

COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES NATURELS

Les résultats d'analyses minérales présentés ci-dessous ont été obtenus à partir d'échantillons prélevés pour la plupart lors de missions agrostologiques (Boudet, 1969 ; Peyre de Fabrègues, 1963, 1965, 1967, 1970, 1971 ; Rippstein et Peyre de Fabrègues, 1972). Les époques de prélèvement se situent entre septembre et mars dans 95 p. 100 des cas.

Ces échantillons ont été collectés sur des pâturages naturels situés au sud du 16^e parallèle Nord. La majorité d'entre eux provient de la zone pastorale sur sol steppique.

Les prélèvements analysés comportent :

— 180 unités monospécifiques de graminées réparties comme suit :

- 74 échantillons d'*Aristida*, dont :
 - 42 d'*A. mutabilis*
 - 21 d'*A. funiculata*
 - 4 d'*A. adscensionis*
 - 2 d'*A. pallida*
 - 2 d'*A. stipoides*
 - 1 d'*A. longiflora*
 - 2 d'*Aristida* sp.
- 30 échantillons de *Cenchrus biflorus*
- 29 échantillons de *Schoenefeldia gracilis*
- 15 échantillons de *Brachiaria*, dont :
 - 9 de *B. hagerupii*
 - 3 de *B. lata*
 - 3 de *B.* sp.
- 17 échantillons de *Panicum*, dont :
 - 15 échantillons de *P. turgidum*
 - 1 de *P. anabaptistum*
 - 1 de *P. laetum*
- 3 échantillons d'*Andropogon gayanus*
- 3 échantillons d'*Echinochloa stagnina*
- 3 échantillons d'*Eragrostis tremula*
- 3 échantillons de *Pennisetum pedicellatum*
- 1 échantillon de *Diheteropogon hagerupii*
- 2 échantillons de *Tragus racemosus*

— 48 mélanges d'espèces herbacées dont : *Alysicarpus ovalifolius*, *Blepharis linariifolia*, *Chrozophora broccchiana*, *Cyperus conglomeratus*, *Cyperus rotundus* etc.

— 7 ligneux : 2 échantillons d'*Acacia seyal* et un des espèces suivantes : *A. raddiana*, *Combretum glutinosum*, *Salvadora persica*, *Cassia obtusifolia*, *Maerua crassifolia*.

Seuls les résultats des analyses minérales des graminées ont été reportés sur les cartes, soit 228 échantillons. Pour faciliter leur lecture, ils ont été présentés selon des critères prenant en compte les teneurs en minéraux se trouvant à la limite des carences (2, 11).

Les normes suivantes ont été adoptées pour les limites de carence chez les ruminants à l'entretien.

Calcium	: 2 g/kg MS *	Zinc	: 45 mg/kg MS
Phosphore	: 2 g/kg MS	Manganèse	: 45 mg/kg MS
Magnésium	: 0,7 g/kg MS	Fer	: 35 mg/kg MS
Potassium	: 3,2 g/kg MS	Cobalt	: 0,07 mg/kg MS
Cuivre	: 7 mg/kg MS **		

* MS : matière sèche ; ** sub-carence entre 5 et 7 mg.

En ce qui concerne les différentes productions et les recommandations, les normes relatives aux macro-éléments figurant ci-après peuvent être retenues pour les bovins et les ovins (en g/kg MS).

	Calcium	Phosphore	Magnésium	Potassium
Début de croissance	2,4 – 6	2,2 – 4,3	0,9	3,3
Fin de croissance	2,3 – 5	2,2 – 2,8	0,9	
Gestation	3,3 – 5,0	2,7 – 4,2		
Lactation	3,3 – 4,6	2,6 – 3,4	1,1	3,7
Agneaux en croissance	2,6 – 5	1,6 – 2,7	0,7	4,0
Gestation	3,5	2,5		
Lactation	2,5 – 6	2 – 3	0,7	

Pour les oligo-éléments, les recommandations sont :

Cuivre	: 5-10 mg/kg MS
Zinc	: 50 mg/kg MS
Manganèse	: 50 mg/kg MS
Fer	: 10-15 mg/kg MS
Cobalt	: 0,07-1 mg/kg MS

Principaux constituants des graminées

Les résultats sont exprimés en grammes par kg de matière sèche (g/kg MS), à l'exception des teneurs en matière sèche exprimées en pourcentage.

Ils sont présentés dans les tableaux I et II en fonction de la nature des sols (9) car, du fait du mode d'élevage à caractère extensif, l'interdépendance du sol, du végétal et de l'animal est encore plus étroite qu'en pays tempéré. Un déséquilibre du sol en éléments minéraux retentit fatalement sur l'animal par l'intermédiaire de l'aliment herbacé. Ces résultats tiennent également compte du fait que la teneur en matière sèche de la plante collectée est, dans une certaine mesure, en relation avec son stade de développement.

Teneur en matières minérales totales (= cendres totales)

Les teneurs moyennes en cendres sont peu variables pour un type de sol : 81,8 g (s = 27,7) sur sol steppique, 96,6 g (s = 42,6) sur sol hydromorphe. Les teneurs les plus élevées sont rencontrées chez les plantes à faible teneur en matière sèche, ce qui correspond à des plantes jeunes.

Tableau I Composition en cendres totales et silice des graminées, en fonction de la teneur en matière sèche et du sol considéré (g/kg MS).

MS (%)	Sol	n	Cendres		Silice		Cendres - silice	
			\bar{x}	CV %	\bar{x}	CV %	\bar{x}	CV %
20-40	St	30	96,2 ± 9,4	26,7	43,1 ± 4,9	31,3	47,8 ± 5,8	33,3
	H	6	124,6 ± 52,2	39,9	51,1 ± 20,0	37,4	73,5 ± 51,9	67,2
40-60	St	29	72,2 ± 7,8	28,5	40,8 ± 6,1	39,5	31,4 ± 5,5	45,9
	H	5	69,3 ± 22,5	26,1	47,1 ± 18,6	31,8	22,2 ± 13,8	50,0
60-80	St	11	27,1 ± 18,2	34,7	50,8 ± 15,4	45,1	27,3 ± 8,7	47,6
> 80	St	135	80,9 ± 4,9	35,2	53,8 ± 3,7	39,8	27,4 ± 2,9	60,9
	H	12	94,1 ± 25,5	42,6	54,3 ± 15,8	45,7	39,8 ± 19,8	78,4

n : effectif ; St : sol steppique ; H : sol hydromorphe ; \bar{x} : moyenne, avec intervalle de confiance à 5 % ; CV : coefficient de variation.

Teneur en silice

Les résultats montrent une teneur moyenne voisine de 50 g, quels que soient le pourcentage de matière sèche et le type de sol. Le coefficient de variation le plus élevé est de 45,7 p. 100.

Selon l'espèce, le taux de silice des graminées varie pour un stade végétatif donné pour un même sol. Toutefois, plus la teneur en matières minérales totales est élevée, plus le taux de silice retrouvé dans l'échantillon est important.

La teneur en cendres totales diminuée du taux de silice donne des valeurs comprises entre 2,75 et 4,75 p. 100 pour les graminées des sols steppiques.

Teneur en matières azotées totales (M.A.T.)

Les quantités de M.A.T. sont les plus élevées lorsque les graminées sont jeunes, soit 69,1 g pour une teneur en matière sèche comprise entre 20 et 40 p. 100 sur sol steppique. Par comparaison, les autres herbacées comprenant en grande partie des légumineuses ont une teneur en MAT de 124,9 g lorsqu'elles sont dans la même classe de matière sèche, ce qui correspond à des plantes collectées entre les mois d'août et octobre.

Lorsque les graminées augmentent leur teneur en matière sèche, les M.A.T. sont comprises entre 42,3 et 29,5 g. Le tapis graminéen de saison sèche comprend en moyenne 30 g de M.A.T. par kg de matière sèche.

Les graminées provenant de sol hydromorphe sont en nombre limité. Leur teneur plus élevée chez les plantes jeunes tient à deux échantillons de bourgou.

Teneur en cellulose brute

Elle augmente avec l'âge de la plante, surtout en début de croissance. Cependant, sur l'ensemble des données, elle est peu variable, les valeurs moyennes se situant entre 366,2 et 402,9 g. Les coefficients de variation sont toujours faibles comparés aux autres constituants.

Tableau II Composition en cellulose brute et matières azotées totales des graminées, en fonction de la teneur en matière sèche et du sol considéré (g/kg MS).

MS (%)	Sol	n	M.A.T.		C.B.	
			\bar{x}	CV %	\bar{x}	CV %
20-40	St	30	69,1 ± 10,9	43,3	366,2 ± 14,0	10,5
	H	6	99,9 ± 84,7	80,8	365,2 ± 76,0	19,8
40-60	St	29	42,3 ± 4,4	27,2	382,5 ± 14,4	9,9
	H	5	44,4 ± 29,3	53,2	377,2 ± 40,8	8,7
60-80	St	11	32,7 ± 10,0	45,6	399,2 ± 24,2	9,0
> 80	St	135	29,5 ± 2,6	51,5	402,9 ± 5,3	7,6
	H	12	33,2 ± 14,6	69,3	386,9 ± 30,7	12,5

n : effectif ; *St* : sol steppique ; *H* : sol hydromorphe ; \bar{x} : moyenne, avec intervalle de confiance à 5 % ; *CV* : coefficient de variation.

Composition en macro-éléments et en oligo-éléments des graminées

Les résultats figurent dans les tableaux III et IV en fonction des types de sols et selon les limites de carences données ci-dessous.

Macro-éléments

Les valeurs extrêmes trouvées pour les graminées au Niger sont les suivantes (en g/kg MS) :

	Minimum	Maximum
Ca	1,1 (<i>Aristida longiflora</i> 70 p. 100 MS)	19,5 (mél. <i>Aristida mutabilis</i> , <i>Schoenefeldia gracilis</i>)
P	0,17 (<i>Aristida stipoides</i>)	5,2 (<i>Panicum turgidum</i> 51 p. 100 MS)
Mg	0,28 (mél. <i>Schoenefeldia gracilis</i> + <i>Aristida funiculata</i>)	6,6 (<i>Brachiaria lata</i>)
K	0,9 (mél. <i>Schoenefeldia gracilis</i> + <i>Aristida funiculata</i>)	76,6 (mél. <i>Brachiaria deflexa</i> + <i>Setaria verticillata</i>)

Tableau III Teneur des graminées en macro-éléments, selon le sol (g/kg MS).

Élément minéral	Sol	Échantillons carencés			Échantillons non carencés			Ensemble		
		n	\bar{x}	CV %	n	\bar{x}	CV %	n	\bar{x}	CV %
Ca	St	27	1,66 ± 0,10	15,7	178	3,93 ± 0,31	51,9	205	3,63 ± 0,29	56,7
	H	7	1,73 ± 0,17	10,4	16	4,41 ± 1,60	68,2	23	3,60 ± 1,20	77,2
	Σ	34	1,68 ± 0,09	14,9	194	3,97 ± 0,31	53,7	228	3,63 ± 0,28	58,7
P	St	191	0,91 ± 0,06	46,2	14	2,86 ± 0,59	36,0	205	1,04 ± 0,10	66,3
	H	19	0,84 ± 0,19	46,4	4	3,13 ± 1,29	25,9	23	1,23 ± 0,43	81,3
	Σ	210	0,90 ± 0,06	46,7	18	2,92 ± 0,48	33,2	228	1,06 ± 0,10	68,9
Mg	St	4	0,60 ± 0,18	18,3	107	2,15 ± 0,23	55,3	111	2,09 ± 0,23	57,4
	H				13	2,84 ± 1,02	59,5	13	2,84 ± 1,02	59,5
	Σ	4	0,60 ± 0,18	18,3	120	2,22 ± 0,23	56,8	124	2,17 ± 0,23	58,5
K	St	12	2,71 ± 0,24	14,0	134	12,46 ± 1,65	76,8	146	11,65 ± 1,58	82,0
	H				13	18,27 ± 7,55	68,4	13	18,27 ± 7,55	68,4
	Σ	12	2,71 ± 0,24	14,0	147	12,97 ± 1,64	76,7	159	12,20 ± 1,58	81,6

Oligo-éléments

Pour les oligo-éléments, les valeurs extrêmes sont (en ppm) :

	Minimum	Maximum
Cu	0,4 (<i>Panicum turgidum</i>)	12,7 (<i>Echinochloa colonum</i>)
Zn	3,9 (<i>Aristida funiculata</i>)	31,7 (<i>Cenchrus biflorus</i>)
Mn	28 (<i>Panicum turgidum</i>)	333 (<i>Schoenefeldia gracilis</i>)
Fe	99,5 (<i>Panicum turgidum</i>)	1 757 (<i>Cenchrus biflorus</i>)
Co	0,11 (<i>Panicum turgidum</i>)	2,6 (<i>Echinochloa stagnina</i>)

Les coefficients de variation de ces analyses montrent une grande variabilité des teneurs pour l'ensemble des minéraux.

Tableau IV Teneur des graminées en oligo-éléments, selon le sol (ppm/MS).

Élément minéral	Sol	Échantillons carencés			Échantillons non carencés			Ensemble		
		n	\bar{x}	CV %	n	\bar{x}	CV %	n	\bar{x}	CV %
Cu	St	94	3,22 ± 0,30	45,0	4	8,00 ± 2,07	16,3	98	3,42 ± 0,35	50,6
	H	9	3,46 ± 0,90	33,8	3	8,00 ± 2,21	11,1	12	4,60 ± 1,47	50,2
	Σ	103	3,24 ± 0,28	44,1	7	8,00 ± 0,98	13,3	110	3,55 ± 0,35	51,3
Zn	St	83	20,40 ± 1,62	36,3				83	20,40 ± 1,62	36,3
	H	9	25,21 ± 7,03	36,3				9	25,21 ± 7,03	36,3
	Σ	92	20,87 ± 1,60	36,8				92	20,87 ± 1,60	36,8
Mr	St	13	36,90 ± 3,26	14,6	85	95,10 ± 10,5	51,0	98	87,40 ± 10,0	56,5
	H				12	124,2 ± 65,32	82,8	12	124,2 ± 65,32	82,8
	Σ	13			97	98,7 ± 11,8	58,8	110	91,4 ± 11,10	63,5
Fe	St				98	550 ± 77	68,9	98	550 ± 77	68,9
	H				12	541 ± 266	77,4	12	541 ± 266	77,4
	Σ				110	549 ± 73	69,6	110	549 ± 73	69,6
Co	St				82	0,44 ± 0,07	68,2	82	0,44 ± 0,07	68,2
	H				10	0,71 ± 0,51	100,0	10	0,71 ± 0,51	100,0
	Σ				92	0,47 ± 0,08	78,7	92	0,47 ± 0,08	78,7

Autres minéraux (*)

Élément	Sol	n	\bar{x}	CV %
Sodium	St	46	120,44 ± 81,8	230
	H	1	1756	
	Σ	47	155,3 ± 106	235
Aluminium	St	63	403 ± 99	97,0
	H	11	376,1 ± 203	80,3
	Σ	74	399 ± 88	94,7

(*) résultats ne prenant pas en compte les seuils de carence.

Principales conclusions sur les teneurs en minéraux des graminées

Les résultats présentés montrent, pour l'ensemble des données, des teneurs moyennes satisfaisantes pour le calcium, le magnésium, et le potassium.

En revanche, la majorité des plantes analysées ont des quantités de phosphore, de cuivre et de zinc insuffisantes pour satisfaire les besoins des animaux. La carence en zinc est systématique. Celles en phosphore et en cuivre sont présentes dans 90 p. 100 des cas et les apports pour ces trois minéraux correspondent généralement à la moitié des recommandations. Ces carences seront d'autant plus accusées que la saison sèche avancera, car les organes des plantes les plus riches en minéraux, les graines et les feuilles finissent par se détacher.

Cette composition minérale des fourrages dépend de quatre facteurs de base interdépendants :

- le type de sol sur lequel les plantes poussent ;
- les conditions climatiques et saisonnières durant la croissance ;
- le stade de développement des plantes ;
- le genre, l'espèce ou la variété.

L'analyse en fonction des sols ne permet pas de mettre en évidence des différences entre les deux types considérés, à l'exception du potassium ; les graminées sur sol hydromorphe sont plus riches en cet élément que celles collectées sur sol steppique. Le faible nombre d'échantillons provenant des sols hydromorphes ne permet pas d'approfondir cette différence.

Plus les plantes sont jeunes, plus elles contiennent de minéraux. Cependant, l'analyse en fonction du stade de maturité de la plante reste difficile à préciser du fait du prélèvement des plantes au stade grenaison dans la majorité des cas.

Parmi ces facteurs de variations des teneurs minérales, le genre et l'espèce sont les facteurs les plus importants.

À titre d'exemple, la teneur moyenne en cendres de *Cenchrus biflorus* ($109,8 \pm 10,3$ g/kg MS) est significativement supérieure à celle des autres graminées : *Aristida funiculata* ($83,0 \pm 9,05$ g), *Schoenefeldia gracilis* ($77,0 \pm 5,45$ g), *Panicum turgidum* ($71,95 \pm 8,9$ g), *Aristida mutabilis* ($63,95 \pm 6,95$). En revanche, les teneurs moyennes en calcium et en phosphore de *Panicum turgidum*, respectivement $5,3 \pm 0,85$ et $2,2 \pm 0,65$ g/kg MS sont significativement plus élevées que celles des autres graminées comprises entre 2,85 et 3,45 pour le calcium et 0,69 et 1,11 g pour le phosphore.

Composition minérale des autres herbacées

Les moyennes pour chaque espèce analysée figurent dans le tableau V.

Ces résultats montrent une teneur en calcium beaucoup plus élevée que chez les graminées. C'est une constatation habituelle pour les légumineuses.

Pour les autres familles, il est possible de constater que certaines plantes sont toujours vertes, telles les *Cyperus* vivaces, et que d'autres n'existent qu'en saison des pluies, ne subsistant pas à l'état de paille en saison sèche, telles *Commelina forskalaei*.

Les teneurs en phosphore et en cuivre de ces herbacées sont en moyenne supérieures à celles rencontrées chez les graminées.

Tableau V Teneur en minéraux des espèces herbacées naturelles autres que les graminées.

	n	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)	Mg (g/kg MS)	K (g/kg MS)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Co (ppm)
Cypéracées <i>Cyperus conglomeratus</i> (21) <i>Cyperus rotundus</i> (2)	23 17 oligo	7,7 ± 1,1	1,48 ± 0,43	2,4 ± 1,1	17,3 ± 3,1	3,4 ± 1,7	13,5 ± 6,1	60,4 ± 7,6	519,4 ± 108,7	0,31 ± 0,19
Papilionacées <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (6) <i>Crotalaria podocarpa</i> (1)	7	10,9 ± 1,9	2,18 ± 0,41	3,3 ± 0,4	24,4 ± 6,4	8,7 ± 2,3	27,5 ± 9,3	59 ± 10,4	506,2 ± 207,9	0,56 ± 0,45
Acanthacées <i>Blepharis linariifolia</i>	11 8 oligo	13,4 ± 4,8	1,67 ± 1,18	4,0 ± 1,0	14,4 ± 3,1	7,5 ± 3,2	31,5 ± 8,6	76,1 ± 37,5	1976,6 ± 999,3	
Commelinacées <i>Commelina forskalaei</i>	2	9,0	2,13	3,2	35,1					
Zygophyllacées <i>Tribulus terrestris</i>	2 1 oligo	20,0	2,92	5,3	32,5	12,0	30,5	39,5	697	
Euphorbiacées <i>Chrozophora brocchiana</i>	2 1 oligo	13,3	1,08	2,6	9,2	5,5	26	163	674	0,63
Cucurbitacées <i>Citrullus colocynthis</i>	1	29,0	2,39	9,3	26,0					
Crucifères <i>Schouwia schimperi</i>	1	9,7	3,72	5,6	71,1					

Composition minérale des ligneux

Les résultats d'analyse de quatre feuilles et trois fruits sont donnés dans le tableau VI.

La teneur moyenne des feuilles en calcium est très élevée.

Le faible nombre d'échantillons ne permet pas une analyse détaillée de ces résultats.

Tableau VI Teneur en minéraux des organes des ligneux.

	n	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)	Mg (g/kg MS)	K (g/kg MS)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Co (ppm)
Feuilles <i>Salvadora persica</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> , <i>Combretum glutinosum</i> , <i>Maerua crassifolia</i>	4	37,0 ± 53,0	2,36 ± 4,13	5,3	17,8 ± 18,6					
Fruits <i>Acacia seyal</i> (2) <i>Acacia raddiana</i> (1)	3 2 oligo	9,7 ± 10,2	2,61 ± 3,15			6,3	25,9	21,5	294	0,21

Les carences

Les résultats des analyses figurant ci-dessus correspondent à un ensemble de prélèvements réalisés en fin de saison des pluies et dans les premiers mois de saison sèche. Ils ne représentent l'ingéré minéral que durant cette période, les plantes des pâturages naturels se modifiant tout au long de la saison sèche, bien souvent en s'appauvrissant en minéraux.

Ces données montrent, cependant, que les graminées ont des teneurs très insuffisantes en phosphore, cuivre et zinc. Les valeurs en calcium sont, dans certains cas, à la limite de carence, les autres herbacées pouvant réduire celle-ci par des teneurs relativement importantes en cet élément.

Le nombre d'échantillons récoltés est insuffisant pour pouvoir définir les zones de carences précises dans des régions déterminées.

Néanmoins, les trois carences principales observées montrent qu'une pathologie d'origine nutritionnelle peut souvent s'établir. Elle se manifeste, dans de nombreux cas, par des diminutions de production dont l'origine est difficile à établir. Un programme de complémentation systématique se révèle donc indispensable pour réduire les effets de l'insuffisance d'apport en phosphore, cuivre et zinc dans le but d'améliorer la productivité des troupeaux.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Boudet G.** – Étude des pâturages naturels du Dallol-Maouri. Maisons-Alfort, IEMVT, 1969. 308 p.
2. **Gueguen L., Lamand M.** – Les minéraux. Éléments minéraux majeurs. *In* : Alimentation des ruminants. Versailles, INRA, 1978. Pp. 129-142.
3. **Maignien R.** – Manuel de prospection pédologique. Paris, ORSTOM, 1969. 132 p.
4. **Peyre de Fabrègues B.** – Étude des pâturages naturels sahéliens. Ranch de Nord-Sanam. Maisons-Alfort, IEMVT, 1963. 132 p.
5. **Peyre de Fabrègues B.** – Étude des pâturages naturels sahéliens de la région de Nord-Gouré. Maisons-Alfort, IEMVT, 1965. 163 p.
6. **Peyre de Fabrègues B.** – Étude agrostologique des pâturages de la zone nomade de Zinder. Maisons-Alfort, IEMVT, 1967. 188 p.
7. **Peyre de Fabrègues B.** – Pâturages naturels sahéliens du Sud Tamesna. Maisons-Alfort, IEMVT, 1970. 200 p.
8. **Peyre de Fabrègues B.** – Pâturages naturels sahéliens du Sud Tamesna. Maisons-Alfort, IEMVT, 1971. 135 p.
9. **Pias J.** – Les sols du moyen et bas Logone, du bas Chari, des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr et Ghazal. Commission scientifique du Logone et du Tchad. Paris, ORSTOM, 1962. 438 p. (Mémoire ORSTOM : 2).
10. **Rippstein G., Peyre de Fabrègues B.** – Modernisation de la zone pastorale du Niger. Maisons-Alfort, IEMVT, 1972. 311 p.
11. **Underwood E.J.** – The mineral nutrition of livestock. 2nd ed. Farnham Royal, C.A.B., 1981. 180 p.