin, Juillet et début Août qui totalisaient alors 35,2mm et avant le semis d'arachide du 19 Août. Ces mesures ont été faites sous les douze kads étudiés, à l'abri et à l'écart du couvert.

Profondeur	Sous Kad		En dehors du Kad	
	0-10	10-20	0-10	10-20
Humidité	0,73%	1,08%	0,68%	1,58%

D'après ces chiffres, on peut dire qu'après une forte sécheresse coupée seulement par quelques petites pluies :

- l'évaporation a été très faiblement réduite à l'abri de l'arbre et en surface
- l'humidité est assez nettement plus faible sous l'arbre qu'en dehors entre 10 et 20 cm, ceci parce qu'une petite partie des pluies fines tombées aurait été retenue par le branchage de l'arbre (lequel a gardé ses feuilles jusque vers le 10 Août, en 1966, ce qui était exceptionnel). Nous reviendrons sur ce point dans la partie suivante.

5)- Pluviométrie sous Acacia albida

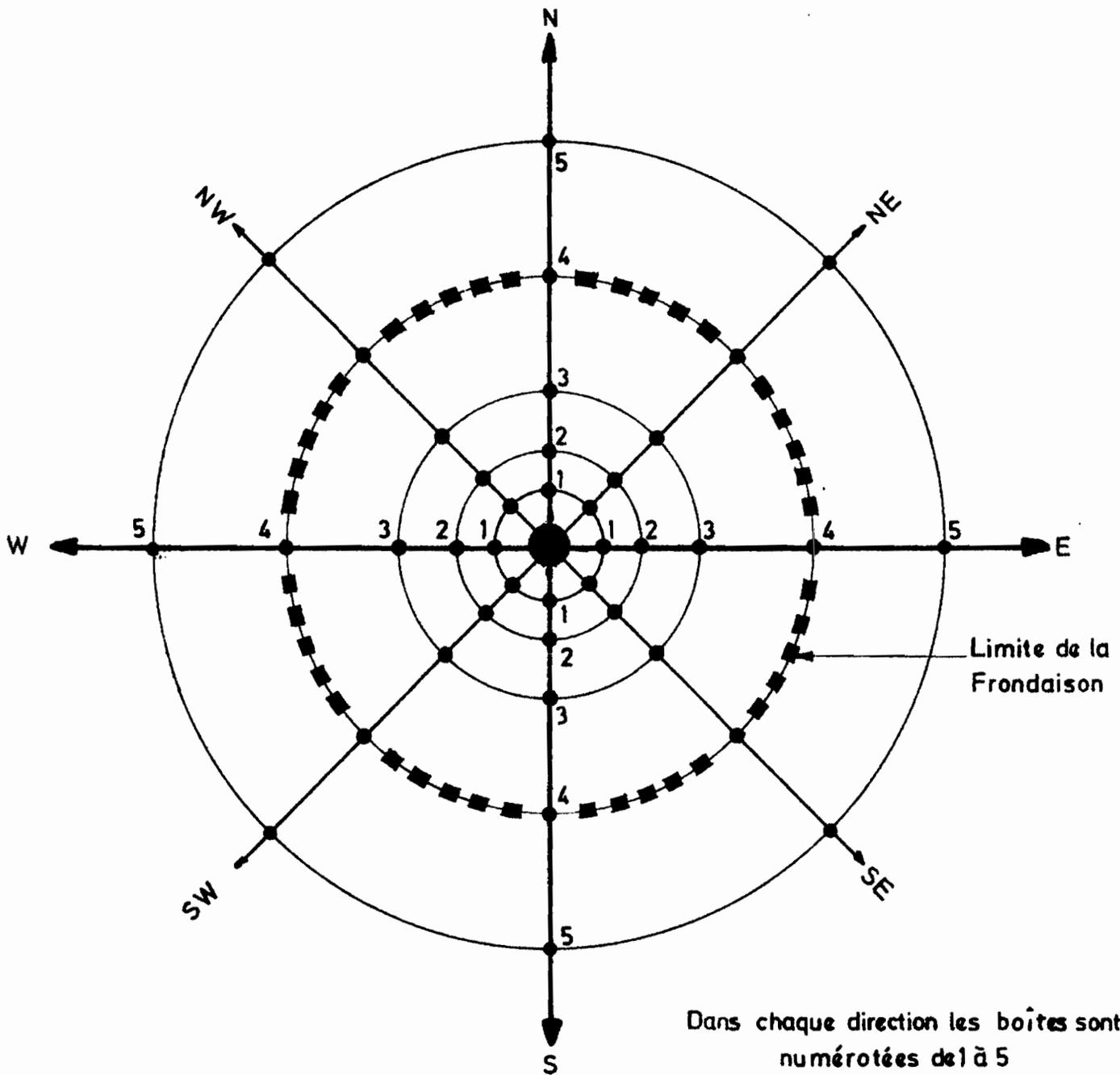
A- Dispositif

Quarante vases de végétation, enterrés au tiers de la hauteur sur une surface désherbée, étaient disposés dans huit directions et à cinq distances du tronc d'un Acacia. L'Acacia étudié était choisi pour la régularité de sa frondaison et pour sa grande taille.

La surface d'ouverture des 40 vases a été mesurée. La surface moyenne des vases était de $96,1\text{cm}^2$ et l'écart moyen de $0,8\text{cm}^2$ en plus ou moins, soit une erreur sur la surface inférieure à 1%. Pour $96,1\text{cm}^2$, 1cm^3 d'eau, correspondait à 0,104 mm. Un autre procédé pour étalonner les boîtes, en les plaçant côte à côte, sous une averse, et sur une surface dégagée, a dû être abandonné: la pluie en rafale ricochait d'un vase à l'autre et les boîtes situées sur le côté opposé à la direction

DISPOSITIF de MESURE de la PLUVIOMETRIE - 10 -

Sous Acacia Albida - BAMBEY 1967



- 1- Distance du tronc a la boîte = 1m
- 2- " " " = 3m
- 3- " " " = 5m
- 4- Limite de la frondaison = 7 a 8 m
- 5- Zone extérieure a l'arbre = 20 m



VASE DE MESURE

PLUVIOMETRIE SOUS ACACIA EN SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1966

DATES	P L U I E S V I O L E N T E S								P L U I E S F I N E S					
	7/9	9/9	12-13/9	23/9	25/9	26/9	1/10	7-8/10	12-13 et 14/9	18-19/9	3/10	4/10	6/10	14 et 15/10
Pluviométrie à 1m du tronc en mm	18.2	26.0	38.1	12.9	35.7	15.5	21.4	30.5	47.2	24.1	7.5	5.4	7.6	34.3
Pluviométrie à 3m du tronc en mm	18.1	28.8	38.8	15.4	37.1	18.2	19.7	44.1	57.4	28.5	10.0	7.4	9.3	40.8
Pluviométrie à 5m du tronc en mm	16.4	25.0	34.0	12.5	33.8	15.4	18.6	52.2	55.0	28.9	10.5	8.0	9.5	40.2
à la limite de la frondaison	15.6	23.5	29.9	11.0	34.3	12.0	15.6	34.9	51.0	26.6	10.2	7.5	8.6	36.6
Pluviométrie à l'écart de l'arbre	15.7	21.5	30.9	10.7	30.6	14.8	16.2	32.8	54.0	28.5	10.9	8.8	9.7	38.4
Pluviométrie moyenne sous arbre (1,3, 5a)	17.6	26.6	37.0	13.6	35.5	16.3	19.9	42.2	53.2	27.1	9.3	6.9	8.8	38.4
Pourcentage d'augmentation ou de réduction de la pluviométrie sous l'arbre par rapport à l'extérieur	(1) + 11% (+1.7)	+ 24% (+ 5.2)	+ 20% (+ 6.2)	+ 27% (+ 2.9)	+ 16% (+ 4.9)	+ 10% (+ 1.5)	+ 23% (+ 3.7)	+ 29% (+ 9.5)	(2) - 2% (- 1.1)	- 5% (- 1.4)	- 15% (- 1.6)	- 22% (- 1.9)	- 9% (- 0.9)	0% (0.0)
Intensité moyenne de la pluviométrie en mm/h	28	52	30	33	48	43	16	29	(2)	3	4	5	12	9
Direction dominante du vent pendant l'averse	SE	E	2 averse d'orienta- tions diffé- rentes	SSE	ESE	W	E	E	SE	ESE	SSE	SSW	SSE	E

REMARQUES :

- (1) Sous le pourcentage d'augmentation ou de réduction de chaque pluie sous arbre, nous indiquons l'augmentation ou la réduction correspondante en mm d'eau
- (2) 3 averses distinctes sont cumulées, dont beaucoup de pluie fine; cette mesure est peu significative.

principale de l'averse étaient systématiquement plus remplies que les autres. D'autre part en cours d'essai sous Acacia, les boîtes étaient interverties au hasard, entre deux averses étudiées.

Nous avons étudié quelques grosses averses très violentes et quelques petites pluies fines..

B- Résultats

Pour chaque averse caractéristique nous avons fait la moyenne des quantités d'eau recueillies dans les 8 directions et à la même distance du tronc de l'arbre. Nous avons transposé les mesures en cm^3 en mesures en mm de pluie. Notre étude a commencé début Septembre, nous avons pu étudier 14 averses (certaines portant sur deux jours): nous avons distingué 8 averses violentes et 6 pluies fines. Pour comparer la pluviométrie sous arbre et la pluviométrie à l'extérieur de l'arbre, nous faisons la moyenne des quantités d'eau recueillies sous l'arbre, aux distances de 1m, 3m et 5m du tronc et nous comparons cette moyenne à celle des quantités d'eau recueillies le plus loin de l'arbre à 20 m du tronc.

Nous ne tenons pas compte des quantités recueillies à la limite de la projection de la frondaison: ce sont des valeurs de transition. Sur le tableau suivant nous indiquons les pluviométries en mm à chaque distance du tronc, l'intensité moyenne de la précipitation (d'après les enregistrements effectués au parc météo), la direction générale du vent pendant la pluie. Pour les pluies fortes et obliques il y a sous l'arbre une augmentation importante de la pluviométrie: + 20% en moyenne, par rapport à la zone extérieure. Par contre, pour les pluies fines et verticales, on a souvent une réduction appréciable de la pluviométrie sous Acacia (-4,6%).

Sur 8 pluies violentes totalisant 173,2mm, l'augmentation totale de la pluviométrie a été de 35,6mm; sur 6 pluies fines totalisant 150,3mm la réduction totale de la pluviométrie a été de 6,9mm. Sur un total de 323,5mm de pluies étudiées, du 7 Septembre au 15 Octobre, on obtient globalement une augmentation de 28,7mm sous arbre, soit un pourcentage d'augmentation de 8,9% par rapport à la zone extérieure, ce qui est donc très appréciable.

C- Interprétation

Nous avons donné une explication de ces phénomènes dans les schémas suivants, en relation avec la plus ou moins grande section de pluie interceptée par l'arbre, selon que les averses sont obliques ou verticales.

a) Pluies fines et première pluie d'hivernage

al) Généralités

Pour les pluies fines, la réduction de pluie enregistrée s'explique ainsi: d'une part, la section de la pluie interceptée par le plan horizontal est normale à la direction de la pluie et d'autre part la frondaison retient une partie de la pluie qui s'évapore par la suite et n'arrive pas au sol. Cette réduction peut être préjudiciable aux cultures sous arbre, lorsque la première pluie permettant le semis est

une pluie fine, à la limite des chances de réussite du semis. C'est ce qui a été observé sur les semis d'arachide effectués sous acacia par les cultivateurs dans les environs du C.R.A. après les faibles pluies des 7 et 8 Août 1966 (elles totalisaient environ 10 mm au Nord du CRA. et elles furent suivies de 8 jours de sécheresse); on avait constaté une levée beaucoup plus mauvaise sous les acacia qu' en dehors. C'est pourquoi nous avons étudié de très près la première pluie de l'hivernage 1967: pluie du 22 Juin, après laquelle M. POULAIN a effectué son semis de mil sous acacia albida. Cette petite pluie a eu une importance considérable sur le développement des cultures sous jacentes.

a2) Mesures pluviométriques effectuées lors de la première pluie de l'hivernage 1967 (22 Juin)

Orientation	Est	Sud-Est	Sud	Sud-Ouest	Ouest	Nord-Ouest	Nord	Nord-Est	MOYENNE
Distance									
1 m du tronc	10.4	9.9	8.3	6.8	6.2	10.4	11.5	11.5	9.4
3 m du tronc	13.0	9.9	7.8	6.8	6.8	9.4	11.2	11.4	9.5
5 m du tronc	13.0	9.8	8.0	7.8	8.3	10.9	11.6	9.9	9.9
Limite de l'arbre	10.4	8.3	6.8	7.3	6.9	10.6	10.4	9.9	8.8
20m du tronc	9.9	9.9	10.4	10.7	9.4	9.9	9.9	9.9	10.0

a3) Analyse de ces résultats

α) En faisant la moyenne des 8 directions, pour les trois positions sous l'arbre, on obtient une pluviométrie moyenne de 9,6mm, alors qu'à l'extérieur on a une pluviométrie moyenne de 10,0mm, soit une réduction de 4% de la pluviométrie sous arbre par rapport à l'extérieur. Il s'agissait bien, d'après le pluviogramme correspondant, d'une pluie peu violente d'intensité voisine de 10mm/h. A cette époque, le kad ayant encore toutes ses feuilles, peut arrêter une quantité d'eau appréciable.

β) Il apparaît nettement que deux directions ont été défavorisées: les directions Ouest et Sud-Ouest: les 6 vases correspondant à ces deux directions donnent une moyenne de 7,1mm. Par contre, dans les deux directions diamétralement opposées par rapport au tronc de l'arbre, Est et Nord-Est, les 6 vases sous arbre donnent une moyenne de 11,5mm. On peut en déduire logiquement que cette averse était de secteur dominant Est Nord-Est.

a4) Mensurations

Les mensurations effectuées sur l'essai mil de Silane illustrent assez bien les constatations ci-dessus (points α et β)

X) Mensurations effectuées sur l'essai agronomique de Silane

- 1) 34 jours après le semis
- 2) 46 jours après le semis
- 3) 91 jours après le semis

	Parcelles sans fumure (traitements 1 et 3)		Parc. avec fumure iden- tique (Trait. 2 et 4)	
	Sous arbre	à l'exté- rieur	Sous arbre	à l'exté- rieur
Premières mensurations	60	63	71	89
Deuxièmes mensurations	121	102	160	184
Troisièmes mensurations	273	226	305	304

- Mensurations en cm effectuées sur 9 pieds par parcelle et sur 12 parcelles par traitement.

On remarquera que le départ de la végétation a été moins rapide sous arbre qu'en dehors (influence néfaste de la première pluie). Par contre, l'effet kad est devenu nettement favorable sur les traitements sans fumure à partir de la deuxième mensuration et négligeable sur les traitements avec fumure, à la troisième mensuration.

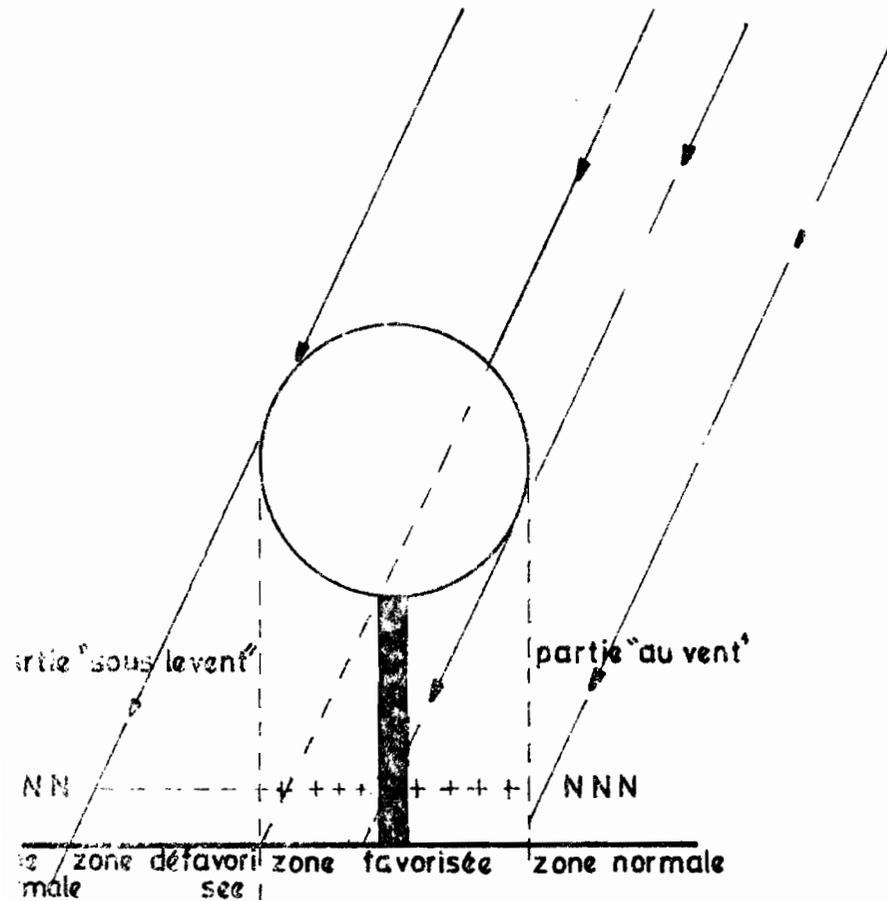
Y) Influence sur la croissance en taille du mil, de l'orientation des parcelles sous acacia par rapport à la direction dominante des premières pluies d'hivernage

	Parcelles sans fumure (Traitement 1)		Parcelles avec fumure (Traitement 2)	
	Parcelles mal orien- tées	Parcelles bien orien- tées	Parcelles mal orien- tées	Parcelles bien orien- tées
Hauteur moyenne premiè- re mensuration	42	75	60	80
Deuxième mensuration	108	135	139	180
Troisième mensuration	276	273	301	307

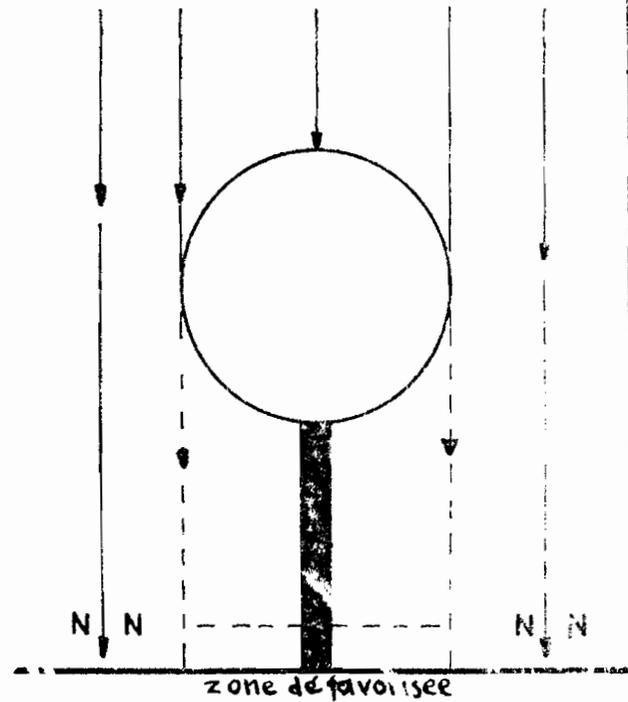
Sur les douze parcelles de chaque traitement sous arbre nous avons retenu 4 parcelles mal orientées et 4 parcelles bien orientées, 4 parcelles ayant une position intermédiaire. On peut constater que pour chaque traitement distinct, les parcelles mal orientées ont eu un départ moins rapide que les parcelles bien orientées. En fin de cycle ce retard était d'ailleurs rattrapé.

Il ne semble pas que ce retard de croissance ait une grande influence sur les rendements. Cependant les rendements des parcelles avec fumure, mal exposées, sont supérieurs aux rendements des parcelles sans fumure bien exposées, de 56,5% et l'augmentation passe à 67,5%

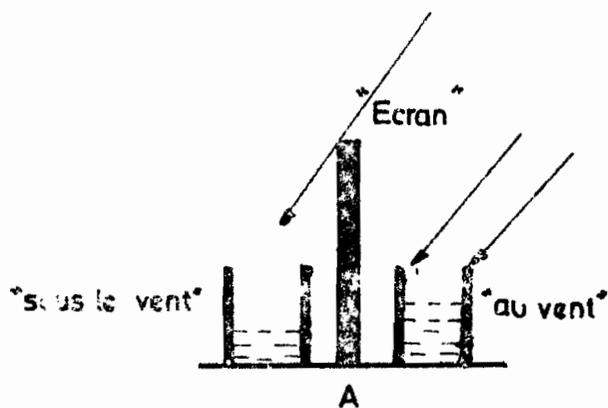
PLUVIOMETRIE sous ACACIA ALBIDA



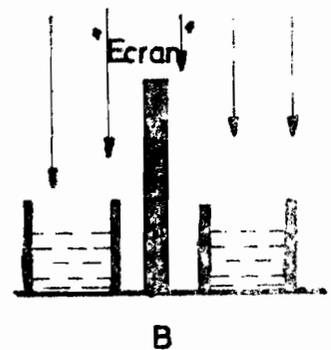
1 PLUIE FORTE OBLIQUE



2 PLUIE FINE VERTICALE



PLUIE OBLIQUE



PLUIE VERTICALE

dans le cas extrême, en comparant les parcelles avec fumure, bien orientées, aux parcelles sans fumure mal orientées.

b) Pluies violentes

En fait, le plus souvent, les pluies sont violentes et obliques et les résultats partiels de 1966 montrent que dans l'ensemble de la saison des pluies, il y aurait plutôt augmentation de la pluviométrie sous acacia.

Ceci est très important car les augmentations de rendement observées sous acacia, pourraient alors être attribuées entre autres causes climatiques, chimiques ou biochimiques, à une simple augmentation de la pluviométrie sous arbre. Cependant la pluviométrie de 1967 ayant été largement excédentaire il ne semble pas que ce facteur ait pu intervenir cette année.

Il faut remarquer d'ailleurs que si la surface de projection de la frondaison de l'arbre peut être avantagée, il y a par contre une zone désavantagée à proximité de l'arbre et du côté opposé à la direction principale d'où vient l'averse (voir schéma). Le dispositif employé nous permet par ailleurs de savoir avec assez de précision dans quelle direction le vent a incliné la trajectoire des gouttes de pluie. En effet, dans l'axe opposé à la direction générale de l'averse par rapport au tronc, on recueille beaucoup moins d'eau dans les vases que dans ceux des autres axes et en particulier beaucoup moins que dans les vases de l'axe situé du côté d'où souffle la tornade. Pratiquement la réduction de la pluviométrie obtenue "sous le vent", derrière un écran fixe, par rapport à la pluviométrie obtenue "au vent" peut nous donner une idée de l'obliquité et de l'orientation de l'averse (voir schéma). Enfin, il faut préciser qu'une partie importante de la pluie stoppée par le branchage de l'*Acacia albiâa* (même s'il n'y a plus de feuilles, le branchage du Kad est très fin et très serré) ruisselle le long des branches, puis du tronc, et échappe à nos mesures; la pluviométrie sous l'arbre est donc sous estimée par notre méthode de mesure. Il serait très important de mesurer cette quantité d'eau qui ruisselle le long des branches et du tronc.

III - ETUDES AGRO-PEDOLOGIQUES

1 - Dispositif d'étude

Au village de Silane, voisin du Centre de Bambeï, nous avons repéré une douzaine de *Faidherbia albida* (Kad en ouolof) de bonne taille. Deux parcelles de 3,6x9m ont été implantées entièrement sous le couvert du *Faidherbia*. L'emplacement a été choisi au moment où le soleil était au zénith afin d'avoir un maximum de couvert. Le feuillage de chaque arbre couvre environ 100 à 150 m². Toutefois l'orientation des parcelles par rapport à l'arbre fait que celles-ci sont plus ou moins bien exposées aux premières pluies venant généralement de l'Est. Trois parcelles nettement en dehors du couvert de l'arbre et de même orientation que les deux premières ont été implantées à proximité.

Les traitements ont été les suivants - avec 12 stations :

N°	SITUATION	ARACHIDE HATIVE 55-437	MIL SOUMA PC 28
1	Sous le couvert	0	0
2	Sous le couvert	80kg P205, 60kg K20, 30kg S	80kg P205, 60kg K20, 15kg S, 60kg N
3	En dehors du couvert	0	0
4	non	80kg P205, 60kg K20, 30 kg S	80kg P205, 60kg K20, 15kg S, 60kg N
5	non	80kg P205, 60kg K20, 30kg S + 10kg N	80kg P205, 60kg K20, 15kg S, 120kg N

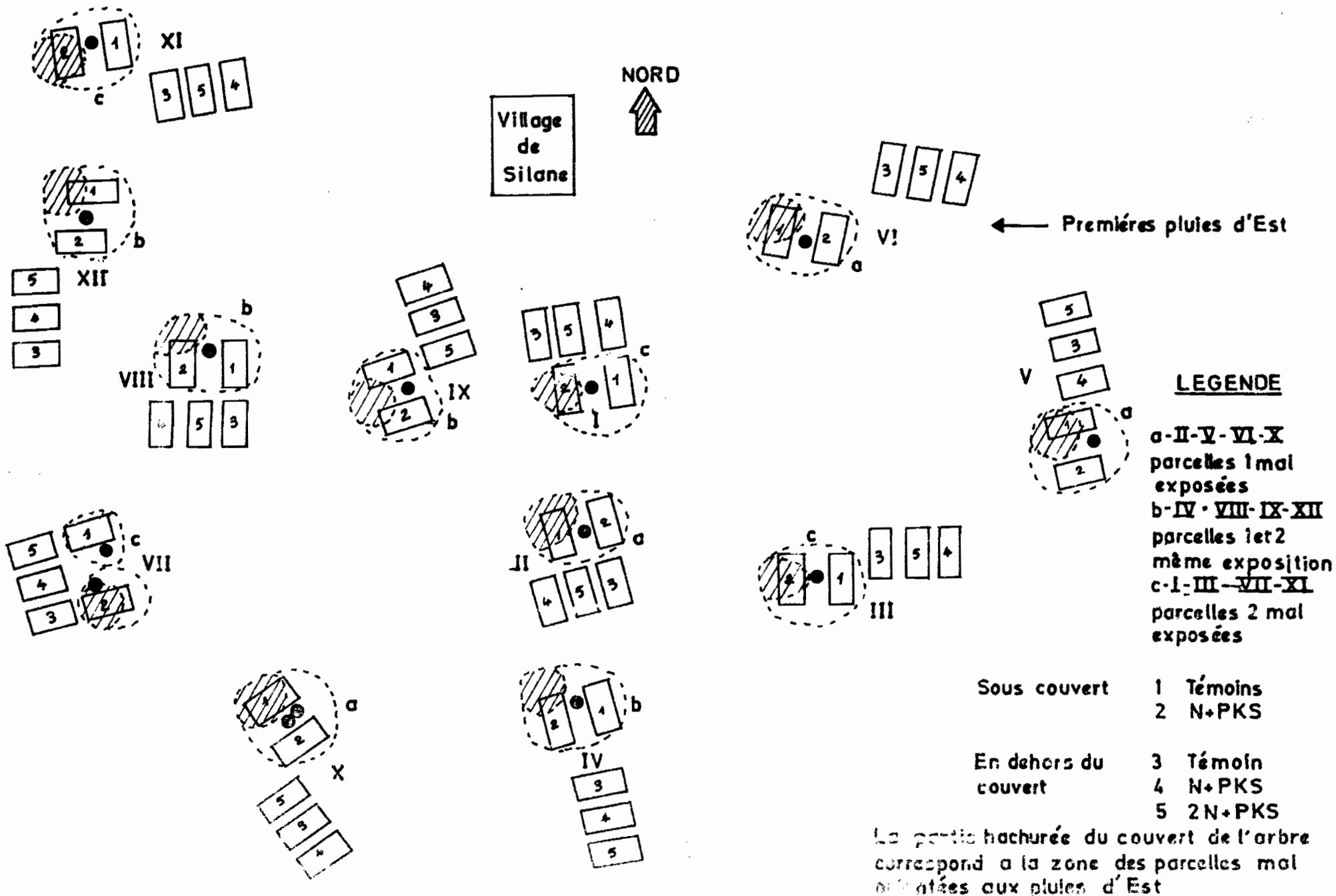
L'essai n'avait pas pour but de déterminer une fumure économique. Il se proposait seulement :

- de déterminer l'influence de la situation (sous le couvert ou en dehors du couvert) sur le sol;
- de déterminer les liaisons entre les différents éléments du sol et entre les éléments du sol et les rendements. On a utilisé pour cela les résultats analytiques et les rendements obtenus sur les parcelles témoins dans les deux situations;
- de déterminer l'importance relative des effets de la fumure forte sur les rendements dans les deux situations;
- de mettre en évidence l'intérêt ou non de la fumure azotée, complémentaire sur l'arachide ou supplémentaire sur le mil en dehors du couvert de l'arbre;
- de vérifier la possibilité d'obtenir les mêmes rendements dans les 2 situations, avec une fumure minérale adéquate.

2 - Effets sur le sol

Une analyse physico-chimique du sol a été effectuée sur les parcelles témoins se trouvant dans les deux situations (sous le couvert et en dehors du couvert) à la suite d'un prélèvement de l'horizon 0-20cm effectué le 22 Août 1966 après une hauteur totale d'eau de seulement 100mm.

Essai Faidherbia Albida-SILANE



Principales caractéristiques physico-chimiques

(Moyennes de 12 échantillons par situation)

DETERMINATION	SOUS L'ARBRE		EN DEHORS		F	SIGNIFICATION
	BRE (1)	Cv %	ARBRE (3)	Cv %		
CE Mhos 10 ⁻⁶ /cm Extr. 1/5	95	71.0	72	64.6	0.921	Non Significatif
pH pâte	5.3	6.8	5.1	9.1	1.091	N.S.
pH suspension eau 1/2.5	5.7	7.3	5.5	9.2	1.239	N.S.
pH suspension KCl 1/2.5	5.0	9.3	4.8	13.1	1.236	N.S.
A + L %	4.8	27.4	4.8	24.8	0.040	N.S.
pF 2.8 %	4.46	11.3	4.18	17.1	1.227	N.S.
pF 3.0 %	3.79	11.7	3.58	23.6	1.000	N.S.
pF 4.2 %	1.65	13.6	1.43	21.1	1.837	N.S.
pF 3.0 - pF 4.2	2.14	25.3	2.16	26.3	0.098	N.S.
pF 2.8 - pF 4.2	2.81	14.6	2.76	16.9	0.364	N.S.
Carbone ‰	3.7	14.3	2.7	23.9	4.169	<u>Hautement significatif 0.01</u>
Azote ‰	0.4	23.2	0.3	24.6	2.201	<u>Significatif 0.05</u>
C / N	9.8	19.3	9.0	17.8	1.053	N.S.
Humus total ‰	0.84	23.6	0.75	20.1	2.426	<u>Signific. 0.05</u>
Humus soluble ‰	0.53	36.3	0.51	22.9	0.898	N.S.
Humus précipitable ‰	0.31	32.3	0.24	37.7	2.347	<u>Signific. 0.05</u>
P205 total ‰	0.13	26.0	0.11	30.1	0.495	N.S.
P205 assimilable ppm	49	61.5	37	91.5	1.028	N.S.
Ca meq/100 g	1.61	24.9	1.13	35.6	2.255	<u>Signific. 0,05</u>
Mg meq/100 g	0.71	32.1	0.62	36.4	0.971	N.S.
K meq/100 g	0.10	57.1	0.07	46.8	2.125	N.S.
Na meq/100 g	0.05	35.4	0.05	76.5	0.561	N.S.
S meq/100 g	2.47	24.7	1.87	69.5	2.052	N.S.
T meq/100 g	2.97	16.1	2.70	31.8	0.276	N.S.
S / T %	83.2	12.6	69.9	15.9	4.687	<u>Très haut. signif. 0.001</u>

La comparaison des valeurs obtenues sous l'arbre et en dehors de l'arbre a été faite par la méthode des couples. La signification à $P = 0,05$ est obtenue pour $t = 2,201$.

A) Caractéristiques physiques

Le taux d'argile + limon n'est pas influencé par la présence de l'arbre. L'humidité équivalente et l'humidité au point de flétrissement sont plus élevées sous l'arbre, mais ces valeurs n'entraînent pas une augmentation de l'eau utilisable dans le sol (pF 4,2 - pF 3). Si on adopte le pF 2,8 à la place du pF 3 comme niveau au-dessus duquel le facteur eau ne limite absolument pas la croissance de la plante, nous constatons également que l'eau disponible est la même sous l'arbre et en dehors du couvert de l'arbre.

Ces résultats doivent être considérés avec beaucoup de prudence car la différence de teneur en eau du sol entre les hautes tensions et les basses tensions ne représente sans doute qu'imparfaitement l'eau utilisable par les plantes.

B) Caractéristiques organiques

Ces caractéristiques sont fortement influencées par l'Acacia albida. Le taux de carbone total est nettement supérieur sous l'arbre (accroissement de 40%: différence hautement significative). Il sera bon dans une étude ultérieure de préciser l'importance relative du carbone libre et du carbone lié .

Le taux d'humus est légèrement supérieur sous l'arbre (différence significative) et c'est la forme précipitable qui subit la plus grande variation (différence de 30% significative).

L'azote total subit également une augmentation corrélative, le rapport C/N restant voisin de 10 dans les deux situations.

C) Caractéristiques chimiques

Celle-ci sont également fortement influencées par le couvert de l'arbre. La conductivité l/5 augmente de 30%, ce qui traduit un accroissement des éléments minéraux dans la solution du sol. La capacité d'échange passe de 2,70 à 2,97. Cette augmentation relativement faible et non significative est à mettre en liaison avec la teneur plus forte en matière organique sous l'arbre. Le niveau des cations échangeables augmente notamment sous l'arbre. Le calcium échangeable en particulier s'accroît de 42%. Cette valeur est significative malgré la grande variation obtenue, en particulier sous l'arbre. Le taux de saturation s'accroît d'une façon hautement significative, ce qui va de pair avec l'accroissement du pH (eau, KCl, pâte). Ce dernier n'est pas significatif.

Le niveau du phosphore total et assimilable ne s'améliore que modérément sous l'arbre. On notera pour cette dernière caractéristique l'importance de la dispersion des résultats, le coefficient de variation atteint 90% en dehors de l'arbre.

Nous trouvons des variations sensiblement analogues à celles signalées par C.CHARREAU et P.VIDAL en 1965 et JUNG en 1966. Les valeurs des caractéristiques physiques, organiques ou chimiques sont toujours supérieures sous l'arbre mais inégalement influencées. Comme l'ont exprimé C.CHARREAU et P.VIDAL, il est intéressant de concrétiser l'action améliorante de l'Acacia albida en chiffrant les augmentations de teneurs des différents éléments du sol en kg/ha. On considérera pour cela une masse de terre de 3000 tonnes, les prélèvements ayant été effectués dans l'horizon 0-20 cm (densité apparente 1,5). L'augmentation moyenne de carbone total est de 1%, ce qui équivaut à 3 tonnes de carbone ou 5,3 t de matière sèche. Ceci représente pour la matière organique seulement, un apport de plus de 100 tonnes de fumier frais à l'hectare en adoptant un coefficient isochimique de 0,35.

Le niveau de l'azote s'accroît de 0,1%, ce qui correspond à un apport de 300 kg d'azote soit 650 kg d'urée. Les augmentations enregistrées pour les éléments minéraux Ca, Mg, K, P2O5 sont plus faibles que celles observées par C.CHARREAU. Nous les résumons dans le tableau suivant ::

	Augmentation	Kg/ha éléments	Kg/ha d'engrais
Ca échangeable	0,48 meq/100g	403 kg CaO	620 kg Chaux
K "	0,03 meq/100g	42 kg K ₂ O	70 kg Chlorure
P ₂ O ₅ total	0,02 ‰	60 kg P ₂ O ₅	150 kg bical.
P ₂ O ₅ assim.	12 ppm	30 kg P ₂ O ₅	225 kg Super S.

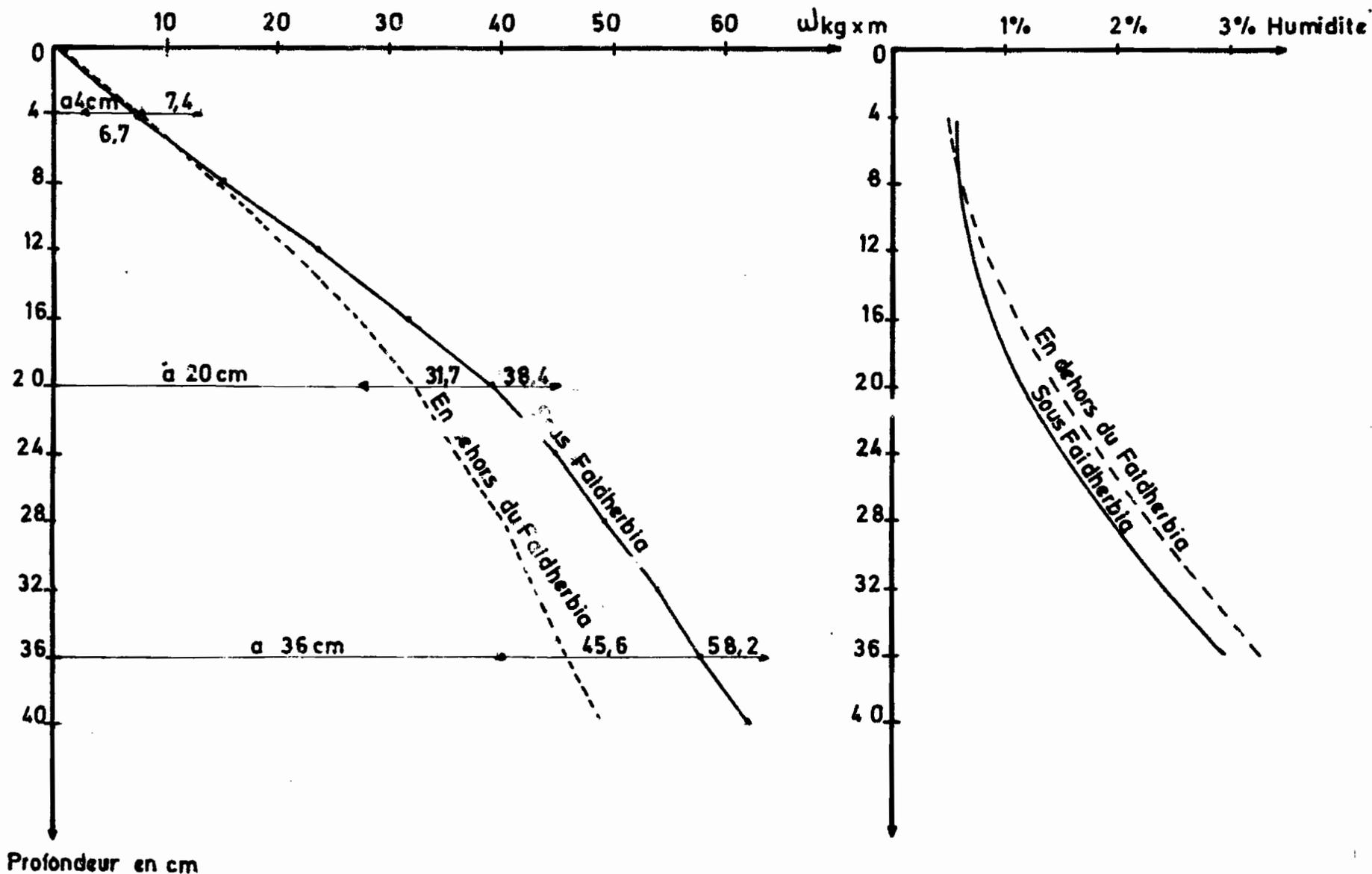
Comme l'avait souligné C. CHARREAU, il faudrait pour obtenir un tel enrichissement en azote et en carbone apporter des quantités de matières organiques et de fumure azotée correspondant à un investissement incompatible avec le stade actuel de l'agriculture sénégalaise. De plus, même au point de vue strictement agronomique un apport important de matière organique ne^sjustifierait pas en sol sableux, à cause de l'importance du taux de minéralisation. L'enrichissement en K₂O et P₂O₅ est par contre beaucoup plus limité et pourrait être facilement obtenu par une simple fumure annuelle. L'augmentation en CaO correspond à un chaulage normal, on l'obtiendrait par exemple avec un phosphatage de fond de l'ordre d'une tonne à l'hectare.

Ce sont donc surtout les caractéristiques organiques du sol qui subissent les plus grandes modifications sous le couvert de l'Acacia albida. Les gains de carbone, azote et même d'humus sont relativement importants et nécessitent des fumures minérales et organiques très fortes pour être reproduites à l'extérieur de la zone d'action de l'arbre. Les apports végétaux sous forme de branches, écorces, graines, feuilles, et également le niveau de restitution des jachères ou des récoltes qui vont de pair avec la plus grande fertilité, sont évidemment à l'origine de l'amélioration des caractéristiques organiques. Ces apports annuels permettent de maintenir la matière organique résultant de l'équilibre apport-minéralisation à un niveau relativement élevé. Il n'est pas possible de conclure à une meilleure minéralisation sous couvert que dans la zone témoin en se basant sur les valeurs du rapport C/N très voisines. L'augmentation globale de la matière organique sous l'arbre s'accompagne d'un taux plus élevé d'humus (surtout d'humus précipitable constitué d'humates calciques liés étroitement avec l'argile et jouant un rôle important dans la fixation des bases échangeables). JUNG a montré par ailleurs l'influence bénéfique de la matière organique sur les processus microbiologiques et l'activité microbienne en général.

D) Mesures annexes effectuées en 1967

Pénétrométrie

Des mesures pénétrométriques ont été faites en Janvier 1967 (moyenne de 24 mesures). Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous et sont exprimés en travail (kg x m). Pour chaque profondeur figure l'humidité au champ.



PENETROMETRIE et PROFIL HYDRIQUE au 11-1-1967

Profondeur d' enfoncement	Témoin absolu en dehors du Faidherbia		Sol sous Faidherbia	
	Travail kgm	Humidité %	Travail kgm	Humidité %
4 cm	7,6	0,47	7,2	0,59
20 cm	32,3	1,45	39,0	1,13
35 cm	45,8	3,28	57,6	2,97

Les différences dans la résistance à la pénétration des deux sols sont très faibles et semblent étroitement liées à l'humidité légèrement plus élevée à l'extérieur du Kad.

Les faibles variations observées dans les mesures pénétrométrique sont à mettre en rapport avec l'absence générale de travail du sol en milieu traditionnel.

Densité apparente - Porosité

Les mesures ont eu lieu pendant la saison des pluies (3 Août 1967) pour éviter les phénomènes de tassement qui se produisent à l'enfoncement du cylindre quand on opère en saison sèche.

Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous - (moyenne de 12 mesures).

PROFONDEUR en cm	TÉMOIN ABSOLU EN DEHORS DU FAIDHERBIA						SOL SOUS FAIDHERBIA						Diff. signif. pour Hun.au champ ts,022
	Hun.au champ%	Cv %	Densité app.	Cv%	Porosi- té %	Cv%	Hun.au champ%	Cv %	Densité app.	Cv%	Porosi- té %	Cv %	
0-10 cm	7.54	12.1	1.51	3.7	43.4	4.9	8.62	12.6	1.51	3.8	43.2	4.9	
10-20	7.83	15.5	1.55	2.2	42.2	3.1	7.91	10.2	1.54	1.8	41.7	2.5	

L'humidité du sol en place est significativement supérieure sous l'arbre dans les dix premiers centimètres (évapotranspiration plus faible sous l'arbre). On n'observe aucune différence pour la densité apparente et la porosité dans les deux situations.

3 - Corrélations entre éléments du sol

Quelques calculs de corrélations ont été effectués afin de préciser les liaisons entre les différentes caractéristiques du sol. Dans le cas où le coefficient de corrélation est significatif, nous avons calculé la droite de régression de la variable y par rapport à x.

Si on établit les corrélations sur les 24 couples (12 sous Faidherbia, 12 en dehors de l'arbre), on obtient un grand nombre de corrélations significatives. Cela tient au fait qu'il y a de nombreuses liaisons de coïncidence dues à la simple similitude de variation dans les deux situations. On peut ainsi parfaitement obtenir un coefficient de corréla-

tion significatif entre la capacité d'échange et le phosphore total parce que ces deux caractéristiques faibles en dehors du couvert augmentent simultanément sous le couvert du *Faidherbia albida*, sans avoir pour cela une relation de cause à effet. De plus pour établir la régression linéaire, il est nécessaire que les distributions de chacune des deux variables soient normales. Or dans la plupart des cas, en raison des différences entre caractéristiques du sol sous l'arbre et en dehors de l'arbre, nous sommes en présence de deux populations distinctes caractérisées par des moyennes et des variances différentes.

Pour ces raisons, les corrélations ont été établies pour chacune des deux populations: sous l'arbre et en dehors de l'arbre, en l'absence de fumure. Il y a lieu de souligner que même en prenant ces précautions la certitude d'une relation causale n'est pas obtenue et que la corrélation fournit seulement des hypothèses pour une meilleure compréhension des phénomènes étudiés.

ELEMENTS DU SOL		SOUS L'ARBRE (1)		EN DEHORS DE L'ARBRE (3)	
x	y	CORRELATION	REGRESSION	CORRELATION	REGRESSION
pH pâte/Ca échangeable	né/100 g	0,62 ⁺	y= 0,688x - 2,00	0,41	-
pH pâte/Ca+Mg échangeable	né/100g	0,68 ⁺	y= 1,084x - 3,37	0,30	-
pH pâte/S bases échang.	né/100g	0,70 ⁺	y= 1,192x - 3,79	0,31	-
pH pâte/T capacité d'éch.	né/100g	0,33	-	0,08	-
pH pâte/S/T taux de saturation %		0,73 ⁺⁺	y= 22,199x - 33,37	0,61 ⁺	y= 14,607x - 4,72
pH eau /Ca échangeable	né/100g	0,63 ⁺	y= 0,613x - 1,85	0,52	-
pH eau /Ca+Mg	"	0,66 ⁺	y= 0,911x - 2,83	0,43	-
pH eau /S	né/100g	0,69 ⁺	y= 1,025x - 3,32	0,46	-
pH eau /T	né/100g	0,30	-	0,19	-
pH eau /S/T %		0,81 ⁺⁺	y=20,481x - 32,54	0,64 ⁺	y= 14,177x - 9,05
pH KCl /Ca échangeable	né/100g	0,65 ⁺	y= 0,558x - 1,19	0,34	-
pH KCl /Ca+Mg	"	0,67 ⁺	y= 0,812x - 1,76	0,25	-
pH KCl /S	né/100g	0,70 ⁺	y= 0,912x - 2,11	0,27	-
pH KCl /T	né/100g	0,34	-	0,25	-
pH KCl /S/T %		0,78 ⁺⁺	y= 17,40x - 4,18	0,68 ⁺	y= 12,007x + 12,51
A+L % /pF 3 %		-0,17	-	0,72 ⁺⁺	y= 0,515x + 1,13
A+L % /pF 4.2 %		0,45	-	0,85 ⁺⁺	y= 0,228x + 0,35
A+L % /eau utile %		-0,32	-	0,60 ⁺	y= 0,288x + 0,75
A+L % /C %		0,52	-	0,23	-
A+L % /Ca échangeable	né/100g	0,15	-	0,62 ⁺	y= 0,220x + 0,08
A+L % /S	né/100g	0,10	-	0,67 ⁺	y= 0,343x + 0,25
A+L % /T	né/100g	0,34	-	0,80 ⁺⁺	y= 0,583x - 0,08
C % /T	né/100g	0,53	-	0,06	-
N % /C %		0,57 ⁺	-	0,84 ⁺⁺	y= 7,33 x + 0,49
P2O5 total %/P2O5 assimilable ppm		0,52	-	0,79 ⁺⁺	y= 833,6x - 51,0
T ne/100g /S ne/100g		0,84 ⁺⁺	y= 1,068x - 0,71	0,88 ⁺⁺	y= 0,624x + 0,20
CE ext.1/5 S cat.éch.Mhos 10-6/S	né/100g	0,83 ⁺⁺	y= 0,0075x + 1,753	0,10	-

Les valeurs de r supérieures à r= 0,576 sont significatives (P= 0,05) 12 valeurs
 et à r= 0,708 sont hautement significatives (P= 0,01). 12 valeurs

L'examen des résultats met en relief l'importance des différences existant dans les liaisons entre diverses caractéristiques du sol dans les deux situations.

A) Acidité du sol

- Dans le sol soumis régulièrement aux apports de matière organique provenant des déchets du *Faidherbia albida*, on enregistre des liaisons étroites entre le pH et les bases échangeables (Ca, Mg). En dehors du *Faidherbia albida*, en culture continue et avec de très faibles restitutions organiques limitées aux quelques déchets de récoltes non utilisables et aux racines, les liaisons entre pH et bases échangeables sont médiocres. Il est probable que ces liaisons existent, mais la faible teneur en bases échangeables, les coefficients de variation très élevés (70% pour S) et le nombre limité de mesures ne permettent pas de mettre en évidence une dépendance statistique significative. Cette remarque est d'ordre très général et s'applique à la majorité des sols diors soumis à des cultures continues et à faible niveau de fertilité.
- Dans les deux situations la liaison est médiocre entre le pH et la capacité d'échange. L'acidité totale (ou quantité totale d'ions hydrogène) est en relation avec la capacité d'échange et l'augmentation de T entraîne en général une augmentation des ions H totaux. Mais l'acidité libre (mesurée par le pH) et qui correspond aux ions H dissociés est en relation directe avec le taux de saturation S/T.

La liaison pH-/S/T est très bonne dans les deux situations

L'importance du taux de saturation sur la valeur du pH et l'allure de la régression linéaire de S en fonction de T justifie la faible dépendance entre T et le pH.

En dehors du Kad, l'accroissement de T entraîne une très faible variation du rapport S/T; sous Kad, l'accroissement de T s'accompagne d'une légère augmentation du rapport S/T, donc d'une baisse de l'acidité libre. On constate en effet dans cette situation une meilleure liaison entre pH et capacité d'échange.

L'abaissement du pH reflète donc une diminution des éléments échangeables (en particulier Ca). Cette diminution entraîne un nouvel équilibre entre cations, ceux-ci étant plus énergiquement retenus au fur et à mesure que le taux de saturation baisse. La mesure du pH se confirme comme étant un excellent indice de la fertilité des sols diors. On note peu de différence entre les liaisons obtenues avec les trois formes de pH. La suppression de l'effet de la concentration en électrolytes du sol par la mesure du pH dans une solution KCl normale a peu d'influence sur le degré de liaison avec les caractéristiques étudiées.

B) Les éléments minéraux fins

Sous le *Faidherbia*, le taux d'argile + limon varie dans de très faibles limites et semble avoir peu d'influence sur les caractéristiques hydriques (pF 3, pF 4,2, Eau utile). Ces caractéristiques sont par con-

tre fortement dépendantes du taux d'éléments fins en dehors du *Faidherbia* et l'augmentation de l'humidité équivalente s'accompagne d'une augmentation corrélative de l'eau utile. Il semble que le phénomène soit un peu différent sous le couvert de l'arbre. Des résultats obtenus par ailleurs mais qui demandent confirmation semblent indiquer que l'eau utile baisse notablement sous l'arbre. Ce phénomène pourrait être attribué à l'intervention plus importante de la matière organique par rapport aux éléments fins minéraux dans la détermination des valeurs de l'humidité à pF 3 et pF 4,2. Ainsi sous l'arbre la valeur du pF 4,2 augmenterait plus rapidement que celle du pF 3, entraînant une baisse de l'eau utile (pF 3 - pF 4,2). Les observations et les mesures faites pendant les courtes périodes de sécheresse en saison des pluies semblent confirmer cette hypothèse. Le flétrissement des plantes (cultivées ou non) apparaît en général plus rapidement sous l'arbre qu'à l'extérieur de l'arbre. Toutefois cette observation peut être seulement la conséquence d'un accroissement notable de la transpiration réelle sous l'arbre (masse végétale cultivée ou adventices double ou triple de celle présente en dehors du couvert de l'arbre) et cela malgré une baisse sensible de l'E.T.P. sous couvert. De nouvelles mesures sont en cours pour préciser tous ces points.

La liaison argile + limon-bases échangeables ne peut pas être mise en évidence sous *Faidherbia*, par contre celle-ci est forte en dehors du *Faidherbia*. De même dans cette situation, la dépendance est étroite entre le taux d'argile + limon et la capacité d'échange, alors qu'elle est très médiocre sous le couvert du *Faidherbia*.

C) La matière organique

Le taux de carbone est en bonne liaison avec la quantité d'argile + limon. Toutefois cette liaison plus importante sous *Faidherbia* ne peut s'établir statistiquement à cause des très faibles variations de ces deux caractéristiques dans chacune des deux situations. La liaison carbone-azote est toujours étroite. La dépendance est plus faible sous l'arbre en raison probablement des apports plus importants de déchets organiques à C/N relativement élevé. Toutefois la quasi-constance du rapport C/N souligne le fait qu'il est inutile de donner au sol des quantités importantes d'azote sous forme minérale simple en espérant qu'il les conservera. Le carbone servant continuellement à la transformation énergétique, la conservation de l'azote du sol revient à celle du carbone, donc de la matière organique.

D) Capacité d'échange

Comme l'avait souligné C. CHARREAU, les variations de la teneur en matière organique sont faibles en dehors du *Faidherbia albida*. Par contre les teneurs en argile + limon peuvent subir des variations plus importantes bien que comprises entre des limites différentes. Les analyses et l'expérimentation agronomique prouvent qu'une variation du taux d'argile + limon de 5 à 8% modifie complètement les réactions du milieu. Dans ces conditions, les plus fréquentes en sol cultivé, le taux de colloïdes minéraux joue un rôle déterminant sur les autres caractéristiques du sol.

Sous *Faidherbia albida*, le rôle de la matière organique s'affirme et son influence est grande sur les autres propriétés du sol. Une variation du taux de matière organique de 3,5 à 5% (soit 2 à 3% de C et

0,2 à 0,3% d'N) semble avoir autant d'influence sur l'ensemble des propriétés physico-chimiques et sur les résultats agronomiques que celle enregistrée à la suite des variations de texture citée plus haut et à niveau de matière organique constant.

Pour préciser ces faits, nous avons établi les équations de régression de la capacité d'échange en fonction du taux d'argile + limon et du taux de carbone en tenant compte du fait que ces deux variables peuvent ne pas être indépendantes. Chacune des variables a été testée séparément après avoir éliminé l'effet de l'autre dans les deux situations.

- Sous Faidherbia

T meq/100 g	= 2,97	corrélation simple	$r_{T/A+L}$	= 0,34
A+L %	= 4,74		$r_{T/C}$	= 0,33
C %	= 3,71		$r_{A+L/C}$	= 0,55

Equation de régression: T me/100g = 0,278 A+L% + 0,676 C% - 0,86

Test: Carbone après A+L F = 5,51

A+L après carbone F = 5,60⁺ Signif. F = 5,59

- En dehors du Faidherbia

T meq/100 g	= 2,70	corrélation simple	$r_{T/A+L}$	= 0,80 ⁺⁺
A+L %	= 4,76		$r_{T/C}$	= 0,06
C %	= 2,69		$r_{A+L/C}$	= 0,23

Equation de régression: T me/100g = 0,625 A+L% + 0,337 C% - 1,19

Test: Carbone après A+L F = 1,43

A+L après carbone F = 16,64⁺⁺ H₀ signif. F = 13,74

Ces résultats montrent qu'en dehors du Faidherbia albida le taux de colloïdes minéraux joue un rôle déterminant sur la capacité d'échange. Par contre sous Faidherbia, le niveau plus élevé de la matière organique permet à celle-ci de jouer un rôle au moins aussi important sinon plus que celui joué par les colloïdes minéraux.

Des résultats semblables ont été obtenus par JUNG sous des Faidherbia albida installés dans des jachères à longue durée.

4 - Résultats agronomiques

A) Arachide 1966

Résultats agronomiques 1966

{ Arachide hâtive 07-07
Semis à 40 x 20 : 125.000 pieds/ha

TRAITEMENTS	DENSITE au 2/9	DENSITE A LA RECOLTE	GOUSSES kg/ha	DENSITE g/l	POISSON GRAINES	MONOGRAM- NES+DECHET	PAILLES kg/ha	GOUSSES/MS TOTALE %
<u>Sous Kad</u>								
Ténoin	101.850	98.560	1108	320	39	11,1	1266	46,7
Fumure PK	102.900	97.870	1136	323	37	10,8	1386	45,1
<u>En dehors du Kad</u>								
Ténoin	103.630	99.090	810	325	38	13,1	860	48,5
Fumure PK	100.000	96.050	954	333	36	13,9	1091	46,6
Fumure PK + N	102.280	98.480	1062	330	39	10,5	1134	48,4

Gousses Cv = 19,6 %

Pailles Cv = 20,7 %

Sur les gousses, on observe un effet hautement significatif du Kad en absence d'engrais ($F=13,45$); en présence d'engrais, l'effet est seulement significatif ($F=5,07$). L'effet de la fumure n'est pas significatif sous Kad, il est hautement significatif en dehors du Kad ($F=7,90$). Le complément azoté en dehors de Kad ne procure pas un gain de rendement significatif.

Sur les pailles, les effets sont identiques mais les différences plus importantes. L'effet du Kad sans engrais est très hautement significatif ($F=17,50$) et hautement significatif en présence d'engrais ($F=9,25$). L'effet de la fumure est hautement significatif en dehors du Kad ($F=8,99$). Comme pour les gousses, l'effet complément azoté n'est pas significatif.

F 0,05 4,06

F 0,01 7,24

F 0,001 12,29

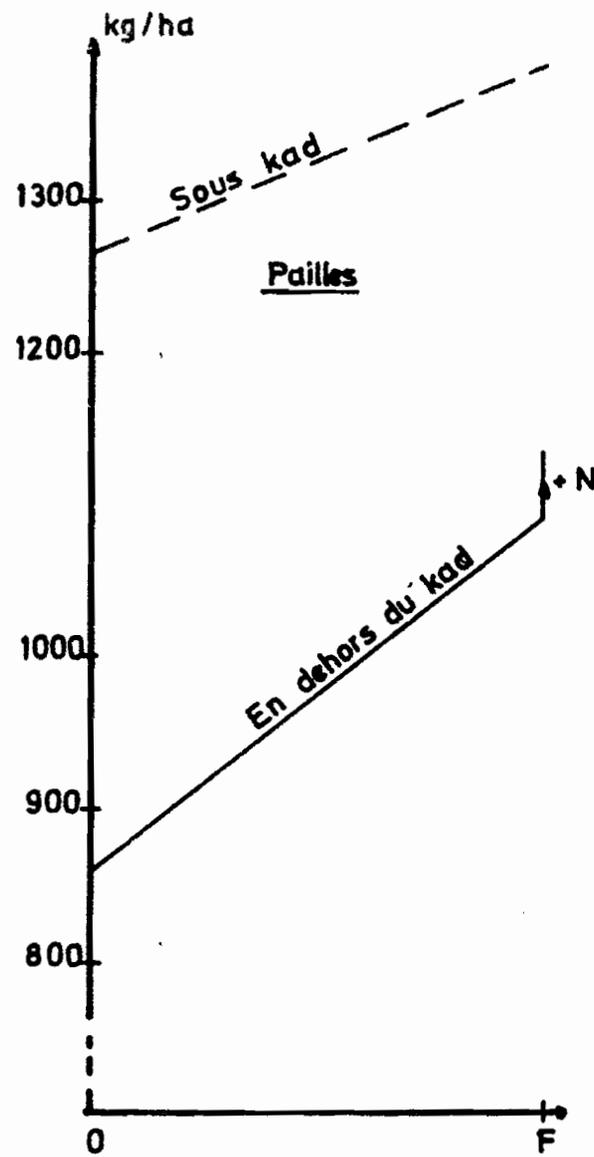
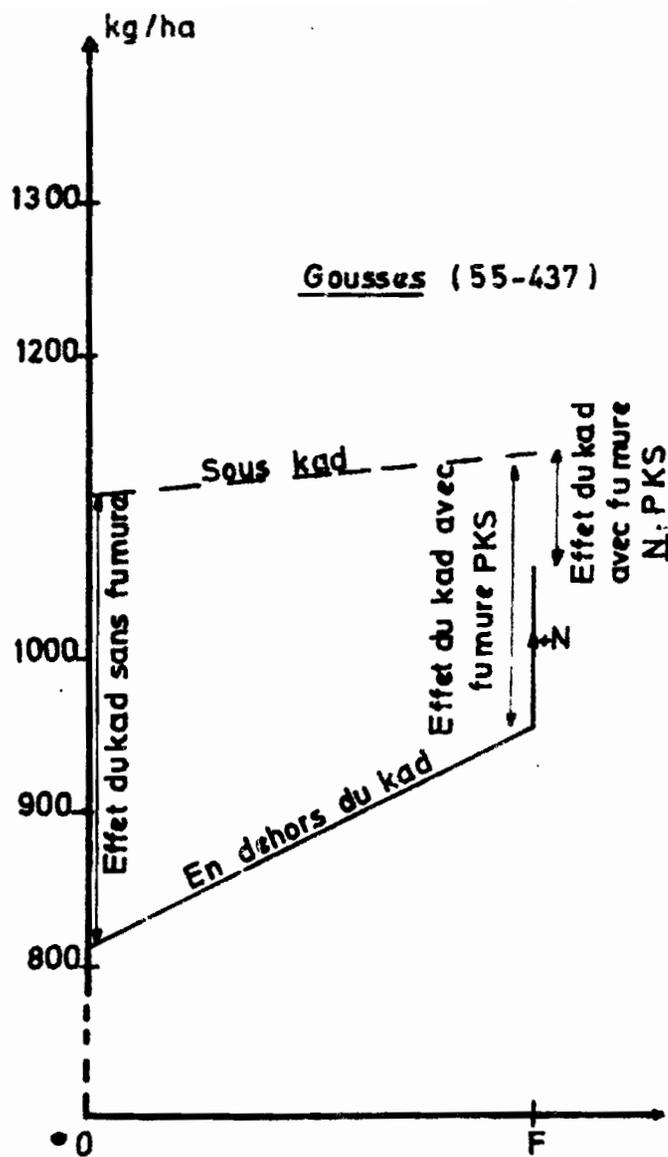
B) M i l 1967

a- Croissance et développement. Observations et mesures en cours de végétation

a₁ Hauteur totale des tiges et des tiges + épis

Ces mesures ont été faites sur la ligne médiane de chaque parcelle (9 poquets, 144 mesures) et elles correspondent à la hauteur maximum des tiges avant l'épiaison et des tiges + épis après épiaison.

Le semis a eu lieu en sec et la levée s'est faite le 24 Juin. A la suite des observations méthodiques réalisées par C.RAMOND en 1966 il apparaît assez difficile de définir avec précision la phase de la montaison. La fin du tallage, l'épiaison et la floraison sont par contre mieux définies. En adoptant une date moyenne où le phénomène appa-



EFFET de la FUMURE sur les GOUSSES et les PAILLES

dans les Deux Situations : Sous kad
En dehors du kad

raît à plus de 50% on a pu fixer la durée entre la levée et les différents stades physiologiques à :

- 37 jours : levée - fin du tallage
- 59 jours : levée - épiaison
- 67 jours : levée - floraison

Ces données sont des moyennes, ainsi l'épiaison pour laquelle la date moyenne adoptée correspond au 22 Août a lieu en fait du 10 au 30 Août.

Les résultats sont les suivants pour les 5 parcelles (hauteur en cm), les mesures ayant été réalisées au 33, 45 et 90e jour après la levée.

Nombre de jours après levée	Sous Faidherbia		En dehors du Faidherbia		
	1 Témoin	2 NPK (60 N)	3 Témoin	4 NPK (60 N)	5 NPK (120 N)
33	60	71	63	102	89
37 fin tallage					
45	121	160	89	184	183
59 épiaison					
67 floraison					
90	273	305	226	304	320

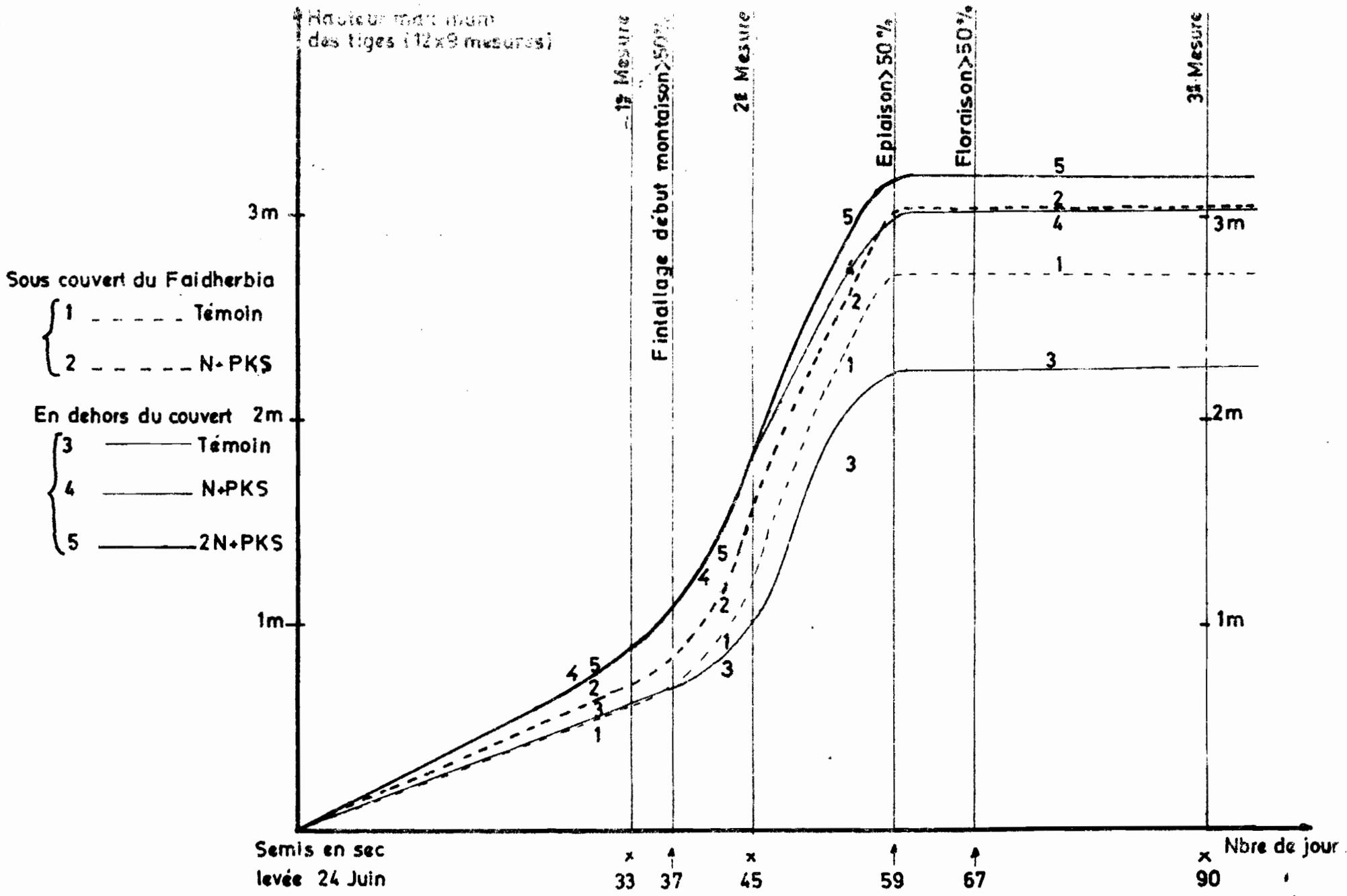
On peut à partir du tableau ci-dessus et des graphiques faire les remarques suivantes :

- Sans fumure : l'effet du Faidherbia est seulement sensible à partir de la fin du tallage
- Avec fumure : le démarrage est plus lent sous Faidherbia qu'à l'extérieur du couvert. Ce n'est seulement qu'en fin de montaison que les hauteurs s'égalisent. Avec la fumure à 120 kg N et la fumure à 60kg N, croissance et développement sont identiques jusqu'au 45e jour, au delà de cette durée la montaison est plus rapide et la différence s'accroît jusqu'à l'épiaison en faveur de la dose 120 N.

Pour la croissance et le développement des mils il faut donc retenir les faits suivants :

- Effet net du Faidherbia en absence de fumure
- Effet très net de la fumure en dehors du Faidherbia et plus atténué sous le Faidherbia.
- Retard dans le développement en début de cycle des mils sous Faidherbia en présence de fumure.

Nous avons pensé imputer cette dernière observation à une influence néfaste de l'arbre jouant un rôle d'écran aux premières pluies de démarrage venant d'Est. Ces pluies sont en effet importantes car el-



ESSAI FAIDHERBIA MENSURATION MIL PC.28. 1.967

MOYENNES DES XII ARBRES (9 mesures par arbres)

les permettent une levée précoce et homogène qui se traduit par des gains de rendements très sensibles (surtout sur un mil précoce).

Pour mettre en évidence ce phénomène, nous avons groupé les répétitions en trois classes selon leurs orientations. Les résultats sont reproduits dans le tableau ci-dessous et confirment l'influence des premières pluies toutefois les effets sont très atténués en fin de cycle et à l'épiaison les différences entre les trois classes sont minimes.

Hauteur en cm						
Nombre de jours après la levée	Témoin 1			N P K (60 N)		
	Classe	Classe	Classe	Classe	Classe	Classe
	a	b	c	a	b	c
33	42	62	75	80	74	60
37 fin tallage						
45	108	121	135	180	162	139
59 épiaison						
67 floraison						
90	276	266	273	307	307	301

{ classe a : Témoin (1) mal exposé - Parcelle NPK (2) bien exposée
 { classe b : Témoin (1) et parcelle NPK (2) exposition identique
 { classe c : parcelle NPK (2) mal exposée. Témoin (1) bien exposé.

En présence de fumure et quelle que soit l'exposition, on constate que les mils sous *Faidherbia* ont une croissance plus ralentie jusqu'au 50e jour que ceux situés en dehors du *Faidherbia*.

On peut faire beaucoup d'hypothèses sur ce phénomène (éclairage, meilleure minéralisation de l'azote en dehors du Kad, C/N plus bas en dehors du Kad en fin de saison sèche etc...). Quoiqu'il en soit en fin de cycle, le développement est le même dans les deux situations.

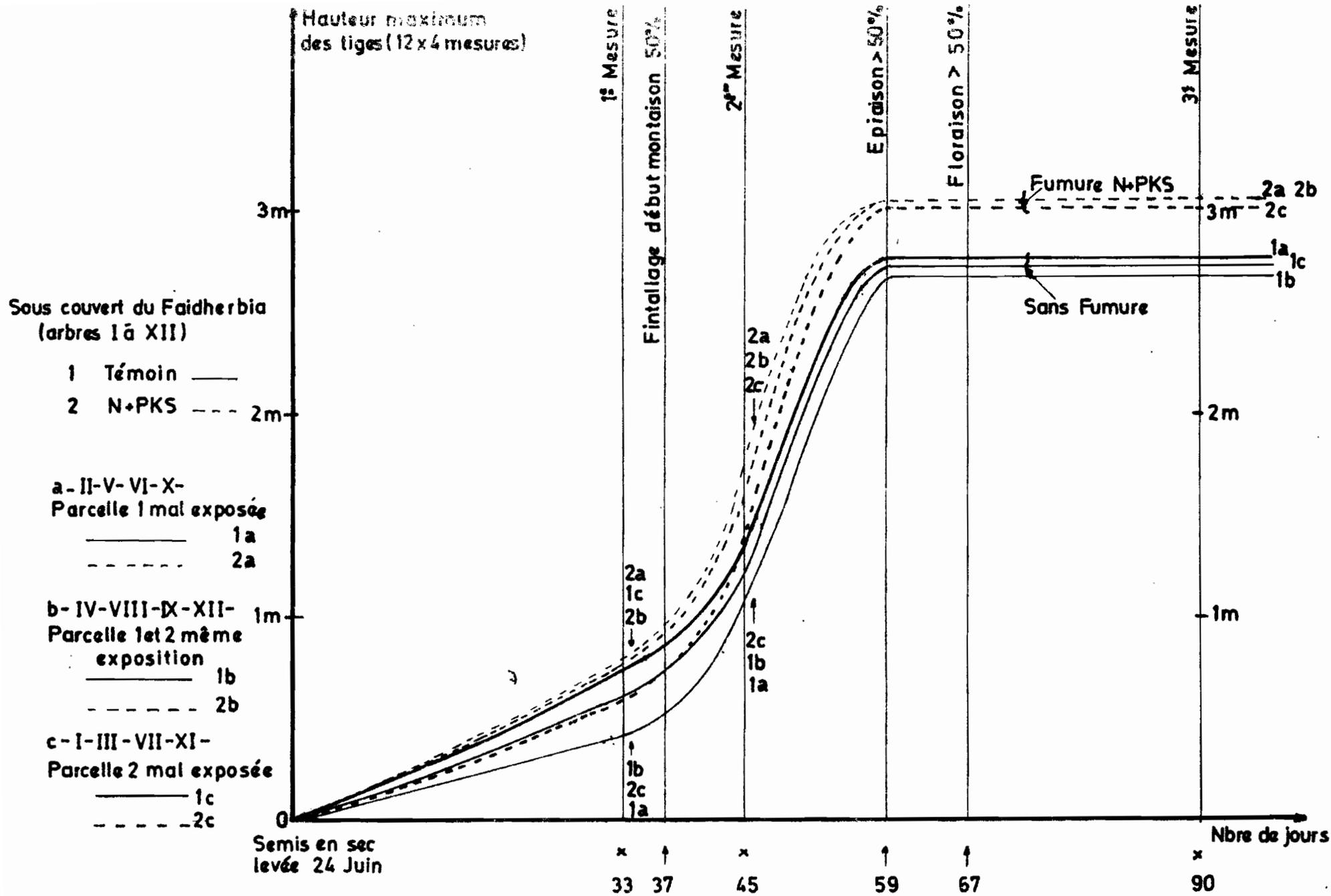
On distingue peu de différences entre la durée des phases végétatives sous Kad ou en dehors du Kad, sans fumure ou avec fumure. On peut toutefois noter un léger allongement de la durée semis-épiation en présence de fumure en dehors du *Faidherbia*; ainsi qu'un allongement sensible de la durée floraison-maturité générale sous *Faidherbia*.

a2 Mensuration sur épis

Juste avant la récolte des mensurations ont été faites sur les épis:

- longueur des épis
- circonférences des épis au 1/3 de la longueur à partir de la base

Les résultats sont les suivants :



ESSAI FAIDHERBIA MENSURATION MIL PC 28 1967

SOUS COUVERT ET SELON ORIENTATION MOYENNE DES 4 ARBRES PAR CLASSE

	Traitements	Longueur des épis		Circonférence des épis	
		Nombre de mesures	Longueur moyenne cm	Nombre de mesures	Longueur moyenne cm
Sous Faidherbia	1 Témoin	108	49,2	93	7,03
	2 N P K	108	51,4	137	7,79
En dehors du Faidherbia	3 Témoin	108	43,0	52	6,61
	4 N P K	108	52,6	165	7,29
	5 NPK + N	108	52,7	176	7,63

On observe une augmentation des dimensions de l'épi (longueur et circonférence) sous l'influence du Faidherbia et de la fumure. Toutefois cet accroissement n'est pas suffisant pour expliquer les différences de rendements entre les traitements.

En appelant par l la longueur de l'épi et c la circonférence au $1/3$ de la longueur de l'épi à partir de la base, la surface d'un épi peut s'écrire :

$$S_1 = \frac{3}{4} lc \text{ pour les épis de forme conique}$$

$$S_2 = lc \text{ pour les épis de forme cylindrique.}$$

En utilisant ces formules on obtient pour les traitements 3 et 5 les surfaces suivantes: (cm²)

	3	5
épis coniques :	215	285
épis cylindriques:	300	402

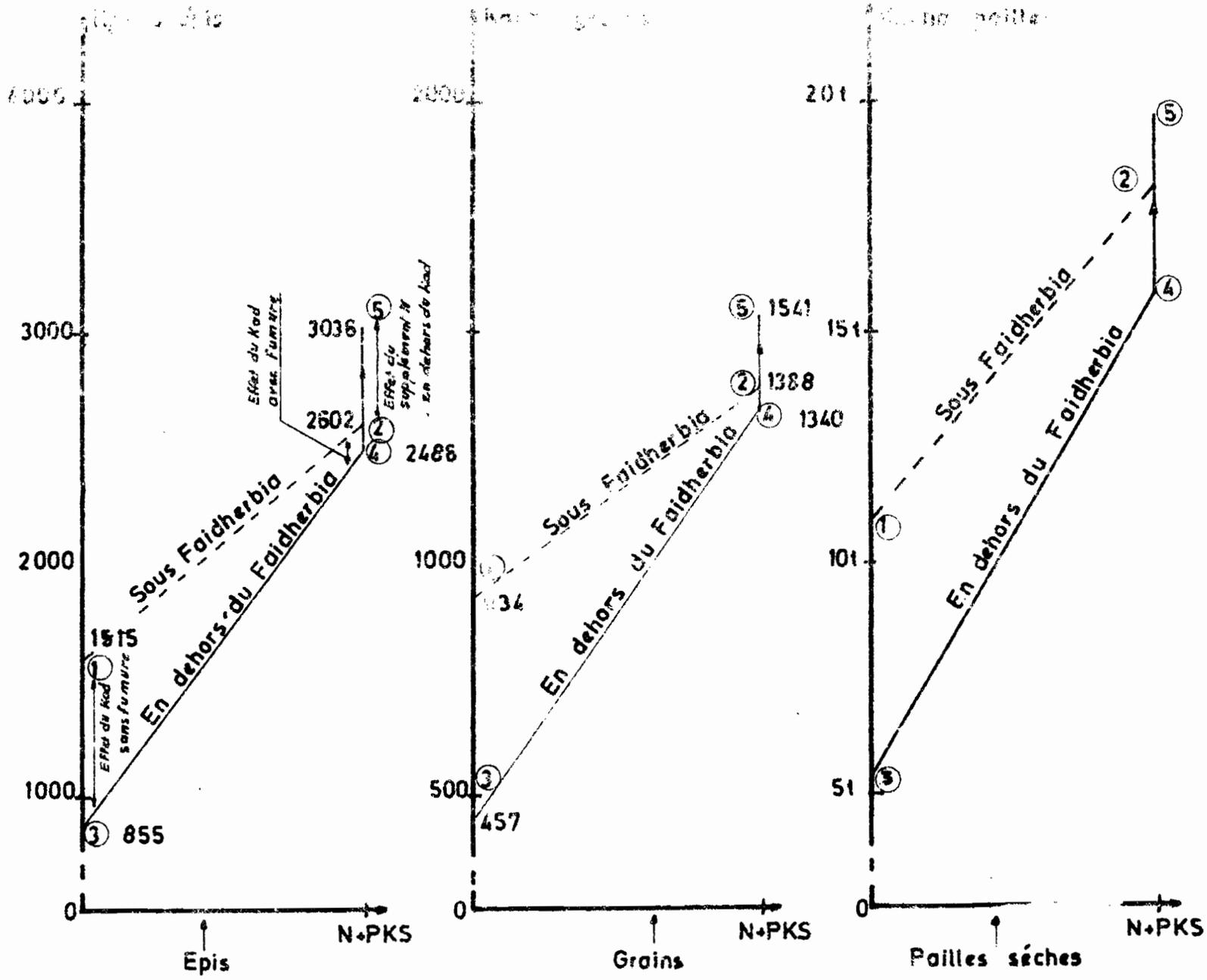
Les surfaces relatives aux deux traitements varient dans une proportion de $\frac{3}{2}$ alors que les rendements font plus que tripler.

La surface de l'épis (ou nombre de grains) est donc seulement une des composantes du rendement avec le remplissage des épis, le poids de 100 grains et surtout le nombre d'épis/ha.

De toute façon, les dimensions de l'épi vont de pair avec la forte production. Par ailleurs les épis cylindriques ont une meilleure production que les épis coniques ou fusiformes.

b- Résultats agronomiques (Mil Souma PC 28. Semis à 90 x 100 = 111.111 poquets/ha)

TRAITEMENTS	Nombre touffes à la récolte	Nombre d'épis totaux/ha	Nombre d'épis totaux avec grains/ha	Nombre d'épis/touffe	Epis avec grain kg/ha	Grains kg/ha	Rendement au battage		Poids grains/épi
							ge	%	
<u>Sous Kad</u>									
Témoin	10.854	36.240	31.893	2,9	1595	934	58,6	25,5	
NPK (60 N)	11.034	52.855	46.039	4,2	2602	1388	53,3	26,5	
<u>En dehors Kad</u>									
Témoin	10.082	27.058	23.868	2,4	855	457	53,5	15,5	
NPK (60 N)	11.060	54.707	47.274	4,3	2486	1340	53,9	24,5	
NPK (120 N)	11.085	59.439	53.215	4,8	3036	1541	50,8	26,1	



EFFET de la FUMURE sur les EPIS GRAINS et PAILLES

Dans les Deux Situations

SOUS FAÏDHERBIA.
EN DEHORS DU FAÏDHERBIA

Traitements	Tiges + feuilles Qx/ha	Total parties végétatives Qx/ha	Rapport PS/Partie végétative
Témoin	109,4	116,0	8,1 %
NPK (60 N)	181,4	193,5	7,2 %
! En dehors Kad !			
! Témoin !	! 54,8 !	! 58,8 !	! 7,8% !
! NPK (60 N) !	! 158,7 !	! 170,2 !	! 7,9% !
! NPK+N (120 N) !	! 197,4 !	! 212,4 !	! 7,3% !

Les tiges et les feuilles ont été pesées peu après la récolte à une humidité variant entre 60 et 70 %

Epis	Cv % :	16,5 %	Nombre d'épis totaux	13,8 %
Grains	Cv % :	17,8 %	Nombre d'épis pleins	15,5 %
Tiges+feuilles	Cv % :	17,6 %		

Sur les grains, on observe un effet très hautement significatif du Kad en absence d'engrais ($F= 33,44$); en présence d'engrais on n'enregistre aucun effet ($F= 0,35$). L'effet de la fumure est très hautement significatif sous Kad ($F= 30,40$) et en dehors du Kad ($F = 189,83$).

Le supplément azoté en dehors du Kad procure un gain de rendement significatif ($F= 5,99$). Les mêmes résultats sont obtenus sur les épis.

Sur les tiges et feuilles, on constate un effet très hautement significatif du Kad en absence d'engrais ($F= 29,26$) et significatif en présence d'engrais ($F= 5,02$).

L'effet de la fumure est très hautement significatif dans les deux situations (sous Kad: $F= 52,58$; en dehors du Kad: $F= 199,22$).

Le supplément azoté en dehors du Kad accroît la production de matière sèche. Cet accroissement est très hautement significatif ($F= 14,71$).

c- Composantes du rendement en mil grain

Le rendement d'une culture en mil est le produit du poids de grain par épi par le nombre d'épis à l'unité de surface.

On peut essayer d'établir la régression du rendement en fonction des deux variables définies précédemment. Ces deux variables ne sont pas indépendantes et leur covariance intervient dans l'estimation des coefficients de l'équation de régression et les ajustements pour une dépendance mutuelle des deux variables, se font automatiquement.

Nous obtenons les résultats suivants en considérant successivement les 5 traitements :

Traitements	Rendement kg/ha y	Nb d'épis/ha x1	Poids grain/épi x2
1 Témoin sous Kad	934	36.240	25,5
2 N P K "	1383	52.855	26,5
3 Témoin hors Kad	457	27.058	15,5
4 N P K "	1340	54.707	24,5
5 N P K + N "	1541	59.439	26,1

Les équations de régression sont les suivantes :

Traitements			
1	Y = 0,0226 X1 + 31,12 X2 - 662	rx1x2= 0,30	
2	Y = 0,0260 X1 + 52,59 X2 - 1353	rx1x2=-0,42	
3	Y = 0,0198 X1 + 24,14 X2 - 441	rx1x2= 0,88 ⁺⁺	
4	Y = 0,0237 X1 + 54,01 X2 - 1253	rx1x2= 0,01	
5	Y = 0,0256 X1 + 59,65 X2 - 1532	rx1x2=-0,67 ⁺	
3	X2= 0,00061X1 - 1,00		
5	X2=-0,00038X1 +48,72		

En testant l'effet de chaque variable après avoir éliminé l'effet de l'autre on constate que les F obtenus, aussi bien pour le nombre d'épis que pour le poids de grain par épis sont très hautement significatifs.

L'observation des coefficients des équations de régression multiples et des équations de régression linéaire du poids de grain en fonction du nombre d'épis aboutit aux constatations suivantes :

- Sans apport de fumure et à faible niveau de fertilité (parcelle 3)
Niveau de 400 à 500 kg/ha (témoin hors Faidherbia)

Le nombre d'épis moyen est peu élevé (2,4 par poquet) et le poids de grain par épi est très faible (15,5g). Ces deux composantes du rendement sont liées étroitement et la corrélation est hautement significative et positive. Ainsi quand le nombre d'épis/ha augmente de 25.000 à 30.000, le poids grain par épi passe de 14,25 à 17,25g. Les variations de rendement sont la conséquence de celles des deux composantes: nombre d'épis et poids de grain par épi, celles-ci étant étroitement liées par une corrélation positive.

- Sans apport de fumure et à niveau de fertilité moyen (parcelle 1)
Niveau 900 à 1000 kg/ha (parcelle témoin sous Faidherbia)

Le nombre d'épis moyen est ^{un} peu plus élevé (3,3 par poquet) et le poids de grain par épi faible (25,5g). Aucune liaison ne peut être mise en évidence entre ces deux composantes. Les variations de rendement sont surtout la conséquence de celles du nombre d'épis.

- Avec apport de fumure (parcelle 5)
niveau 1500 à 1600 kg/ha (parcelle 2NPK hors Faidherbia)

Le nombre moyen d'épis est élevé (5,3 par poquet), mais le poids de grain par épi reste faible (26,1 g). Ces deux composantes du rendement sont liées et la corrélation est significative et négative. Quand le nombre d'épis/ha s'accroît de 55.000 à 65.000, le poids de grain par épi passe de 27,8g à 24,0g. L'augmentation du tallage amène une réduction de la surface par talle utilisable et entraîne une concurrence pour la lumière qui se traduit par une diminution du poids unitaire de l'épi.

Si on compare les traitements 2-4-5 (fumure NPK) au traitement 1 (sans fumure, sous Faidherbia), on constate que les accroissements de rendement sont seulement dûs à une augmentation du nombre d'épis. Ainsi l'accroissement de rendement de 65% observé entre les traitements 5 et 1 est la conséquence d'un gain du nombre d'épis de 64% et d'un gain de seulement 2,4% du poids de grain par épi. Une des raisons de ce phénomène est l'intense parasitisme sur les épis qui peut même compromettre totalement la récolte. Il est certain que la liaison de cause à effet entre le niveau de fertilité ou de fertilisation et les composantes du rendement ne pourrait être établie avec précision que dans le cas d'un contrôle phytosanitaire total. Ce contrôle est en fait très difficile à réaliser et bien souvent les composantes du rendement sont presque indépendantes, surtout à fort niveau de fertilité.

L'importance du poids de grain/épi est nettement mise en évidence par les équations de régression multiples. Ainsi en considérant respectivement les traitements 3-1 et 5, on obtient le même accroissement de rendement si chaque poquet comporte une tige fertile de plus ou si le poids de grain par épi s'accroît de 9,1g (parcelle 3) - 8,1 (parcelle 1) et 4,7g (parcelle 5).

5 - Liaisons entre rendements et caractéristiques du sol

Des corrélations ont été calculées entre les principales caractéristiques du sol d'une part, et les rendements en gousses et en grains d'autre part.

De même que pour les corrélations sol-sol, nous avons effectué le calcul sur les deux populations: sous l'arbre et en dehors de l'arbre.

L'absence de corrélation significative obtenue peut s'expliquer par :

- le nombre limité de mesures
- les faibles teneurs des éléments minéraux, ce qui entraîne des erreurs importantes sur les résultats d'analyses.
- les coefficients de variation élevés des variables mises en corrélation

On note cependant sous l'arbre une dépendance assez étroite entre les rendements en gousses d'arachide et en matière sèche totale avec le pH et le taux de carbone. Dans les deux situations, la liaison

est bonne avec la potasse échangeable, médiocre avec le phosphore total et assimilable.

Sur le mil on n'observe aucune liaison entre rendement et éléments du sol en dehors du *Faidherbia*. Sous le *Faidherbia*, les rendements sont liés au pH, au carbone total et à l'azote total.

Le coefficient de corrélation est très proche de la signification pour ces trois données. On obtient des corrélations hautement significatives entre rendements en arachide et en mil avec la matière organique (carbone) si on opère sur les 24 résultats, sans tenir compte des deux situations.

L'absence d'une dépendance statistique étroite entre les éléments du sol et les rendements n'autorise absolument pas à conclure à un effet négligeable de tel ou tel élément du sol.

Si la notion de fertilité est très difficile à définir à cause des multiples variables (dont la plupart ne sont pas indépendantes) qui lui régissent, le concept de production est également très complexe. Il est logique d'admettre que dans ces conditions la corrélation totale exprimée entre la production et une variable prise au hasard ne peut fournir qu'une simple hypothèse de travail.

Conclusion Générale

L'étude bioclimatologique a mis en évidence l'effet de certains facteurs favorables aux cultures sous *Acacia*; citons l'augmentation de l'humidité relative, la réduction des maxima, la hausse des minima, une meilleure conservation de l'humidité du sol à la fin de l'hivernage, une augmentation globale de la pluviométrie lors des pluies fortes et obliques. Certains facteurs peut-être favorables n'ont pas pu être mis en évidence: la réduction (probable) de l'évaporation sous l'arbre n'a pu être démontrée faute d'abri pour les évaporomètres, l'effet de la diminution du rayonnement solaire reste à préciser (c'est un facteur très important qui peut, selon l'heure de la journée, être défavorable ou favorable à la photosynthèse). Des facteurs peuvent être préjudiciables, notamment la réduction de la pluviométrie lors d'une pluie fine de début d'hivernage et dans une mesure qui reste à préciser la concurrence des racines de l'arbre. Des rendements médiocres en arachide observés quelquefois sous *Acacia* peuvent être la conséquence d'un semis fait immédiatement après une première pluie fine de début d'hivernage. La frange de sol humide est souvent peu profonde sous l'arbre et entraîne une mauvaise levée, donc une faible densité à la récolte.

L'originalité de l'étude agropédologique réside dans le fait qu'elle a été conduite en milieu traditionnel. Cela peut expliquer que l'influence de l'*Acacia* sur le sol soit moins sensible que celle mise en évidence par C.CHARREAU et P.VIDAL réalisée dans un périmètre du Centre de Bambeï, soustrait depuis de longues années à l'agriculture paysanne et en particulier à la présence de bétail. Les gains de teneurs en éléments minéraux du sol sous l'arbre sont faibles et peuvent être

facilement obtenus par des fumures légères. Ce sont surtout les éléments organiques: Azote, Carbone, Humus qui subissent les modifications les plus importantes. Des caractéristiques liées aux précédentes: capacité d'échange et taux de saturation sont également soumises à des variations sensibles. Il est à remarquer que les caractéristiques physiques du sol sont assez peu influencées par la présence de l'arbre. On peut expliquer en partie ce fait par l'absence de travail du sol par les cultivateurs en dehors d'un léger grattage superficiel lors de la préparation des cultures. Les débris organiques apportés par la défeuillage et qui subsistent après les prélèvements de l'homme et des animaux ne sont donc jamais incorporés au sol. Le tassement du sol produit par le piétinement des animaux attirés par la nourriture et l'ombre en saison sèche constitue également un facteur défavorable. Le seul facteur positif d'amélioration de la structure reste l'action racinaire des plantes cultivées ^{et des adventices} dont le développement végétatif est plus important sous l'arbre. Des études précises réalisées en sols identiques et les observations des profils culturaux laissent à penser que l'effet des racines sur la formation et la stabilité de la structure est relativement modeste. Des analyses récentes réalisées au laboratoire des sols du C.N.R.A. sous la conduite de G. MONNIER ont montré la difficulté d'appréciation de la stabilité structurale des sols sableux. C'est ainsi que les tests classiques: mesure de perméabilité, appliquée sur échantillon remanié et tamisage sous l'eau après divers prétraitements, même protecteurs, ne permettent pas de distinguer avec précision un échantillon de sol prélevé sous l'arbre d'un échantillon prélevé en dehors de l'arbre.

Par contre, un fractionnement préalable du sol dans un liquide de densité 2 suivi par un dosage rigoureux du carbone a permis de mettre en évidence que l'accroissement de carbone enregistré sous l'arbre est principalement dû à la présence en plus grande quantité de matières organiques "libres" juxtaposées au reste du sol; le gain de matière organique liée est beaucoup plus modeste. Ce fait traduit la faiblesse du coefficient isohumique (0,10 à 0,20), dont l'augmentation ne pourrait être obtenue par apport d'azote supplémentaire.

Sans nier l'amélioration des autres facteurs de la fertilité, l'azote apparait comme le facteur essentiel de la productivité des sols sous Acacia. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que par suite de la transformation énergétique continue du carbone, la conservation de l'azote est étroitement dépendante de celle du carbone donc de la matière organique.

En 1966, année très exceptionnelle par la date de semis tardive, les effets de l'Acacia sur arachide hâtive montent de 36,7% (haute-ment signif.) sans fumure et 19,1% (significatif) avec fumure. De nombreux essais réalisés au Sénégal sur différentes variétés d'arachide ont montré qu'un excès d'azote favorise le développement végétatif sans nuire pour autant à la production en gousses. Ce résultat se trouve confirmé par celui obtenu sous Acacia... mais peut-on raisonnablement parler d'excès d'azote quand la quantité minéralisée est de l'ordre de 60 kg/ha ?

En 1967, sur mil précoce PC 28, les effets de l'arbre sont spectaculaires sans fumure: gain de 104,4% (très hautement significatif) et pratiquement nul avec la fumure (3,5%). Ce résultat confirme l'effet prépondérant de l'azote. Avec toutes les réserves d'usage pour de tels calculs, on peut estimer avec D.BLONDEL que la quantité d'azote minéralisée est de 60 kg/ha sous l'arbre et de 45 kg/ha en dehors de l'arbre [teneur de 0,4%² et 0,3%² en adoptant un coefficient de minéralisation de 5% - horizon 0-20cm - densité apparente 1,5. JUNG a déterminé un coefficient de minéralisation de 4% dans une jachère longue et protégée sous l'Acacia]

La différence de rendements en mils grain obtenue dans les deux situations sans fumure est de l'ordre de 500 kg/ha, quantité qui correspond à une mobilisation minérale supplémentaire de 20 kg d'azote (Résultats P.VIDAL - azote mobilisé: de l'ordre de 4,3 kg pour 100 kg de grains). La concordance est satisfaisante entre ce dernier chiffre et la quantité d'azote supplémentaire minéralisée (60-45=15 kg). En présence d'une fumure à dominance azotée (60 kg/ha), le supplément d'Azote minéralisé sous l'Acacia ne joue qu'un faible rôle et les rendements sont très voisins dans les deux situations (1350 kg/ha). Il est bon également de souligner qu'en dehors de l'Acacia une forte dose d'azote ne produit qu'un faible gain de rendement (faible productivité du kg d'azote). On se heurte alors à des problèmes de génétique (structure même et cycle de la plante), de parasitisme sur épis, de techniques culturales (travail du sol et densité). Tous ces facteurs sont absolument déterminants sur l'allure de la courbe de réponse du mil à la fumure azotée. Dans les conditions de réalisation de l'expérimentation, il a été possible de mettre en relief dans différentes conditions de fertilité et de fertilisation l'importance relative des deux composantes du rendement: poids de grain par épi et nombre de tiges fertiles.

L'ensemble des rendements obtenus montrent que les effets de l'Acacia albida sont prépondérants dans le cadre d'une agriculture traditionnelle qui n'utilise pas la fertilisation. La place du Kad dans le paysage agricole se justifie alors pleinement et on peut à la suite de PORTERES et PELISSIER recommander la protection et la plantation de l'arbre. Par contre, dans le cadre d'une agriculture évoluée où la traction animale et la machine joueront un rôle déterminant, nous adhérons sans réserve à la solution proposée par C.CHARREAU et P.VIDAL et plus récemment par C.DANCETTE (1). Cette solution consiste en l'aménagement de réseau de brise-vent plus ou moins dense en maille carrée d'une certaine de mètres de côté avec plantation préférentielle de céréales ou fourrages en ligne de part et d'autre.

On conservera ainsi les avantages inhérents à l'arbre, en augmentant la protection contre le vent et l'érosion et en favorisant la baisse de l'ETP. Le nécessaire déboisement des terrains entre brise-vent serait très progressif et n'aurait lieu qu'après installation complète des brise-vent. L'aménagement rationnel du paysage agricole (limites précises des champs, introduction de la ligne droite) se ferait ainsi par l'intermédiaire de l'Acacia albida, arbre favori, adopté par le paysan sénégalais

(1) Quelques réflexions sur l'Acacia albida (Faidherbia, Kad, Tiaski, Gao, Sas) et l'implantation des brise-vent.

Sur un plan plus général l'étude réalisée s'intègre dans nos préoccupations de recherches axées sur la matière organique. Elle a mis en lumière, fait encore contesté par certains agronomes tropicaux, les possibilités d'accroître et de maintenir le niveau de matière organique du sol. De toute évidence les gains sont faibles dans les conditions de l'Acacia albida et l'action directe de la matière organique sur la nutrition minérale est prépondérante. La fumure organique, comme la fumure annuelle comporte un optimum économique; l'entretien d'un stock accru de matière organique du sol exige un train de dépenses lui-même accru (comme simple conséquence par exemple d'une aggravation des pertes d'azote par drainage). Pour satisfaire l'impératif économique une des solutions les plus raisonnables est l'emploi de la fertilisation minérale qui accroît le système racinaire et les résidus de récolte. On estime dans les pays tempérés que les résidus laissés par les récoltes annuelles en culture intensive peuvent être estimés comme l'équivalent d'une dizaine de tonnes de fumier/ha. La solution est donc d'appliquer des fumures minérales appropriées aux zones écologiques et aux cultures et capables d'engendrer/des résidus d. quantité telle que l'apport de matière organique sèche au sol à la suite leur décomposition et leur enfouissement contribue à accroître et à maintenir l'état organique du sol. Le labour d'enfouissement des déchets de récolte ne pouvant avoir lieu qu'en sol humide implique en raison des conditions écologiques souvent marginales l'introduction de variétés à cycle végétatif court.

Les sols sous Acacia albida seront pour nous un modèle précieux dans les études prévues sur l'évolution de la matière organique des sols sableux tropicaux. Des études bioclimatologiques plus complètes pourront être poursuivies avec intérêt, mais nécessitent un matériel plus important que celui utilisé jusqu'à présent: en particulier des abris simplifiés, des psychromètres à ventilation, des intégrateurs de rayonnement.

Les mesures d'humidité du sol dans des conditions bien définies (sol nu ou couvert) devront être plus nombreuses et plus fréquentes (sonde à neutrons)./.

METHODES D'ANALYSE UTILISEES AU LABORATOIRE DES SOLS AU C.R.A.
EN 1967

Conductivité: mesure au pont de KOBROCH (appareil CHAUVIN-ARNOUX), avec correction de température, sur un extrait aqueux 1/5 (30g de sol + 150ml d'eau distillée).

pF 3,0: mesure de l'humidité après centrifugation à 1000g d'un échantillon de sol saturé d'eau.

pF 2,8: mesure de l'humidité après centrifugation à 632g d'un échantillon de sol saturé d'eau.

pF 4,2: mesure de l'humidité après extraction de l'eau sous pression à la presse à membrane (pression 15,8 kg/cm²) d'un échantillon de sol saturé d'eau.

Granulométrie: méthode pipette de ROBINSON après dispersion à l'hexamétophosphate de soude; prélèvement de la fraction: argile + limon.

Carbone: méthode WALKLEY et BLACK par oxydation sulfochromique à froid; titrage au permanganate de potassium.

Azote total: méthode KJELDAHL. Minéralisation par l'acide sulfurique concentré en présence d'un mélange de sulfate de cuivre et de potasse comme catalyseur; déplacement de l'ammoniacque par la soude; blocage de l'ammoniacque dégagé par l'acide borique dilué; titrage direct par l'acide sulfurique.

Humus: extraction par le fluorure de sodium; précipitation des acides humiques par l'acide sulfurique; dissolution par la soude et titrage par manganimétrie; dosage direct par manganimétrie sur le filtrat de l'humus soluble.

Complexe absorbant: déplacement des cations par l'acétate d'ammonium normal et neutre. Elimination de la matière organique, de la silice et des hydroxydes. Dosage de Ca et Mg par complexométrie; dosage de K et Na par photométrie de flamme. Mesure de T par saturation du complexe avec NH₄; enlèvement des ions NH₄, en excès par l'alcool, distillation de l'ammoniacque.

Mesure du pH: à l'eau distillée sur pâte de sol ou suspension 1/2,5. Electrode de verre. Solution KCl N suspension 1/2,5. Electrode de verre.

Phosphore total: méthode de LORENZ. Extraction à l'acide nitrique concentré à chaud; précipitation à l'état de phosphomolybdate d'ammonium; dissolution du précipité dans un excès de soude; titrage de l'excès de soude par l'acide sulfurique.

Phosphore assimilable: méthode TRUOG. Extraction par l'acide sulfurique dilué (N/500); colorimétrie au bleu de molybdène.

Pénétrométrie: résistance à la pénétrométrie d'une tige cylindrique garnie d'une pointe. Pénétration assurée par chocs

B i b l i o g r a p h i e

- BALDY C. "Cultures associées et productivité de l'eau"
"L'eau et la production végétale"
Station Centrale de bioclimatologie agricole - INRA, Versailles
1964
- BLONDEL D. Premiers résultats sur la dynamique de l'azote dans deux sols
du Sénégal 1967
Rapport inter.IRAT.
- CHARREAU C.- VIDAL P. Influence de l'Acacia albida Del. sur le sol. Nutri-
tion minérale et rendements des mils pennisetum au Sénégal
L'Agronomie Tropicale n°67 - Juin-Juillet 1965
- DOMMERGUES Y. Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols
en zone semi-aride et zone tropicale sèche (Thèse)
- DROUINEAU G. (INRA Antibes)
Fumures minérales et fumures organiques
(Cas des exploitations sans bétail)
- EDEN T. (Elements of Tropical Soil Science)
Equilibre Carbone/Azote du sol
Circulaire n° 37 (1953) des Potasses d'Alsace
- GIFFARD P.L. Les possibilités de reboisement en Acacia albida au Sénégal.
Rev. Bois et Forêts des Tropiques n°95 Mai-Juin 1965.
- JUNG G. Influence de l'Acacia albida Del. sur la biologie des sols Dior.
(Rapport intérieur ORSTOM)
- JUNG G. Etude de l'influence de l'Acacia albida Del sur les processus mi-
crobiologiques dans le sol et sur leurs variations saisonnières.
(Rapport intérieur ORSTOM).
- PELISSIER P.
Les Paysans du Sénégal
Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance
Imprim. Fabrique - Saint-Yrieix (Haute-Vienne) 1966
- POULAIN J.F. Intérêts et limites des analyses physico-chimiques des terres
dans l'établissement du diagnostic de la fertilisation
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux - Tananarive
19-25 Nov. 1967 - CFS/TAN 1-21 - Sec II 1 - 1.- 1
- PORTERES R. Aménagement de l'économie agricole et rurale du Sénégal
Rapport ronéotypé 1952.
- RADEVANOKI S.A. and WICKENS G.E.: The ecology of accacia albida on mantle
Soils in Zalinger, Jebel Marra Sudan
J.appl.Ecol. 4.569 5 79 Nov.1967
- SCHOCH P.G. Influence de l'évapotranspiration potentielle d'une strate ar-
borée au Sénégal et conséquences agronomiques. L'Agr.Trop.
Nov. 1966

VIDAL P. Croissance et nutrition minérale des mils Pennisetum cultivés au Sénégal

L'Agronomie Tropicale N° 6-7 (Juin-Juillet) 1963

C.R. Expérimentations Acacia albida. Rapport Division Amélioration du Milieu C.R.A. Bambey 1967.