

LE DIAGNOSTIC FOLIAIRE DU SORGHO (*Sorghum vulgare*) ETUDE D'UNE METHODE SIMPLE

par

L. JACQUINOT

Maître de Recherches de l'ORSTOM
Chef de la Division de Physiologie Végétale
(CRA de Bombay)
IRAT

INTRODUCTION

Comme le rappelle J.F. LEVY [1] il n'a pas encore été établi de « théorie du diagnostic foliaire » reliant ce dernier aux lois de physiologie végétale. Nous pensons cependant qu'il est possible, à la lumière de lois connues sur la nutrition des plantes, d'interpréter convenablement les résultats d'analyses foliaires, lorsque l'établissement de ces résultats répond à un certain nombre de critères.

PRINCIPES UTILISES POUR ETABLIR UN DIAGNOSTIC FOLIAIRE DU SORGHO

A la suite d'une brève étude de la nutrition minérale d'un sorgho [2] nous étions arrivés aux conclusions suivantes :

- le stade floraison mâle est un stade critique pour la plante. Les éléments majeurs en particulier (N, P, K) sont encore dans différents organes à un niveau élevé à ce stade qui précède la fécondation et la formation du grain.

Ensuite ils décroissent, principalement en raison de la fourniture d'éléments aux grains en formation.

- l'azote est l'élément le plus important dans la plante et son évolution dans les feuilles est liée de façon étroite à celle du phosphore.

- les cations majeurs sont divisés en deux groupes (potassium) d'une part et (calcium-magnésium) d'autre part qui varient en sens inverse dans la plante.

Les teneurs en éléments majeurs N, P, K ainsi que Ca et Mg évoluent dans les feuilles, au cours du cycle végétatif, vers un état d'équilibre.

Cet état d'équilibre peut dépendre de l'alimentation minérale de la plante mais il dépend aussi du rang, c'est-à-dire de l'âge de la feuille. Cet équilibre est atteint plus rapidement pour les feuilles apparues les dernières.

On peut considérer la quantité de matière sèche d'une feuille comme un indice de la nutrition de la plante. Nous devons donc de préférence choisir une feuille dont le niveau en éléments minéraux évolue parallèlement à celui de la matière sèche et prélever cette feuille à un stade déterminé. Les quatrième et troisième feuilles sous panicule répondant à ces critères ce sont elles que nous avons prélevées au stade floraison mâle sur différents essais agronomiques en 1963-1964 et 1965.

O. R. S. T. C. M.

Collection de Référence

n° 13546

JACQUINOT

Après avoir analysé les éléments N, P, et K dans les feuilles, nous avons cherché tout d'abord quelles relations existaient entre la productivité d'une plante (grammes de grains par plante), les teneurs et la matière sèche d'une feuille chez plusieurs variétés de sorghos, puis sur une seule variété dans diverses expériences de fumure minérale.

MATERIEL VEGETAL ET TECHNIQUE UTILISEE

Pour l'étude pied par pied nous avons prélevé sur des parcelles de multiplication de semences, en profitant des différences naturelles de fertilité pour classer neuf catégories de vigueurs qui nous ont fourni neuf classes de productivités.

Puis sur les parcelles d'essais nous prélevions environ vingt cinq tiges pour cent à cent vingt tiges.

Il nous a semblé utile d'étudier les variations de productivité (rendement par panicule) car la densité de panicules à la récolte peut intervenir sur le rendement par unité de surface cultivée, alors que le rendement par tige est en rapport direct avec sa nutrition minérale.

Il est d'ailleurs aisé d'examiner ensuite les répercussions que peuvent entraîner sur l'alimentation minérale des modifications de la densité à la récolte.

Dans un premier temps nous avons étudié les populations et variétés suivantes, sur une parcelle de multiplication.

- Congossane Sénégal : Première extraction de populations locales à peu près identique à SH 60.
- SH 60 : Sorghum vulgare guinéensia. Panicule lâche, grain petit et blanc à couche brune, vitrosité moyenne.
- 56 - 13 : Sorghum vulgare, crigine Koukouro, Nord Cameroun; type Durra - Tige 3,4 m - Epiaison 109 jours, grain rouge, couche brune absente - Vitrosité faible - Panicule demi compacte.
- 54 - 42 : Wad-Fehla cultivé à l'Office du Niger au Mali - Origine exacte inconnue - Tige 1,95 m - Epiaison 97 jours, grain blanc - Couche brune absente - Vitrosité moyenne - Panicule compacte.
- 51 - 69 : Origine Tchad (Tarouch) - Tige 3,7 m - Epiaison 111 jours, grain blanc-noir - Vitrosité faible - Panicule lâche.
- 51 - 103 : Origine Tchad (Ambedi Akadem) - Tige 2,75 m - Epiaison 111 jours, grain blanc-noir - Vitrosité faible - Panicule compacte.

RESULTATS DE LA PREMIERE ETUDE

Avant d'essayer d'établir quel est le niveau optimum de nutrition dans la plante, nous avons jugé préférable de déterminer d'abord les liaisons qui peuvent exister entre les rendements et différentes mesures effectuées sur une feuille (matière et teneurs).

Pour cela nous avons calculé différentes corrélations (tableau 1) en utilisant différentes variables dépendantes Y et variables indépendantes X.

Tableau 1 -

REGRESSIONS DE Y EN X ET CORRELATIONS POUR DIVERSES VARIETES

Y	X	COEFFICIENTS	SH 60 MULTI- PLICATION	CONGOSSANE TRAVAIL DU SOL	51-103 MULTI- PLICATION	56-13 MULTI- PLICATION	56-42 MULTI- PLICATION	51-69 MULTI- PLICATION
Prod ^{té}	MS	b_{yx} r	1,760 0,944 +++	1,358 0,942 +++	NS	1,797 0,813 +++	0,695 0,804 ++	1,547 0,890 ++
Prod ^{té}	NO ₃ %	b_{yx} r	0,397 0,675 +	0,342 0,885 +++	0,118 0,800 ++	NS	0,952 0,616 +	0,382 0,276 ++
Prod ^{té}	PO ₄ H ₂ %	b_{yx} r	1,274 0,605 +	1,368 0,896 +++	0,609 0,629 +	NS	NS	NS
Prod ^{té}	K+ %	b_{yx} r	1,243 0,733 ++	NS	0,370 0,687 +	-0,978 -0,720 ++	NS	0,642 0,653 +
MS	NO ₃ %	b_{yx} r	0,272 0,682 +++	0,235 0,878 +++	0,175 0,828 +++	0,333 0,874 +++	0,535 0,918 +++	0,265 0,920 +++
MS	PO ₄ H ₂ %	b_{yx} r	0,667 0,768 ++	0,939 0,887 +++	NS	NS	1,368 0,739 ++	1,213 0,750 ++
MS	K+ %	b_{yx}	NS	NS	NS	-0,396 -0,758 ++	NS	0,443 0,782 ++
NO ₃ %	PO ₄ H ₂ %	b_{yx} b_{yx} r	3,03 0,236) 1,631 0,846 +++	2,87 0,180) 1,45 0,712 ++	4,510 0,864 +	NS	2,526 0,853 +++	NS

Seuils de signification
pour r

5 % = 0,576
1 % = 0,708
1 % = 0,825

MS = matière sèche
Prod^{té} en g/pied
 b_{yx} et b_{xy} coefficients de régression

En général de bonnes liaisons existent entre ces différentes mesures.

Productivité x matière sèche de la 4^e feuille

Les coefficients de corrélation sont hautement ou très hautement significatifs.

Seule la variété 51-103 ne présente pas cette corrélation. Le très bas niveau de productivité (18 g/panicule) dû à une attaque d'insectes peut expliquer ce résultat.

Par ailleurs les coefficients de régression varient assez peu (1,358 à 1,797) sauf pour la variété 54-42 (0,695) dont le poids sec d'une feuille varie beaucoup (de 1,7 à 4,9 g.).

Matière sèche x teneur en azote

Toutes les corrélations sont hautement significatives ou très hautement significatives.

Les coefficients de régression varient de 0,175 à 0,533. Il existe donc des gradients assez différents suivant les variétés.

Matière sèche x teneur en phosphore

On ne trouve pas de liaison significative chez les variétés 51-103 et 56-13.

Chez les autres variétés les coefficients de régression, plus élevés qu'avec l'azote, indiquent un gradient moins élevé du phosphore que de l'azote dans la feuille.

Matière sèche x teneur en potassium

Deux variétés seulement 56-13 et 51-69 ont des liaisons l'une positive, l'autre négative.

Productivité x teneur en azote

Il existe de bonnes corrélations entre les teneurs en azote de la 4^e feuille et les productivités ; excepté cependant pour la variété 56-13.

Les coefficients de régression varient de 0,952 à 0,118. Ceci signifie qu'à une variation de 10 méq de la teneur correspond une variation de 1 à 9 unités de productivité suivant la variété, ou encore la productivité de la variété 51-103 réagit peu aux variations du taux d'azote dans ses feuilles, celle de la variété SH 60 réagit mieux et celle de la variété 54-42 réagit le mieux.

Productivité x teneur en phosphore

Il existe une liaison chez les trois variétés SH 60 Congossane et 51-103.

Les coefficients de régression sont plus élevés que pour l'azote 10 méq. de PO_4H_2 correspondant à la variation de 6 à 13 unités de productivité suivant la variété : byx variant de 0,609 à 1,363).

Productivité x teneur en potassium

Les liaisons sont significatives sauf pour les variétés 54-42 et Congossane.

On constate une liaison négative chez la variété 56-13. Or chez cette dernière variété il n'y a pas de liaison productivité x azote ni productivité x phosphore. Nous pouvons donc concevoir que l'azote et phosphore étaient à un niveau satisfaisant en général mais qu'à chaque augmentation de rendement le potassium se trouvait de plus en plus dilué dans la feuille dont le poids sec augmente avec les rendements.

Ce phénomène se retrouve assez fréquemment et fait parler d'un antagonisme azote-potassium [3] qui n'est en fait qu'un antagonisme apparent, mais non physiologique. Nous en verrons d'autres exemples par la suite.

Teneurs en azote x teneurs en phosphore

Il n'y a pas de liaison entre ces deux éléments dans la quatrième feuille des variétés 56-13 et 51-69. Chez les autres variétés les coefficients de régression indiquent qu'il y a des variations importantes des teneurs en phosphore.

Autres relations

Nous n'avons trouvé aucune liaison entre la productivité et les teneurs de la feuille en Ca et Mg. Les sols sur lesquels a poussé le matériel végétal étudié ici, sont bien pourvus en ces éléments et leur assimilation par la plante ne pose pas de problème pour l'instant.

Conclusions après ces premiers résultats

Chez plusieurs variétés on observe des liaisons entre la productivité et la matière sèche de la quatrième feuille sous panicule ainsi qu'avec les teneurs en azote, phosphore et potasse de cette feuille.

Par conséquent, chaque fois que l'on observe cette liaison on peut considérer que chez une variété déterminée, si on enregistre une productivité maximum, les niveaux atteints par les teneurs en azote, phosphore et potassium dans la quatrième feuille peuvent être considérés comme des niveaux de référence. Ceci est vrai, naturellement, pour un milieu déterminé.

Tout niveau inférieur à ces niveaux de référence doit correspondre à des productivités inférieures.

C'est ce que nous nous sommes efforcés de vérifier dans la suite de ce travail pendant lequel nous avons été amenés à changer de référence lorsque nous avons pu trouver une série de pieds de sorgho de productivité supérieure.

RESULTATS SUR DES ESSAIS DE FERTILISATION - VARIETE SH 60

La première référence utilisée fut celle obtenue grâce à quelques pieds de sorgho ayant poussé à proximité d'un arbre l'Acacia albida, Del. qui a la propriété, en perdant ses feuilles avant la saison des pluies d'augmenter la fertilité naturelle du sol [4].

Les résultats obtenus étaient les suivants (Tableau 2) où nous avons retenu la productivité de 44 g de grain par panicule comme référence.

Tableau 2 - SORGHO SH 60 - MULTIPLICATION DE VARIETE 1963

Résultats analytiques

PRODUCTIVITE/ PIED	MS 4e FEUILLE	NO ₃	PO ₄ H ₂	K ⁺	FERTILISATION	
44	2,59	163,1	10,0	30,5	Variation naturelle de la fertilité à partir de Acacia - albida	
39,3	2,47	162,8	7,1	27,0		
26,0	1,75	143,9	6,7	16,0		
21,4	1,70	156,0	8,5	25,9		
20,7	1,32	129,6	6,7	23,0		
17,3	1,31	140,8	6,8	14,1		
16,3	1,27	133,6	5,8	17		
15,0	1,36	131,9	7,2	16,5		
15,3	1,29	146,7	6,7	12,3		
gramme	gramme	még. P. 100	még. P. 100	még. P. 100		

Y	Pté. PANICULE	Pté. PANICULE	Pté. PANICULE
X	x NO ₃	x PO ₄ H ₂	x K ⁺
Coefficient de corrélation r	0,675 ⁺	0,605 ⁺	0,733 ⁺⁺
+ significatif		++ hautement significatif	

Le premier essai effectué avec la variété Congossane a donné les résultats que nous connaissons déjà en ce qui concerne les liaisons entre productivité et teneurs dans les feuilles (Tableau 1).

Le meilleur rendement par hectare avait les caractéristiques suivantes :

Tableau 3 -

PRODUCTIVITE/ PIED	DENSITE RECOTE MILLIERS /ha	MS 4ème FEUILLE	NO ₃ még P. 100	PO ₄ H ₂ még P. 100	K ⁺ még P. 100	RENDE- MENT kg/ha	FUMURE
34,3	50,1	2,12	149,2	9,7	25,2	1746	600 kg/ha 10-13-10

Nous constatons que productivités et teneurs sont en dessous des valeurs retenues comme références, principalement pour l'azote et le potassium et que l'alimentation minérale même dans ce cas, le plus favorable, était insuffisante.

Le même essai fût repris en 1964 et on obtint les résultats du tableau 4, toujours avec la même fumure en tête, mais nous avons trouvé une référence de productivité plus élevée. De plus nous avons effectué aussi l'analyse de la 3ème feuille sous panicule.

Tableau 4 -

PROD ^{té} X PAR PIED	DENSITE	MS 4ème FEUILLE	NO ₃	PO ₄ H ₂	K ⁺	Rdt/ha	FUMURE
69,9	Réf. 1964	1,94	179,1	13,4	31,0	-	-
44,0	Réf. 1963	2,59	168,1	10,1	30,5	-	-

4ème FEUILLE

37,6	48,7	2,10	138,0	10,7	33,2	1864	600 kg/ha 10-13-10
------	------	------	-------	------	------	------	-----------------------

3ème FEUILLE

37,6	48,7	1,84	145,8	10,8	32,5	1864	600 kg/ha 10-13-10
g/ panicule	milliers/ ha	gramme	még P. 100 MS	még P. 100 MS	még P. 100 MS	kg/ha	

Les corrélations étaient les suivantes, en utilisant tous les traitements de l'expérience :

Tableau 5 -

Y	Pté/pied	Rdt/ha	Pté/pied	Rdt/ha	Pté/pied	Rdt/ha
X	NO ₃	NO ₃	PO ₄ H ₂	PO ₄ H ₂	K ⁺	K ⁺
r 4ème feuille	NS	NS	0,921+++	0,948+++	0,938+++	0,932+++
r 3ème feuille	NS	NS	0,931+++	0,951+++	0,906+++	0,898+++

Il n'y a pas de corrélations avec l'azote dont la concentration oscille pour tous les traitements autour de 145 még alors que la potasse dépasse le niveau de référence 1963 et que le phosphore atteint le niveau de référence 1963. La productivité est limitée par l'insuffisance de l'alimentation azotée, quelque soit la dose d'engrais azoté. En fait la réponse à la fumure était surtout une réponse à la fumure phosphopotassique.

Enfin, l'analyse de la troisième feuille sous panicule nous a montré que les corrélations teneurs x productivités étaient sensiblement les mêmes qu'avec les valeurs obtenues au moyen de l'analyse de la quatrième feuille.

Un autre essai plus complexe a été suivi en 1964 et 1965.
Les traitements en étaient les suivants :

- Azote : 0 - 25 - 50 - 75 - 100 kg de N/ha
- Phosphore: 0 - 50 - 100 - 150 - 200 kg de P₂O₅/ha
- Potassium: 0 - 50 - 100 - 150 - 200 kg de K₂O/ha

Chaque traitement recevait un complément uniforme et important constitué des deux autres éléments, de chaux, de magnésie de soufre et d'oligo-éléments.

Enfin, on mesurait, pour chaque élément, l'effet résiduel, l'effet direct et l'effet cumulatif des doses précédentes.

Les mesures ont été effectuée sur la quatrième et la troisième feuille sous panicule.

Nous ne donnerons ici les résultats analytiques que pour les rendements maximum enregistrés.

Tableau 6 -

FEUILLE N° 4 - 1964

	PRODUCTIVITE	DENSITE RECOLTE	MS	NO ₃	PO ₄ H ₂	K	RENDEMENT	ELEMENTS 1963	APPORTES 1964
N résiduel	19,3	83,0	1,48	128,3	11,0	34,6	1605	50 N	
direct	16,5	69,8	1,29	114,1	10,2	36,6	1051		75 N
cumulatif	24,4	85,5	1,79	135,9	10,6	34,6	1904	100 N	100 N
P résiduel	26,1	83,6	1,74	134,5	10,3	31,5	1992	200 P ₂ O ₅	
direct	22,6	79,1	1,58	111,3	9,0	35,3	1630		50 P ₂ O ₅
cumulatif	18,4	79,5	1,61	116,7	11,0	35,2	1336	150 P ₂ O ₅	150 P ₂ O ₅
K résiduel	24,2	36,4	1,70	167,2	11,0	30,4	1934	100 K ₂ O	
direct	20,9	79,4	1,56	113,2	9,9	34,0	1515		200 K ₂ O
cumulatif	20,2	80,6	1,60	134,6	11,2	36,4	1846	200 K ₂ O	200 K ₂ O
Réf. 1964	69,9	-	1,94	179,1	13,4	31,0	-	-	-
Unités	g/ paricule	milliers/ ha	g/ feuille	még P. 100 MS	még P. 100 MS	még P. 100 MS	kg/ha	kg/ha	kg/ha

Nous avons calculé les corrélations $y \times x$ en ajoutant cette fois les calculs :
dose d'élément apportée \times teneur de cet élément dans la feuille.

Tableau 7 -

1964 - 4ème FEUILLE PANICULE - COEFFICIENTS DES CORRELATIONS Y × X

X	NO ₃ ⁻ P. 100 MS		PO ₄ H ₂ ⁻ P. 100 MS		K ⁺ P. 100 MS		N ENGRAIS	P ₂ O ₅ ENGRAIS	K ₂ O ENGRAIS
	Rdt/ha	Prté/pied	Rdt/ha	Prté/pied	Rdt/ha	Prté/pied	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	K ⁺
N résiduel	0,848 +	0,857 +	- 0,723	- 0,744	- 0,862 +	- 0,868 +	- 0,924		
	direct	0,609	0,188	- 0,622	0,396	0,092	0,094	0,341	
	cumulatif	0,987 +++++	0,978 +++++	- 0,792	- 0,853	- 0,949++++	- 0,931+++	0,694	
P résiduel	0,361	0,031	- 0,059	- 0,189	- 0,368	0,215		0,753	
	direct	- 0,465	- 0,767	0,466	0,252	0,837 +	0,589	0,878 +	
	cumulatif	- 0,554	0,577	0,870 +	0,308	0,818 +	0,947 +++	0,453	
K résiduel	0,969+++	0,964 +++	0,412	0,441	- 0,534	- 0,526			0,128
	direct	0,342	0,184 +	- 0,731	- 0,814 +	0,695	0,845 +		0,850 +
	cumulatif	- 0,594	- 0,664	0,144	0,085	0,194	0,197		0,602

Coefficient de corrélation r

}	++++	0,974	0,001
	+++	0,917	0,01
	++	0,882	0,02
	+	0,811	0,05

Lim. Signif.

- Les corrélations sont ici assez peu nombreuses. D'autre part nous avons pu constater dans le tableau 6, que les teneurs en azote sont en dessous des niveaux de référence, quelque soit le traitement. De même les teneurs en phosphore sont généralement faibles. Là, où nous avons des corrélations significatives avec l'azote nous avons des corrélations négatives avec la potasse.

- Nous n'obtenons aucune corrélation entre dose d'azote apporté et teneur en azote. En fait, l'effet de l'engrais s'est répercuté sur la densité - panicule à l'hectare mais a été insuffisant pour que la plante s'enrichisse en azote.

Il y a pour l'effet direct (ou annuel) une relation teneurs \times doses, mais pas de relation productivité \times teneur en phosphore.

Enfin, avec le potassium et pour l'effet direct, nous avons des corrélations significatives teneurs \times doses et productivités \times teneurs.

Ces résultats nous ont été confirmés dans l'ensemble par un essai identique qui s'est déroulé en 1965 sur un même type de sol (tableaux 8 et 9).

Les productivités, les rendements, les teneurs en azote sont plus élevés qu'en 1954. Les teneurs en phosphore sont plus élevées et les teneurs potassium sont plus fluctuantes qu'en 1964.

Les densités panicules sont faibles.

Nous n'avons toujours pas de corrélation entre teneurs et doses d'azote mais nous en avons une entre productivité et teneurs.

Pour le phosphore nous avons deux corrélations hautement significatives entre teneurs et doses et une corrélation entre productivité et teneur.

Pour le potassium, nous avons trois corrélations significatives entre teneurs et doses et deux entre productivité et teneurs.

D'une façon générale nous constatons :

- que les teneurs en azote sont toujours plus faibles que la référence choisie,
- que les teneurs en azote ne sont jamais liées aux doses de cet élément apporté au sol,
- qu'il n'existe pas obligatoirement une corrélation entre les productivités et les teneurs,
- que par contre il existe presque toujours une corrélation entre teneurs et doses de P ou de K apportées au sol.

Tableau 8 -

RENDEMENTS MAXIMUM ENREGISTRES - FEUILLE N° 4 - 1965

	PRODUCTIVITE	DENSITE RECÔLTE	MS	NO ₃	PO ₄ H ₂	K ⁺	RENDEMENTS
N résiduel	17,2	46,7	1,60	126,7	10,9	26,7	800
annuel	41,3	53,3	2,44	166,6	11,3	40,4	2200
cumulatif	37,3	50,4	2,09	141,0	11,1	41,0	1880
P résiduel	21,2	48,9	1,60	146,2	10,6	19,9	1040
annuel	41,8	60,9	2,14	165,1	13,2	24,4	2540
cumulatif	41,7	53,3	1,95	158,8	12,4	30,1	2220
K résiduel	24,7	57,1	1,94	147,4	11,8	19,7	1410
annuel	44,3	63,7	2,39	160,6	13,0	32,5	2820
cumulatif	42,8	62,3	2,47	152,7	13,5	30,1	2670
Réf. 1964	69,9	-	1,94	179,1	13,4	31,0	-
Unités	g/ particule	milliers /ha	g/ feuille	még P. 100 MS	még P. 100 MS	még P. 100 MS	kg/ha

Tableau 9 -

1965 - 4ème FEUILLE PANICULE - COEFFICIENTS DES CORRELATIONS $y \times x$

y	NO ₃	Rdt/ha	Prté/pied	PO ₄ H ₂ P. 100 MS	Rdt/ha	Prté/pied	K ⁺ P. 100 MS	Rdt/ha	Prté/pied
x	Doses N/ha	NO ₃ P. 100 MS		Doses P ₂ O ₅ /ha	PO ₄ H ₂ P. 100 MS		Doses K ₂ O/ha	K ⁺ P. 100 MS	
N résiduel	0,485	0,357	0,119		0,861	0,994×××		0,804 ×	0,788 ×
annuel	0,683	0,829 ×	0,300 ×		0,682	0,660		0,747	0,762 ×
cumulatif	0,559	0,419	0,272		0,545	0,538		0,898×××	0,909×××
P résiduel		0,387	0,463	0,903×××	0,402	0,332		0,341	0,465
annuel		0,748	0,670	0,710	0,881×××	0,809 ×		0,374	0,349
cumulatif		0,721	0,705	0,978××××	0,816×	0,838××		0,448	0,470
K résiduel		- 0,309	- 0,535		0,493	- 0,112	0,927×××	0,644	0,486
annuel		0,840 ××	0,766 +		0,801 ×	0,792 ×	0,860 ××	0,865 ××	0,852 ××
cumulatif		- 0,627	- 0,536		0,314	0,861 ××	0,917×××	0,846×××	0,967×××

r. lim.

0,950	××××	à	0,001
0,8745	×××	à	0,01
0,8329	××	à	0,02
0,7545	×	à	0,05

Discussion

Ce qui est important est l'existence ou l'absence suivant certaines conditions, de liaisons entre doses d'engrais et teneurs et entre teneurs et productivités.

Il n'est pas indispensable pour pouvoir interpréter les résultats analytiques d'un diagnostic foliaire d'obtenir des corrélations entre ces résultats, les doses d'engrais et les productivités.

C'est l'existence ou non de ces corrélations jointe à la comparaison des résultats avec les niveaux de référence qui doit nous permettre de juger si l'alimentation minérale de la plante a été satisfaisante.

Reprenons par exemple les résultats inscrits dans les tableaux 8 et 9.

TRAITEMENTS	NIVEAUX MAXIMUM			CORRELATIONS.			
	N	P	K	TENEURS × DOSE ENGRAIS	PRODUCTIVITE ×	TENEURS	
					N	P	K
N résiduel annuel cumulatif	- insuffisants			0	0	+	+
	insuffisants - bon			0	+	0	0
	insuffisants - bon			0	0	0	+
P résiduel annuel cumulatif	- insuffisants			+	0	0	0
	insuffis.-bon-insuffis.			0	0	+	0
	insuffisants - bon			+	0	+	0
K résiduel annuel cumulatif	- insuffisants			+	0	0	0
	insuffis.-bon-bon			+	+	+	+
	insuffis.-bon-bon			+	0	+	+

1°.- Traitement azote : pas d'effet de l'engrais sur les teneurs.

- effet résiduel : niveaux insuffisants.
- effet annuel : niveaux N et P insuffisants. Mauvaise absorption de l'azote qui limite la production.
- effet cumulatif : résultats identiques.

2°.- Traitement phosphore : effet positif de l'engrais sur les teneurs

- effet résiduel : niveaux insuffisants
- effet annuel : déficit en azote et potasse qui limite la production.
- effet cumulatif : déficit en azote entraînant vraisemblablement une absorption insuffisante du phosphore.

3°.- Traitement potassium : effet positif de l'engrais sur les teneurs.

- effet résiduel : niveaux insuffisants
- effet annuel : déficit en azote qui limite la production.
- effet cumulatif : déficit en azote qui limite la production.

Le fait le plus remarquable ici est la mauvaise utilisation de l'engrais azoté. La dose d'engrais de cent unités d'azote par hectare a permis, cependant, d'obtenir une densité de panicules plus élevée (53.300/ha) et une productivité aussi plus importante.

Cependant, il n'y a pas de liaison entre dose d'azote apporté et teneurs dans la feuille alors que les productivités sont liées aux niveaux de ces teneurs.

Il existe donc bien une sensibilité du rendement à la teneur en azote de la feuille mais la plante n'a pas, pour des raisons inconnues, absorbé convenablement l'azote apporté au sol.

L'intérêt de l'analyse par diagnostic foliaire de ce type d'essai aura été double :

- 1°.- de mettre en évidence un phénomène qui se passe dans le sol et empêche l'absorption satisfaisante de l'engrais, aucun signe d'une carence en micro-éléments n'étant apparu pour mettre la plante en cause.
- 2°- d'expliquer les réponses un peu anarchiques aux engrais phosphatés et potassiques, l'alimentation azotée n'étant jamais satisfaisante et le réponse de la plante étant conditionnée étroitement à l'absorption de l'azote, l'effet des doses de phosphore et de potasse est obligatoirement limité par ce phénomène.

Nous voyons aussi l'intérêt que l'on a à prendre en considération dans les résultats la densité à la récolte. L'analyse foliaire donne en quelque sorte un indice de nutrition des plantes à titre individuel. Or le rendement par unité de surface est fonction en même temps de la nutrition de chaque plant et du nombre de plantes installées sur cette surface, nombre qui dépend aussi des possibilités d'alimentation minérale du sol.

Dans le cas précédent, si les différentes doses d'engrais n'ont pas eu d'action directe sur la richesse en azote de la feuille, par contre elles ont permis à un plus grand nombre de pieds d'être productifs. Cette augmentation de la densité a d'ailleurs tendance à faire diminuer les teneurs, la quantité d'éléments mise à la disposition de chaque plante étant elle-même en diminution.

C'est ce qui se passe assez souvent lorsqu'on apporte des doses croissantes d'un seul élément. En particulier des doses croissantes d'azote entraînent par le jeu de l'augmentation de la densité et aussi de la matière sèche totale de chaque plante, une diminution du taux du potassium dans les feuilles. Il ne s'agit pas alors d'une interaction entre éléments mais d'une insuffisance de l'alimentation potassique globale, c'est-à-dire par unité de surface cultivée.

Le cas peut se produire aussi pour l'azote en présence d'une fumure phosphatée importante, malgré la liaison positive que l'on observe généralement entre ces deux éléments.

Ceci nous conduit à examiner, ce que souvent les agronomes appellent interactions dans l'interprétation d'un essai.

En fait le terme est inexact. Issu de la terminologie statistique on lui a donné un sens qu'il n'a pas biologiquement. Il n'y a pas d'interaction entre les différents ions dans la plante, mais seulement l'action des ions sur la croissance de la plante. Dans le cas le plus simple si l'un d'eux se trouve en quantité insuffisante dans le milieu, la croissance est limitée et par là même l'absorption des autres ions peut l'être aussi. Si l'on apporte au milieu l'élément qui lui manque, la croissance de la plante peut reprendre et la consommation des autres éléments augmenter. Il y a eu un effet indirect mais pas une interaction.

Il peut y avoir même mauvaise utilisation d'un élément et accumulation de sa forme minérale [5] si un autre élément est absorbé en quantité insuffisante.

CONCLUSION

Nous inclinons à penser que, étant donnée la complexité des réactions de la plante suivant le milieu dans lequel elle se trouve, il est plus simple pour l'instant, d'utiliser le diagnostic foliaire comme un simple test agronomique, l'étude de la nutrition d'une plante requérant des méthodes plus compliquées.

L'utilisation de plantes de référence doit suffire à fixer les niveaux des teneurs en azote, phosphore et potassium dans une feuille déterminée pour obtenir une productivité satisfaisante sachant que chez le sorgho il y a une liaison entre le productivité et le niveau de ces teneurs dans la feuille.

Il sera toujours bon, cependant, de rechercher si des corrélations existent entre teneurs et doses d'engrais et entre productivité et teneurs, l'existence ou non de ces corrélations étant susceptibles de nous montrer comment la plante a réagi à ces différents facteurs.

REFERENCES

- (1) LEVI J.P. : Le colloque de Montpellier, sa genèse, son déroulement
CR. Colloque sur le contrôle nut. minérale et de la fertil. Montpellier Sept. Oct. 1964.- p. 9.
- (2) JACQUINOT L. : Contribution à l'étude de la nutrition minérale du sorgho congossane (Sorghum vulgare, Var. guineense).
Agro. Trop./ 1964; 8-9; pp. 669 - 722 -
- (3) FOURCASSIE F. : Diagnostic foliaire du maïs
CR. Colloque contrôle nut. minérale et fert.
Montpellier 1964; pp. 309-315 -
- (4) CHARREAU C. : VIDAL P. : Influence de l'Acacia albida, Del, sur les sols, la composition minérale et les rendements des mils Pennisetum au Sénégal.
Agro. Trop./ 1965; 6 - 7; pp. 600-625 -
- (5) ROUTCHENKO W.: Recherche d'une base d'interprétation de l'analyse végétale.
CR. Colloque contrôle nut. minérale et fert.
Montpellier 1964; pp. 70-77