

Carences minérales des prairies sur andosol à la Réunion

G. Mandret

A la Réunion, on soupçonne des carences minérales d'être à l'origine des baisses de performances de reproduction bovine enregistrées en saison des pluies. Sur les sols volcaniques de l'île, les fourrages consommés ne seraient-ils pas carencés ou subcarencés en macro-minéraux (Ca, P, Mg, K) ou oligo-minéraux (Cu, Zn, Mn) ?

RÉSUMÉ

Les résultats d'analyses minérales de 1 110 échantillons de graminées fourragères, combinés à diverses variables concernant l'âge de repousse, la fertilisation, le pédoclimat, le site et la saison ont été traités par analyse factorielle et classification hiérarchique. Trois classes de fourrages ont été identifiées : *Chloris gayana*, pour la production de foin en basse altitude, diverses espèces tropicales pour les prairies entre 300 et 1000 m d'altitude, et des graminées tempérées pour les prairies au dessus de 1000 m. La fréquence des échantillons en dessous des limites de carence était respectivement de 13,1%, 25,7%, 8,6%, 7,4%, 62,8%, 41,6% et 0,7% pour Ca, P, K, Mg, Cu, Zn et Mn, montrant l'importance des carences en P, Cu et Zn.

MOTS CLÉS

Andosol, *Brachiaria* spp., carence minérale, *Chloris gayana*, composition chimique, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, fourrage, *Lolium* spp., oligo-éléments, *Pennisetum* spp., Réunion, *Setaria anceps*, valeur alimentaire, zone tropicale.

KEY-WORDS

Andosol, *Brachiaria* spp., chemical composition, *Chloris gayana*, *Dactylis glomerata*, feeding value, *Festuca arundinacea*, forage, *Lolium* spp., micro-elements, mineral deficiency, *Pennisetum* spp., Réunion, *Setaria anceps*, tropical region.

AUTEUR

C.I.R.A.D. - E.M.V.T. (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Département d'Élevage et de Médecine Vétérinaire), Campus international de Baillarguet, BP 5035, F-34032 Montpellier cedex 1.

L'objectif de cette étude est de préciser les variations (voire les carences) des teneurs en macro et oligo-minéraux (Ca, P, Mg, K, Cu, Zn, Mn) des fourrages de l'île de la Réunion, en vue de guider une enquête de confirmation clinique des carences minérales chez les bovins. En effet, des subcarences minérales ont déjà été notées sur fourrages cultivés en sol volcanique (DEJOU J. et al., 1985 ; DURU M. et al., 1993 ; JUSTE C., 1990). Les andosols couvrant 80% de la surface de l'île de la Réunion, il convient de vérifier si certaines observations sur la reproduction des bovins laitiers et allaitants à la Réunion peuvent laisser présager de problèmes d'alimentation minérale.

Matériel et méthodes

■ Le milieu

Trois grands types de production fourragère peuvent être distingués :

- la production de **foin de graminée tropicale** pour les bovins laitiers et allaitants des "Hauts" (300 à 2 000 m) à partir de cultures irriguées de *Chloris gayana* dans les "Bas" ;

- des **prairies** pour bovins allaitants essentiellement, **à base de fourrages tropicaux** (*Setaria* et surtout *Pennisetum clandestinum* ou kikuyu), à une altitude variant de 300 à 1 000 m pour une pluviométrie dépassant en certains lieux les 3 000 mm/an ;

- des **prairies** destinées surtout aux troupeaux laitiers, **à base de variétés tempérées**, à une altitude supérieure à 1 000 m et où la pluviométrie est généralement comprise entre 1 000 et 1 500 mm/an, avec des températures minimales en hiver proches de 0°C.

■ Les données

Les analyses chimiques ont été effectuées par le laboratoire du CIRAD à Saint-Denis de la Réunion sur une période de 4 ans (1989 - 1992) et sur 2 704 échantillons récoltés. Sur ces derniers, 1 110 échantillons ont été sélectionnés pour l'analyse statistique en se basant sur la disponibilité des informations suivantes : nature du fourrage, lieu et pluviosité, type de sol, saison et mois de récolte, niveau de fertilisation, teneurs en minéraux suivants : P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn. Les minéraux ont été déterminés par absorption atomique ou moléculaire, selon des méthodes normalisées BIPEA.

Les espèces fourragères étudiées sont, pour les tropicales : *Chloris gayana*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum clandestinum* (kikuyu), *Pennisetum purpureum*, *Setaria anceps*, et pour les tempérées : *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Lolium hybridum*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*.

■ Les analyses statistiques

Les données ont été traitées au centre I.N.R.A. de Guadeloupe, dans le cadre d'une collaboration entre le C.I.R.A.D. et l'I.N.R.A., par **analyse factorielle et classification hiérarchique** des individus caractérisés par leurs coordonnées factorielles en utilisant le critère d'agrégation de Ward. Ce critère, basé sur la réduction minimale de variance par agrégation, est compatible avec le critère d'inertie utilisé pour la détermination des axes factoriels. L'arbre hiérarchique ainsi construit est un arbre préalable qui permet de connaître le nombre probable de classes dans la population et de faire le choix des partitions les plus pertinentes (SPAD.N, 1991).

Les variables actives dans ces analyses ont été les teneurs minérales exprimées en variables modales à trois classes définies par deux limites nutritionnelles (carence = lim1, subcarence = lim2, tableau 1). Les autres variables ont été incluses en tant qu'illustratives. La classification a été conduite par la technique des centres mobiles, suivie d'une procédure d'apurement afin d'optimiser le rapport inertie interclasse/inertie totale. Le nombre de classes de la partition a été fixé à trois après analyse de l'évolution du rapport d'inertie expliquée par les partitions successives. La signification de ces classes a été déterminée par la comparaison des profils moyens des modalités des variables actives et illustratives aux profils intra-classes. Puis la partition à trois classes a servi de facteur dans une **analyse de variance des variables minérales** (après transformation quadratique) avec la saison et l'espèce fourragère. Les logiciels SAS et SPAD.N ont été utilisés pour cette étude.

Résultats et discussion

Deux limites nutritionnelles ont été utilisées pour définir des carences primaires potentielles : selon UNDERWOOD (1981) et/ou l'I.N.R.A. (1980). **L'intervalle entre les deux limites correspond à la zone d'incertitude** soit des besoins pour des bovins à plus ou moins fort niveau de production, soit de la définition des carences d'apport alimentaire.

TABLEAU 1 : Limites nutritionnelles pour bovins et fréquences (%) de fourrages présentant des teneurs minérales (t) inférieures ou supérieures à ces limites à la Réunion.

TABLE 1 : *Nutritional limits for cattle and frequencies (%) of forages with mineral contents (t) below or above these limits in Réunion.*

Élément	Limite de carence 1 (lim 1)	Limite de carence 2 (lim 2)	F1% t < lim 1	F2% lim 1 < t < lim 2	F3% t > lim 2
Ca (g/kg MS)	2,5	5,0	13,2	67,8	19,0
P (g/kg MS)	2,0	4,0	25,8	68,5	5,7
Mg (g/kg MS)	1,5	3,0	5,6	42,2	52,2
K (g/kg MS)	8,0		6,8	93,2	
Cu (mg/kg MS)	7,0	10,0	62,5	27,8	9,7
Zn (mg/kg MS)	30,0	45,0	41,0	33,4	25,6
Mn (mg/kg MS)	20	40	1,1	32,2	66,7
Ca/P	0,9	2,0	39,1	40,3	20,6

■ Une carence des fourrages en Cu, Zn et P

Les fréquences des fourrages à teneurs inférieures à la limite 1 (carence prononcée) et à la limite 2 (subcarence, tableau 1) montrent **l'importance des carences primaires potentielles en cuivre, zinc et phosphore**, quels que soient les fourrages.

Bien que les teneurs en cet élément soient faibles, on observe **peu de carences prononcées en calcium dans les fourrages** de l'île. Quant au magnésium, il est toujours associé au calcium dans les amendements calcaires. Ceci explique que **les carences en magnésium soient rares sur fourrages**, alors qu'elles sont fréquentes dans les andosols. **Le rapport Ca/P est souvent déséquilibré** du fait de l'insuffisance des teneurs en phosphore.

Le potassium et le manganèse sont en quantité suffisante dans les fourrages de la Réunion et ne posent aucun problème.

■ Des différences de profils minéraux entre les 3 classes

La comparaison des profils intraclasse au profil moyen (tableau 2) montre que :

- **La classe 1 est constituée préférentiellement de fourrages tropicaux** (kikuyu, *Setaria*, *Brachiaria*...) d'altitude moyenne sur andosol. Ils correspondent plus particulièrement à des prairies pour bovins allaitants. Les profils minéraux des fourrages de cette classe se caractérisent par **des rapports Ca/P équilibrés malgré des teneurs en calcium et phosphore faibles, et des teneurs en cuivre et zinc à la limite de la carence**. Les teneurs en potassium sont élevées et s'expliquent plus par les pratiques de fertilisation que par la nature du sol.

- **La classe 2 représente essentiellement les fourrages des "Bas"** (*Chloris gayana*) sur vertisol et limons et non sur andosol. Les profils minéraux de ces fourrages font apparaître **un déficit en calcium mais pas en phosphore**, ce qui est lié en grande partie à la nature du sol. En revanche, **des carences prononcées sont observées en magnésium, cuivre et zinc**.

- **La classe 3 est plus particulièrement constituée de fourrages tempérés**, cultivés en altitude sur andosol et destinés le plus souvent à la production laitière. Les profils minéraux des fourrages de cette classe montrent des teneurs très faibles en phosphore, contrairement au calcium, et **un déséquilibre marqué du rapport Ca/P** dû très certainement aux pratiques de fertilisation qui minimisent l'apport de phosphore alors que le chaulage des prairies se fait régulièrement. Les fourrages de cette classe sont **presque toujours carencés en cuivre et en zinc**.

TABLEAU 2 : Modalités caractéristiques classées par ordre de différence aux profils moyens des classes de fourrages de l'île de la Réunion (1989-1992), constituées sur leur profil minéral.

TABLE 2 : *Characteristics features classified according to the magnitude of differences in comparison with mean values of the forage classes in Réunion (1989-1992) as constituted by their mineral contents.*

Variable	Modalité*	Classe/ Modalité	Modalité/ Classe	Global (%)	Poids	Chi ² **
Classe 1				60,64	490	
Ca/P	0,9<Ca/P<2,0	91,80	80,00	52,85	427	20,08
Lim P	0,2<P<0,4	80,33	88,37	66,71	539	16,38
Espèce	Kikuyu	98,98	19,80	12,13	98	9,57
Altitude	000-999 mm	88,11	33,27	22,00	105	0,17
Pluie	3 001-4 000 mm/an	87,98	32,86	22,65	183	9,06
Lim K	K>8,0	65,18	98,16	91,34	738	8,54
Sol	andosol	67,31	92,45	83,29	673	8,51
Zone	zone 4	87,97	28,37	19,55	158	8,26
Lim Ca	2,5<Ca<5,0	69,77	81,02	70,42	569	8,07
Lim Zn	30<Zn<45	79,70	43,27	32,92	266	7,90
Lim Cu	7<Cu<10	81,70	37,35	27,72	224	7,78
Espèce	Setaria	97,33	14,90	9,28	75	7,69
Classe 2				13,37	108	
Sol	vertisol	71,43	87,96	16,46	133	18,52
Altitude	0-299 m	71,43	87,96	16,46	133	18,52
Espèce	Chloris	71,43	87,96	16,46	133	18,52
Lieu	Dijoux	71,43	87,96	16,46	133	18,52
Pluie	750-1 000 mm/an	71,43	87,96	16,46	133	18,52
Climat	climat 17	71,43	87,96	16,46	133	18,52
Lim P	P≥4,0	100,00	56,48	7,55	61	16,61
Lim Mg	Mg≤1,5	91,67	50,93	7,43	60	14,61
Ca/P	Ca/P≤0,9	48,13	71,30	19,80	160	12,73
Lim Zn	Zn≤30	26,79	83,33	41,58	336	9,48
Zone	zone 17	69,70	21,30	4,08	33	7,51
Lim Cu	Cu≤7	19,53	91,67	62,75	507	7,20
Classe 3				25,99	210	
Ca/P	Ca/P≥2	92,31	97,14	27,35	221	27,05
Lim Ca	Ca≥5,0	94,03	60,00	16,58	134	18,80
Espèce	ray-grass	63,14	76,67	31,56	255	16,01
Lim P	P≤2,0	67,31	66,67	25,74	208	15,10
Altitude	1 300-1 600 m	40,39	89,05	57,30	463	11,40
Pluie	1 000-1 500 mm/an	38,32	89,05	60,40	488	10,42
Lim Zn	Zn≤30	42,26	67,62	51,48	336	8,80
Sol	andosol	30,76	98,57	83,00	673	7,06
Lim Cu	Cu<7	33,93	81,90	62,75	507	6,84
Lim K	K≤80	61,43	20,48	8,66	70	6,46
Saison	saison froide	33,51	61,43	47,65	385	4,58

* Ca, P, Mg, K exprimés en g/kg MS ; Cu, Zn, Mn exprimés en mg/kg MS

** Statistiques testant la différence des profils intra-classes aux profils moyens.

Les analyses factorielles permettent de redessiner une typologie de profils minéraux des fourrages étudiés. D'un côté on identifie deux classes de plantes en C4 qui se différencient par des gradients altitudinaux et des sols différents et de l'autre une classe de plantes en C3 qui se caractérise par une altitude élevée.

Toutefois, les analyses factorielles n'excluent pas la possibilité de la présence de toutes les espèces fourragères dans chaque classe. C'est pourquoi, les profils minéraux de ces classes et de chaque espèce four-

	Ca/P	Ca*	P*	Mg*	K*	Cu*	Zn*	Mn*
Classe 1	1,20	3,0	2,6	3,3	29,7	6,3	38,7	77,4
Classe 2	0,96	3,0	3,4	3,2	29,2	6,2	39,9	75,2
Classe 3	3,10	4,5	1,6	3,5	27,5	5,6	26,4	78,9
<i>Brachiaria sp.</i>	1,90	3,6	2,3	3,4	24,4	6,9	35,5	120,1
<i>Pennisetum clandestin.</i>	1,77	3,3	2,3	3,0	29,8	8,0	39,9	124,6
<i>Pennisetum purpureum</i>	2,27	4,3	2,5	4,2	26,5	6,1	38,4	39,4
<i>Setaria anceps</i>	1,57	3,0	2,4	1,8	50,3	9,0	48,6	111,5
<i>Chloris gayana</i>	1,65	3,5	2,8	1,7	20,7	3,4	14,6	55,4
<i>Dactylis glomerata</i>	1,73	4,1	2,8	3,9	26,4	6,7	39,2	52,6
<i>Festuca arundinacea</i>	1,54	4,0	3,1	6,7	23,8	5,4	31,1	34,0
<i>Lolium sp.</i>	1,60	2,5	2,0	3,2	25,9	5,3	35,8	60,6

* Ca, P, Mg, K exprimés en g/kg MS ; Cu, Zn, Mn exprimés en mg/kg MS

TABLEAU 3 : Profils minéraux des fourrages de l'île de la Réunion (1989-1992).

TABLE 3 : Mineral contents of the forages sampled in Réunion island (1989-1992).

ragère sont décrits dans le tableau 3 après ajustement à la saison et respectivement à la classe et à l'espèce fourragère. On peut ainsi effectuer des comparaisons des teneurs en éléments minéraux en éliminant l'influence des facteurs de variation tels que la saison...

■ Les profils minéraux des espèces fourragères

En ce qui concerne **les fourrages tempérés**, le statut minéral de la fétuque est toujours différent de celui du ray-grass ou du dactyle ($P < 0,001$). La fétuque semble mieux assimiler le phosphore et le magnésium au contraire du zinc et du manganèse. Le ray-grass montre quelques déficiences pour l'assimilation du calcium et du phosphore par rapport au dactyle et à la fétuque.

Parmi **les graminées tropicales**, *Setaria anceps* et *Chloris gayana* valorisent peu le magnésium contrairement aux autres "tropicales" étudiées. Quels que soient les fourrages, tropicaux ou tempérés, les teneurs en cuivre sont toujours très inférieures au seuil de carence sauf pour *Setaria anceps* et *Pennisetum clandestinum* (kikuyu) qui semblent avoir la faculté de mieux l'assimiler. Au niveau du zinc, seul *Chloris gayana* fait preuve d'une capacité d'absorption très faible. Bien que cela n'apparaisse pas dans le tableau 3, l'étude des teneurs en minéraux du *Pennisetum purpureum* (canne fourragère) montre une composition minérale très variable qui traduit une dispersion de son aire d'exploitation entre 0 et 900 m d'altitude. On y trouve cependant une constante : des valeurs très faibles en phosphore et en cuivre. Une autre constante se dégage de ce tableau : des teneurs toujours très élevées en potassium et manganèse pour tous les fourrages étudiés.

Conclusion

D'une manière générale, **ces résultats soulignent l'importance du rapport phosphocalcique** (qui peut être équilibré malgré des teneurs faibles ou déséquilibré par carence de phosphore) **et des teneurs en cuivre et zinc inférieures au seuil de carence**, quelle que

soit la saison. Si les carences en zinc et magnésium semblent accentuées par un effet de la saison (début de saison chaude) et par le type de sol (vertisol, limons), celles en cuivre le sont par un déséquilibre des apports en éléments fertilisants et par des teneurs toujours très élevées en fer des fourrages dans les sols d'origine volcanique à la Réunion.

La baisse des teneurs en phosphore est accentuée sur les prairies tempérées des "hauts" par un effet "saison froide". L'effet des températures est certainement un facteur explicatif mais, nous l'avons dit, les pratiques de fertilisation avec chaulage et engrais ternaire NPK du type 15-12-24 ou 14-7-36 ne font qu'accentuer ce phénomène qui se traduit par un rapport phosphocalcique en constant déséquilibre. Ce phénomène est aggravé par le piégeage du phosphore dans les andosols.

Bien que **les fourrages consommés soient susceptibles d'induire des carences minérales chez l'animal, il est peu probable qu'elles soient fréquentes en élevage laitier** car la pratique de la complémentation minérale y est largement répandue (BRUNSCHWIG P. et al., 1989). Mais ceci n'exclut pas des déséquilibres.

A l'inverse, **la complémentation minérale est moins souvent utilisée en élevage allaitant, ce qui laisse supposer de possibles problèmes de nutrition minérale**, en particulier pour le calcium, le phosphore, le cuivre et le zinc. Sans vouloir en tirer des conclusions, il faut quand même noter l'importance de ces éléments minéraux pour les performances de reproduction des animaux. Par ailleurs, GILIBERT (1983) fait état de carences très fortes en sodium sur kikuyu et de teneurs variables (très faibles à faibles) sur ray-grass. Le lessivage du sodium et du chlore est effectivement accentué par la fertilisation azotée (MANDRET, 1993). Par comparaison avec les analyses effectuées il y a 10 ans, les pratiques de fertilisation n'ont rien changé au déséquilibre minéral des fourrages de la Réunion.

Accepté pour publication, le 13 avril 1996.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRUNSCHWIG P., DELABURTHE B., RIGAUD S. (1989) : *Les pratiques de la complémentation minérale en troupeaux de vaches laitières et allaitantes à la Réunion*, CR n° 89061, ITEB Ed. CIRAD Elevage Réunion.
- DEJOU J., DE MONTARD F.X., LAMAND M., BELLANGER J. (1985) : "Effet de l'application de cuivre et de zinc en sol volcanique sur les teneurs du sol et d'un ray-grass anglais en ces deux oligo-éléments", *Agronomie*, 5 (9), 841-850.
- DURU M., COLOMB B., CRANSAC Y., FARDEAU J.C., JULIEN J.L., ROZIERE M. (1993) : "Pédoclimat, fertilisation et croissance des prairies permanentes au printemps. I - Variabilité de la nutrition minérale", *Fourrages*, 133, 23-41.
- GILIBERT J. (1983) : *Table de valeurs alimentaires de certains aliments pour ruminants à la Réunion*, EDE Réunion.
- INRA (1980) : *Alimentation des ruminants*, INRA, Jarrige R. éd., 2nd édition, Paris.

- JUSTE C. (1990) : "Éléments pour l'établissement d'un bilan des oligo-éléments du sol", *C.R. Agric. Fr.*, 76, n°2, 135-146.
- MANDRET G., PELOT J., BLANFORT V., PAILLAT J.M. (1993) : *Rapport d'activités 1992*, CIRAD Elevage Réunion.
- SPAD.N (1991) : *SPAD.N intégré version P.C. Manuel d'utilisation*, Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées, Saint Mandé.
- UNDERWOOD C.B.E. (1981) : *The mineral nutrition of livestock*, Commonwealth Agricultural Bureaux ed., 2nd edition, Farnham (UK).

SUMMARY

Mineral deficiencies in pastures on andosol soils in Réunion Island

In Réunion Island, it was suspected that cattle suffered from mineral deficiencies, after diminished fertility had been observed on animals in the rainy season. The soils of the island are volcanic, and the consumed forage might be deficient or sub-deficient in macro-elements (Ca, P, Mg, K) or in micro-elements (Cu, Zn, Mn). The chemical composition of herbage, as regards macro-elements and micro-elements, was studied in 1 110 clipped samples of forage grasses from Reunion island (Indian Ocean) between 1989 and 1992. Herbage mineral contents were examined by a factorial analysis and a hierarchical classification in relation with soil, fertilization, age of regrowth, altitude, climate, location and season with the help of INRA Guadeloupe. Three classes of grasses were identified : *Chloris gayana* (for hay production at low altitude), *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum clandestinum*, *Pennisetum purpureum*, *Setaria anceps* (for tropical pastures at an altitude ranging from 300 to 1 000 m), and *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Lolium hybridum*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne* (for temperate pastures above 1 000 m). The frequencies of clipped samples below the limit defining a strong mineral deficiency were 13.1%, 25.7%, 8.6%, 7.4%, 62.8%, 41.6% et 0.7% respectively for Ca, P, K, Mg, Cu, Zn and Mn indicating strong deficiencies for copper, zinc and phosphorus.