

## FERTILITE D'UN SOL VOLCANIQUE INDURE RECUPERE ET FERTILISATION RAISONNEE D'UN RAYGRASS.

N GERMAIN, M DURAN and P PODWOJEWSKI

IRD, BP 5045, 34032 Montpellier cedex, France- Nicolas.Germain@mpl.ird.fr

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central de Ecuador, casilla A 46-07, Quito, Ecuador- IRD, 32 Avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy cedex, France-

### short abstract : FERTILITY OF RECLAIMED VOLCANIC ASH SOIL AND COMPREHENSIVE FERTILIZER MANAGEMENT OF RYEGRASS.

The hardened volcanic ash soils of the Ecuadorian Highlands could be cultivated with ryegrass pasture. The crop management must aim at a maximum yield of  $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  every 5 weeks. The fertilizer application must consider the nutritional requirements for an optimal growth, the crop exportation and the initial status of soil fertility. This status depends on the previous land reclamation and cropping history. The level of K, considered as satisfactory in these soils, is limited after 3 cuttings. Sulfur was never considered as limitant, but a sulfur fertilization increased yield significantly to expected potential level.

key-words : nutrient diagnosis, sulfur, cangahua, Ecuador

Les formations volcaniques indurées (cangahua) de la Sierra équatorienne, qui apparaissent par suite de l'érosion des horizons superficiels meubles entre 2500 et 3000 m d'altitude, peuvent être mises en culture (Zebrowski et al., 1997). Ceci requiert une fragmentation manuelle ou mécanique, et des apports d'azote et de phosphore. Dans une expérimentation de 2 ans et ½ comportant 5 cycles de culture (vesce/ orge/ maïs/ pois/ maïs) et 4 stratégies de fertilisation (témoin sans fumure ; fumure organique ; fertilisation chimique ; fertilisation chimique associée à l'incorporation des résidus de culture), aucune différence significative de productivité n'est apparue entre les 3 derniers traitements. La présente étude se propose de comparer les états de fertilité chimique de chacune des stratégies de fertilisation au comportement d'un raygrass exploité par fauche, et recevant une fertilisation minérale contrastée. Le raygrass est l'espèce fourragère dominante des prairies paturées par les vaches laitières. Mais un raygrass fauché, par la fréquence des coupes et sa dynamique de croissance, facilite le diagnostic sur la fertilité du sol ; son association à une légumineuse compliquerait le diagnostic sur la fertilité azotée. Cette culture devrait aussi réduire les risques d'érosion et améliorer la stabilité structurale du terrain.

### MATERIEL et METHODES

En début d'étude, 3 échantillons de sol ont été prélevés par stratégie de fertilisation, chacun est représentatif d'une surface d'une dizaine de mètres carrés. Leurs analyses chimiques ont été réalisées au laboratoire de l'INIAP Santa Catalina (extraction de N-NH<sub>4</sub>, P, K, Ca, Mg par une solution de Olsen modifiée " NaHCO<sub>3</sub>, EDTA, pH 8.5 " ; extraction de S par une solution de Ca[H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>]<sub>2</sub>).

Une culture de raygrass hybride (*Lolium multiflorum x perenne*, variété Tetralite) a été implantée selon deux dispositifs expérimentaux. Dans le cas du témoin sans fumure, les traitements croisent 3 niveaux de fertilisation phosphorique (0, 50 et 100 kg\*ha<sup>-1</sup> P) appliquée avant semis et 3 niveaux de fertilisation azotée (0, 40 et 80 kg\*ha<sup>-1</sup> N) appliquée à chaque coupe. L'autre dispositif croisent les 3 stratégies restantes de fertilisation à 4 niveaux de fertilisation azotée (0, 40, 80 et 160 kg\*ha<sup>-1</sup> N) appliquées à chaque coupe. La dose de 160 kg\*ha<sup>-1</sup> N correspond aux besoins azotés d'un rendement de 6 t\*ha<sup>-1</sup> toutes les 5 semaines, production potentielle permise par les conditions thermiques et radiatives locales (Température moyenne de 17 °C, et Rg journalière 17 MJ.m<sup>2</sup>, stables tout au long de l'année, autorisant un taux de croissance journalier de 200 kg.ha<sup>-1</sup>). Un traitement adjacent reprend le niveau 160, en le complétant par une fertilisation phosphorée (150 kg\*ha<sup>-1</sup> P) et soufrée ( 7.5 kg\*ha<sup>-1</sup> S) appliquée avant semis. Chaque traitement a 4 répétitions En cours d'expérimentation, en réaction à des signes de brûlure azotée sur certains traitements, la dose 160 a été réduite à 120, et une fertilisation potassique (166 kg\*ha<sup>-1</sup> K) a été introduite à partir de la cinquième (ou sixième, dans le cas de la récupération témoin) coupe. Le potassium est appliqué sous forme de chlorure sur 2 répétitions, et sous forme de sulfate sur les 2 autres, soit alors un apport de 72 kg\*ha<sup>-1</sup> S par coupe. A

partir de la septième coupe, l'application de sulfate de potassium est généralisée à l'ensemble des parcelles.

Un système d'irrigation par aspersion complète, si besoin est, les apports hydriques pluviaux.

Chaque parcelle élémentaire, correspondant à la répétition d'un traitement, a une surface de 4 m<sup>2</sup>. Les rendements sont évalués par récolte d'un mètre linéaire. Chaque prélèvement est séché à 65°C, pesé, broyé. Une fraction est séchée à 105°C, une autre sert à l'analyse du contenu de N par la méthode Kjeldahl, une autre est utilisée pour déterminer les contenus de P et K (par colorimétrie et par photométrie de flamme). Certains échantillons ont fait l'objet d'une analyse chimique plus complète (N, P, K, S, Ca, Mg, B, Zn, Cu, Fe, Mn) au laboratoire de l'INIAP Santa Catalina, selon les procédures du CIAT Colombie.

Les indices de satisfaction des besoins minéraux sont calculés selon les formules proposées par Lemaire et Gastal (1997) pour N (indice établi pour la croissance végétative d'une culture de type C3), Duru et Théliér Huché (1997) pour P et K (indices établis pour des cultures fourragères tempérées) :

$NNI = N\% / (4.8 * RDT^{-0.32})$  ;  $PNI = P\% / (0.15 + 0.065 * N\%)$  ;  $KNI = K\% / (1.6 + 0.525 * N\%)$  ;

$SNI = S\% / (0.06 * N\%)$  - où xNI est l'indice de satisfaction de l'élément x (x Nutrition Index) ; x% contenu de l'élément x exprimé en g\*100g<sup>-1</sup> ; RDT rendement exprimé en t\*ha<sup>-1</sup> .

## RESULTATS et DISCUSSION

Les sols des 4 stratégies de fertilisation présentent une certaine variabilité quant à leur contenu chimique (tableau 1) : variabilité au sein d'une stratégie, et variabilité entre stratégies liée à la gestion des cycles de culture précédents.

Au niveau des rendements, la comparaison des traitements recevant 80 kg\*ha<sup>-1</sup> N (tableau 2) montre pour la première coupe une supériorité des récupérations avec fumure ou fertilisation antérieures. Par la suite, cette différence s'estompe dans le cas de la récupération témoin avec addition de P. Aucune différence significative entre modalités n'existe lors de la septième coupe ; par contre la précocité de l'apport de S a un effet très significatif.

Les indices de satisfaction des besoins azotés s'ordonnent selon le niveau de fertilisation azotée appliquée. A partir de la deuxième coupe, ceux-ci augmentent par stagnation et diminution des rendements. Les rendements maxima observés ne sont que la moitié du rendement potentiel espéré. Lors de la troisième coupe, des signes de jaunissement sont observés sur les parcelles N160 sans P ni S des modalités de récupération avec fertilisation. Ces signes apparaissent lors de la quatrième coupe sur la modalité de fumure organique, et lors de la cinquième coupe sur la modalité témoin, particulièrement sur les parcelles recevant les niveaux les plus élevés de N.

L'application de S et de K permet d'obtenir des rendements proches du potentiel espéré, et des indices de satisfaction des besoins minéraux proches de l'optimum (tableau 3). Les parcelles où l'application de S fut plus tardive présentent des rendements plus faibles et une forte hétérogénéité de végétation, due vraisemblablement à des problèmes phytoparasitaires (présence de Fusarium).

## CONCLUSION

La définition de la fertilisation dépend du niveau de production à atteindre. Elle se module en fonction de la richesse initiale du terrain, et doit compenser les exportations de la culture. Le traitement 160 kg\*ha<sup>-1</sup> N par coupe a amplifié la manifestation de carences potentielles. Les réserves en P accumulées durant les cycles précédents, diminuées par les 70 à 120 kg exportés par les 7 coupes, sont encore suffisantes. Le niveau de K dans le sol, considéré comme satisfaisant au début, devient insuffisant à partir de la troisième coupe. Un sol volcanique n'est pas forcément un sol riche en S.

## REFERENCES

DURU M and THÉLIER-HUCHÉ L. 1997. N and P-K status of herbage : use for diagnosis of grasslands. In *Diagnostic procedures for crop N management*. Lemaire and Burns (Ed.). INRA, Paris : 155-161.

LEMAIRE G and GASTAL F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Lemaire (Ed.). Springer, Berlin : 3-43.

ZEBROWSKI C, QUANTIN P and TRUJILLO G (Eds.). 1997. Suelos volcánicos endurecidos. III Simposio Internacional (Quito, diciembre de 1996). ORSTOM, Quito, 514p.

Tableau 1 : Fertilité chimique par stratégie de fertilisation et bilan minéral des cycles précédents.

Table 1 : Soil fertility and input output mineral balance of the 5 previous crops, according to type of land fertilization.

Stratégie de fertilisation	pH	contenu minéral						bilan minéral apparent				
		N-NH4 mg *kg <sup>-1</sup>	P *kg <sup>-1</sup>	S	K cmol(+) *kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	N	P	K	S	
Témoin	7,3	29	3	2	0,65	12,8	5,0	apport	0	0	0	0
	7,0	20	2	2	0,7	12,8	5,2	export	-78	-8	-85	-4
	7,1	24	2	1	0,72	15,9	4,2	solde	-78	-8	-85	-4
fumure organique	7,4	22	29	4,5	1,17	14,5	5,8	apport	980	295	887	155
	7,5	30	73	10	1,9	14,2	5,4	export	-456	-81	-465	-25
	7,5	36	31	?	0,8	12,2	4,4	solde	524	214	422	130
minérale et résidus	6,6	31	25	?	0,4	11,5	3,8	apport	342	161	0	0
	6,3	30	29	2	0,57	13,2	5,2	export	-228	46	-211	-10
	6,8	27	25	?	0,36	11,0	4,2	solde	114	115	-211	-10
fertilisation minérale	6,9	27	33	3	0,75	15,0	4,0	apport	750	338	0	0
	7,0	33	26	?	0,38	11,6	4,2	export	-273	58	-296	-15
	7,6	34	29	2	0,59	19,4	4,2	solde	477	280	-296	-15

Tableau 2 : Biomasse aérienne récoltée (t\*ha<sup>-1</sup>) des 7 premières coupes, cas des traitements recevant 80 kg N \* ha<sup>-1</sup>. Les lettres indiquent les groupes constitués par la preuve de Newman-Keuls.

Table 2 : Forage yields of the first 7 cuttings, for the 80 kg N \*ha<sup>-1</sup> treatments. Letters show the groups according to Newman-Keuls test.

	Fertilisation témoin			autres fertilisations		
	P0	P50	P100	organique	minéral&rés	minéral
coupe1	0,56 C	1,66 B	1,54 B	2,69 A	2,73 A	1,58 B
coupe2	0,46 B	1,63 A	1,73 A	1,84 A	2,13 A	1,42 A
coupe3	0,82 D	2,58 BC	3,73 A	2,85 B	2,11 C	1,30 D
coupe4	0,48 D	1,16 BC	1,30 B	1,90 A	1,02 BC	0,78 CD
coupe5	0,77 C	2,42 B	2,26 B	3,02 AB	3,44 A	2,89 AB
coupe6	1,37 C	2,34 BC	2,63 ABC	4,08 A	3,42 AB	3,21 AB
coupe7	2,17	1,90	3,06	2,95	2,64	2,26
		répétitions ayant reçu S précocement			3,05 A	
		répétitions ayant reçu S tardivement			1,90 B	

Tableau 3 : Biomasse aérienne récoltée (RDT : t\*ha<sup>-1</sup>), teneur (g\*100g<sup>-1</sup>) en éléments nutritifs de la biomasse et indices de satisfaction des besoins minéraux de quelques traitements.

Table 3 : Forage yields, plant mineral contents and nutrient index of some treatments.

	RDT	N%	P%	K%	S%	INN	INP	INK	INS
coupe 3									
organique N160P	3,6	4,97	0,44	5,2	0,10	1,56	0,92	1,22	0,35
organique N160	3,2	5,01	0,37	4,1	0,09	1,51	0,78	0,96	0,31
minéral&rés N160P	2,8	4,50	0,38	3,1	0,09	1,30	0,86	0,79	0,34
minéral&rés N160	1,5	6,18	0,33	2,1	0,07	1,47	0,60	0,44	0,18
minéral N160P	3,0	5,49	0,45	3,2	0,08	1,62	0,89	0,72	0,24
minéral N160	1,3	6,26	0,33	2,7	0,08	1,42	0,59	0,56	0,21
coupe 7									
organique N120P	3,0	2,53	0,17	4,9	0,11	0,75	0,54	1,67	0,72
organique N120PS	5,0	2,42	0,38	4,9	0,17	0,84	1,24	1,71	1,17
minéral&rés N120P	2,9	4,07	0,40	3,7	0,09	1,19	0,96	0,99	0,37
minéral&rés N120PS	4,1	2,94	0,33	3,4	0,23	0,96	0,97	1,08	1,30
minéral N120P	1,6	5,20	0,47	3,0	0,08	1,26	0,96	0,69	0,26
minéral N120PS	6,1	3,20	0,46	4,0	0,20	1,19	1,28	1,22	1,04

N120PS : 120 kg N \*ha<sup>-1</sup> par coupe, apport P avant semis, apport S à la cinquième coupe.