

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES
AGRICOLES (I.S.R.A.)

2V8000904 OK

LABORATOIRE NATIONAL DE L'ELEVAGE
ET DE RECHERCHES VETERINAIRES

904

DAKAR-HANN

memoire de Confirmation

CARENCES EN MINERAUX : EXPLOITATION DES RESULTATS ACQUIS
POUR L'EBAUCHE D'UNE CARTOGRAPHIE DES CARENCES MINERALES
AU SENEGAL

Présenté par

MME NDÉYE MAÏMOUNA NDIAYE EPOUSE CÏSSE

DOCTEUR VETERINAIRE

Réf n° 75/AL.-NUT.

JUIN 1985

A MES CHERS ENFANTS

A tous mes collègues chercheurs et techniciens du service d'Alimentation-Nutrition, je tiens à exprimer mes remerciements sincères pour leur contribution effective à l'élaboration de ce travail.

A Mesdemoiselles Coumba SOW, Marie Louise Noëlle MOLENTHIEL, Monsieur Hermann MAUDOU, soyez assurés de toute ma satisfaction pour la dactylographie et le tirage de ce document,

MERCI.

S O M M A I R E

INTRODUCTION

I - IMPORTANCE DES MINERAUX

A. Fonctions des minéraux	2
B. Métabolisme minéral	4
C. Besoins et normes	10
D. Symptômes de carence	13

II - MOYENS D'APPRECIATION DES RISQUES DE CARENCES MINERALES AU SENEGAL

A. Analyses des aliments	17
B. Analyses des sérums	35
C. Analyses des eaux	38
D. Données pédologiques	40

III - DISCUSSIONS ET CONSEQUENCES PRATIQUES

A. Résultats de l'analyse	44
B. Prophylaxie	69

CONCLUSION GENERALE

122
120
122
124
126
128
130
132
134
136
138
140
142
144
146
148
150
152
154
156
158
160
162
164
166
168
170
172
174
176
178
180
182
184
186
188
190
192
194
196
198
200
202
204
206
208
210
212
214
216
218
220
222
224
226
228
230
232
234
236
238
240
242
244
246
248
250
252
254
256
258
260
262
264
266
268
270
272
274
276
278
280
282
284
286
288
290
292
294
296
298
300
302
304
306
308
310
312
314
316
318
320
322
324
326
328
330
332
334
336
338
340
342
344
346
348
350
352
354
356
358
360
362
364
366
368
370
372
374
376
378
380
382
384
386
388
390
392
394
396
398
400
402
404
406
408
410
412
414
416
418
420
422
424
426
428
430
432
434
436
438
440
442
444
446
448
450
452
454
456
458
460
462
464
466
468
470
472
474
476
478
480
482
484
486
488
490
492
494
496
498
500
502
504
506
508
510
512
514
516
518
520
522
524
526
528
530
532
534
536
538
540
542
544
546
548
550
552
554
556
558
560
562
564
566
568
570
572
574
576
578
580
582
584
586
588
590
592
594
596
598
600
602
604
606
608
610
612
614
616
618
620
622
624
626
628
630
632
634
636
638
640
642
644
646
648
650
652
654
656
658
660
662
664
666
668
670
672
674
676
678
680
682
684
686
688
690
692
694
696
698
700
702
704
706
708
710
712
714
716
718
720
722
724
726
728
730
732
734
736
738
740
742
744
746
748
750
752
754
756
758
760
762
764
766
768
770
772
774
776
778
780
782
784
786
788
790
792
794
796
798
800
802
804
806
808
810
812
814
816
818
820
822
824
826
828
830
832
834
836
838
840
842
844
846
848
850
852
854
856
858
860
862
864
866
868
870
872
874
876
878
880
882
884
886
888
890
892
894
896
898
900
902
904
906
908
910
912
914
916
918
920
922
924
926
928
930
932
934
936
938
940
942
944
946
948
950
952
954
956
958
960
962
964
966
968
970
972
974
976
978
980
982
984
986
988
990
992
994
996
998
1000

I N T R O D U C T I O N

La suspicion de carences minérales au Sénégal remonte aux années 42 quand une équipe de chercheurs du Laboratoire national de l'Elevage et de Recherches vétérinaires entreprit de préciser l'étiologie de l'intoxication botulinique, ou "maladie des forages", au Ferlo (18).

A partir de cette date, de nombreux travaux réalisés confirment l'existence de cette pathologie nutritionnelle au Sénégal.

En 1965 déjà, CALVET et Col. (18) mettent en évidence la carence en phosphore.

En 1970, FRIOT (34) décrit après deux années d'analyse des eaux d'abreuvement du Nord Sénégal une carence en phosphore nettement plus prononcée dans la zone d'endémicité du botulisme.

En 1971, FRIOT et CALVET (35) confirment la carence en phosphore au Ferlo et mettent en évidence une carence en calcium, ^{et en} cuivre dans cette même zone et dans la région de Casamance.

En 1973, ces mêmes auteurs (36) consignent les résultats de cinq années de recherche consacrée à l'analyse sérique sur des bovins de différentes zones d'élevage au Sénégal et confirment la carence en calcium, phosphore et cuivre.

Très vite donc, la prévention s'avère nécessaire d'où la création en 1971-72 d'un centre de pré vulgarisation des suppléments minéraux à proximité du forage de Labgar.

En 1977, une mission d'appui IEMVI - INRA (103), au vu des carences manifestes dont souffraient les animaux de la vallée du Fleuve Sénégal préconise d'entreprendre une prophylaxie et propose au Laboratoire d'intervenir au niveau de la complémentation minérale.

En 1979, avec la mise en place du programme ABT* démarrait une analyse minérale plus complète des aliments destinés au bétail dont les résultats sont actuellement disponibles,

.../....

* ABT : Programme Franco-sénégalais de recherches sur l'Alimentation du Bétail tropical.

Ce travail est une contribution à l'étude des carences minérales au Sénégal. Il comporte une revue bibliographique succincte sur l'importance et le métabolisme des minéraux. Une étude exhaustive ne saurait être envisagée ici car elle ferait l'objet d'un long développement en raison des interdépendances multiples du métabolisme minéral avec le métabolisme enzymatique, hormonal et vitaminique, en d'autres termes avec le déroulement normal du phénomène de la vie.

La seconde partie consacrée à l'exploitation des résultats acquis (teneur en minéraux des aliments, des eaux, du sang et données pédologiques) permet de mieux apprécier les risques de carence.

Ces résultats sont discutés dans une troisième partie afin d'esquisser une cartographie des carences et de dégager des modalités pratiques de prophylaxie.

I - IMPORTANCE DES MINERAUX

En nutrition minérale, quinze éléments minéraux interviennent essentiellement. Ce sont :

-- le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le sodium, le chlore, le soufre ou minéraux majeurs ou macro-éléments

-- le cuivre, le zinc, le molybdène, le cobalt, le sélénium, l'iode, le manganèse, le fer ou oligo-éléments ou *micro-éléments* existant en plus petites quantités dans l'organisme.

Toutes les cellules du corps, les tissus et les fluides en contiennent en quantités variables et sous des formes chimiques différentes et chacun de ces minéraux essentiels intervient dans *des fonctions multiples* qui peuvent être physiques, chimiques ou biologiques, dépendant de la forme chimique du minéral, de sa combinaison avec d'autres éléments et de sa localisation dans les tissus ou le milieu intérieur.

A - FONCTIONS DES MINERAUX

A.1 - Rôle des macro-éléments

Ils jouent un rôle statique ou plastique de constituant des structures. Entre 80 et 85 pour 100 de la matière minérale totale ou des cendres du corps sont localisés dans le squelette sous forme de sels de calcium (99 pour 100 dans l'os) et de phosphore (80 pour 100), avec inclusions d'autres minéraux, spécialement le magnésium.

Les minéraux majeurs jouent également un rôle dynamique :

• maintien de l'équilibre acide-basique du milieu intérieur, du pH à des limites compatibles avec la vie, pour un déroulement normal des processus physiologiques vitaux, A travers la pression osmotique, ils interviennent dans la régulation des échanges entre les fluides

- participation à une multitude de réactions métaboliques comprenant le transfert de l'énergie, la transmission de l'influx nerveux et **l'excitabilité neuro-musculaire** (figure n°1). Les **éléments** vitaux (acides nucléiques) qui déterminent l'hérédité en même temps qu'ils gouvernent le fonctionnement de tous les êtres vivants contiennent du phosphore (76).
- influence sur la digestion microbienne au niveau du **rumen**. **Présents** essentiellement sous forme de phosphates et de **bicarbonates** dans le milieu **ruminal**, ils permettent de maintenir dans une zone favorable à la croissance **microbienne**, les caractéristiques physico-chimiques du milieu (pression osmotique, pouvoir tampon, taux de dilution...). L'activité cellulolytique et la **protéosynthèse** en sont ainsi **augmentées** (29)
- fonction catalytique : ce sont des activateurs enzymatiques (Na, K, Cl) (77).

A.2 - Rôle des oligo-éléments

Ils interviennent comme cofacteurs enzymatiques ou contribuent **structuralement** ou fonctionnellement dans **l'activité** enzymatique, hormonale ou **vitaminique**.

• Le cuivre a un rôle dans plusieurs systèmes enzymatiques (**catalase**, **cytochrome oxidase**) et dans la pigmentation de la laine. Il est essentiel dans la formation de **l'hémoglobine**, pour l'utilisation du fer et la prévention de l'anémie selon un mécanisme encore inconnu (**HANSARD**, 1983) (46).

• Le zinc constitue un nutriment essentiel, fonctionnant presque **entièrement** dans **le système** enzymatique, le métabolisme des carbohydrates, des acides nucléiques et beaucoup d'autres réactions **biochimiques** (85). Il intervient dans plusieurs **des étapes de la synthèse protéique**, favorise la **kératinisation**. En effet, la présence du zinc dans **l'ADN** polymérase conditionne la replication des gènes et la **m u l t i p l i c a t i o n c e l l u l a i r e** (65).

• Le fer est stocké dans le foie, la rate, les reins et la moelle de l'os. Il fait partie des molécules comme **l'hémoglobine** et la myoglobine et de certaines enzymes. **associées au transfert de l'oxygène**. Il entre dans les **cytochromes** et les **chaînes** respiratoires nécessaires aux oxydations et donc au **métabolisme énergétique** de la cellule.

Figure n°1 : Excitabilité neuro-musculaire

Rôle du magnésium, sodium, potassium, calcium, phosphore
au niveau de la membrane cellulaire (72)

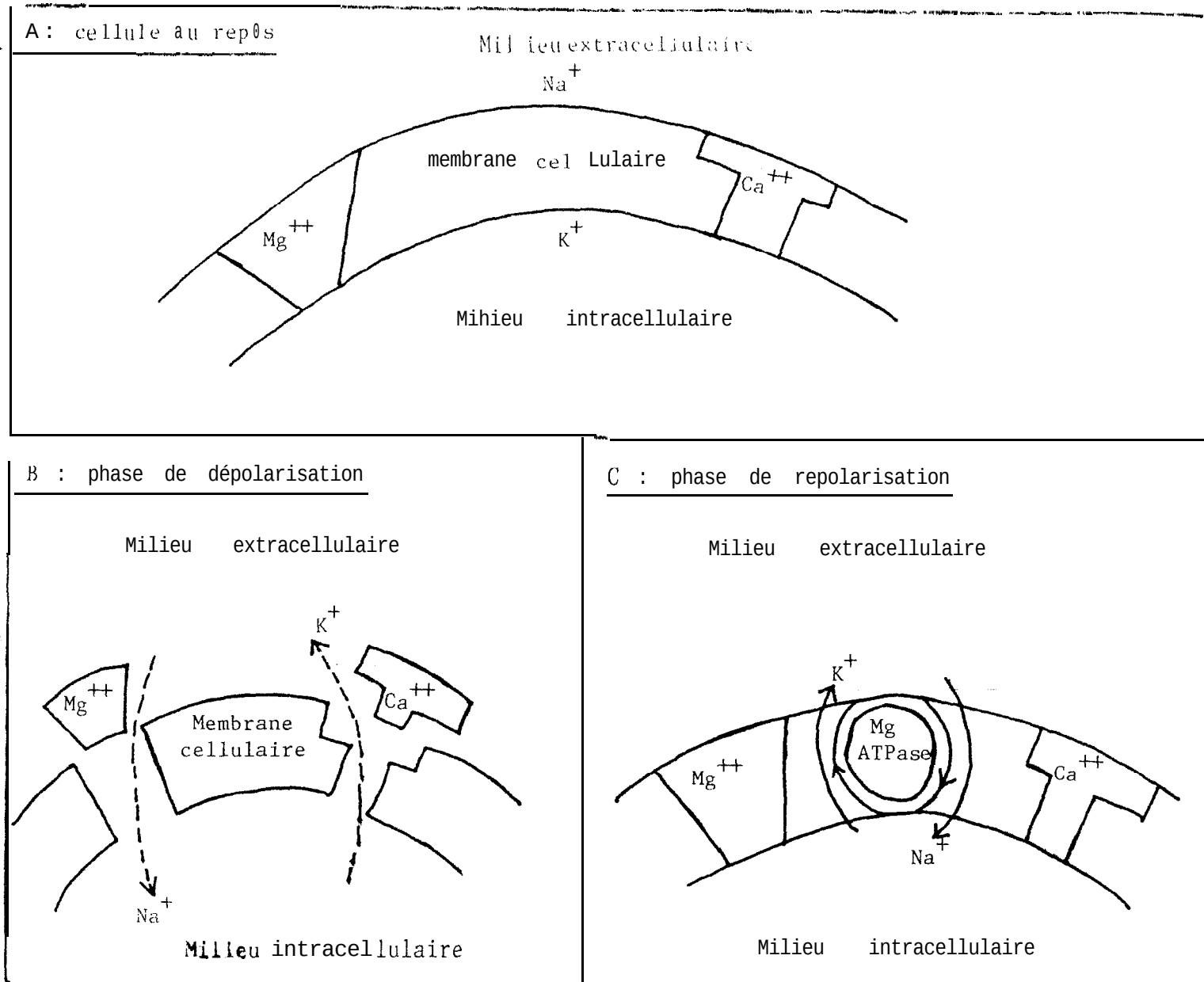


Figure A : A l'état de repos, il existe un potentiel de membrane dû à la hiérarchie des ions : Na^+ est extracellulaire, K^+ est intracellulaire, Mg^{++} et Ca^{++} verrouillent la membrane.

Figure B : L'excitation cellulaire se traduit par une transformation du potentiel de membrane due à une perméabilité accrue de la membrane à l'ion Na^+ qui prend alors la place du K^+ à l'intérieur de la cellule. Le Mg ne joue alors plus son rôle de verrou membranaire.

Figure C : Dans le fonctionnement normal, physiologique, la dépolarisation est suivie d'une repolarisation par la mise en jeu active de la pompe à Na où intervient activement le Mg car sa présence est nécessaire pour que l'ATPase membranaire assure la libération de l'ATP, source d'énergie indispensable au fonctionnement de la pompe.

- La recherche a permis de voir ces dernières années que le sélénium, longtemps considéré comme un élément toxique pour le bétail, a un rôle nutritionnel et physiologique. Il maintient l'intégrité des membranes cellulaires et protège les hématies contre l'hémolyse (48, 55).

- UNDERWOOD (11) montre que le molybdène joue un rôle important dans la croissance. Il augmente l'activité de la flore ruminale (30).

- Le cobalt intervient dans le contrôle de l'homéostasie. 40 pour cent du cobalt du rumen est converti en vitamine B₁₂. Le foie stocke une petite quantité (0,2 - 3,5 ppm) pour rétablir tout déséquilibre passager (111).

- L'utilisation de l'iode est particulièrement reliée à la fonction thyroïdienne (54).

Ce bref aperçu montre que les minéraux sont indispensables à la vie. Ils ont des actions métaboliques générales. Il serait erroné de vouloir polariser le rôle des minéraux dans une voie métabolique spécifique. Par exemple, ils activent la synthèse protéique ou le métabolisme de l'énergie et c'est dans la mesure où le métabolisme est perturbé que la ou les fonctions correspondantes seront secondairement perturbées. Exemple, la production de lait et la reproduction nécessitent respectivement une bonne réserve minérale et une bonne solidité osseuse.

Une perturbation du métabolisme phosphocalcique se répercute fatalement sur ces deux fonctions.

B - METABOLISME MINERAL

B.1 - Rappels

B.1.1 - Calcium et phosphore

Une fois absorbés, le calcium et le phosphore ont des métabolismes indissociables (42).

a) Site et mécanisme d'absorption

- La paroi du rumen est relativement **imperméable** au calcium, Le site majeur de l'absorption **se situe** dans le premier tiers de l'intestin grêle (45)...

: :

Selon LITTLE (76), il existe deux processus d'absorption : un processus de diffusion non saturé, les phosphates de la muqueuse interviennent dans le transport du calcium intestinal. Le second mode d'absorption est actif et dépend largement de la présence de "Ca - binding protein" où protéine de WASSERMAN dans la muqueuse intestinale. La formation de cette protéine dans l'intestin est induite par la 1,25 dihydroxy-vitamine D qui est produite par le rein sous contrôle de l'hormone parathyroïdienne sécrétée en réponse à une ingestion insuffisante de calcium.

- Le principal site d'absorption du phosphore est l'intestin grêle, précisément dans l'iléum (GUEGUEN, 1966) (40). Il existe aussi une absorption négligeable de phosphore dans le réticulo-rumen et dans l'omasum.

Contrairement au calcium, aucun mécanisme n'a été décrit pour le contrôle de l'absorption du phosphore et les controverses sont nombreuses sur ce sujet. BRAITHWAITE cité par LITTLE (76) considère qu'il s'agit d'une simple diffusion. Selon WASSERMAN et TAILOR, rapporte GUEGUEN (39), ce processus est saturable et le transport du phosphore à travers la paroi de l'intestin grêle est stimulé par la 1,25 dihydroxyvitamine D.

b) Répartition :

Après absorption au niveau de l'intestin grêle, le calcium et le phosphore sont répartis par le sang dans différentes parties de l'organisme :

- Le squelette (os et dent) contient 99 pour cent du calcium et 80 pour cent du phosphore,

- Les tissus mous sont plus riches en phosphore qui intervient dans les mécanisme de transfert de l'énergie, donc dans le métabolisme lipidique (phospholipides du sang, du système nerveux, exemple : céphalines et myéline) et protidique (le phosphore est présent dans les nucléoprotides du noyau, dans les nucléotides du tissu musculaire et les paranucléines de la caséine et vitelline). Le phosphore glucidique intervient dans le fonctionnement du muscle;

.../...

Le sang contient du calcium présent sous deux formes :

- une fraction capable de diffuser à travers la paroi des vaisseaux (60 pour 100 du calcium plasmatique total),
- une fraction incapable de diffuser car fixée aux protéines du sang par une liaison réversible (40 pour 100 du calcium total).

Le phosphore du sang est présent sous des formes minérales solubles, La phosphorémie désigne le taux de phosphore minéral ou inorganique sanguin total présent sous forme de pyrophosphate $P_2O_7H_4$ (partie globulaire) et d'orthophosphates PO_4H_3 (plasma), La phosphatémie représente le taux d'orthophosphates du plasma.

c) Elimination

La principale voie d'élimination est la voie fécale avec une importante fraction endogène. Les sécrétions urinaires et lactées sont également des voies d'élimination. L'élimination urinaire est faible chez les ruminants. Le lait renferme en moyenne 1,25 g/kg de Ca et 0,9 g/kg de P.

L'élimination du phosphore par la sécrétion salivaire est très importante, Ce phosphore présente l'avantage d'être recyclé car il est absorbé lors de son passage dans le tractus digestif,

L'excrétion intestinale du phosphore se fait dans l'intestin grêle, celle du calcium est faible et s'opère dans le caecum et gros intestin (50).

d) Régulation

Trois hormones interviennent pour maintenir la calcémie et la phosphorémie à des limites physiologiques : le 1,25 dihydroxycholécalférol, l'hormone parathyroïdienne (PTH) hypercalcémiant et hypophosphatémiant et la calcitonine (C.T.) hypocalcémiant.

- La vitamine D_3 est synthétisée dans le corps animal sous l'action de la lumière solaire à partir du cholestérol. Une première hydroxylation au niveau du foie aboutit à un métabolite intermédiaire, le 25 hydrocholécalférol (25 Hcc) qui

subit une seconde hydroxylation au niveau du rein donnant naissance à deux dérivés dont un seul est actif, l'hormone ou 1-25 Hcc. Elle active l'absorption du calcium et du phosphore dans l'intestin et stimule les processus de calcification des os. Cette action est cependant subordonnée à un apport phosphocalcique équilibré.

- La parathormone élève le phosphate plasmatique en stimulant directement la résorption des ostéoclastes mais surtout elle exerce une influence sur l'activité fonctionnelle du rein en stimulant l'excrétion du phosphate dans l'urine. Le défaut de parathormone entraîne une hyperphosphatémie (par réduction de l'élimination urinaire) suivie d'une hypocalcémie (car le phosphate précipite dans le tissu osseux en même temps que du calcium). L'excès de parathormone entraîne une déminéralisation osseuse.

- La calcitonine est une hormone thyroïdienne dont la synthèse dépend de la teneur en calcium. Lorsque la calcémie baisse, la sécrétion de calcitonine chute brusquement. Elle empêche la mobilisation d'éléments minéraux à partir de l'os en réduisant le catabolisme osseux (résorption des ostéoclastes).

B.1.2 - Magnésium

a) Site et mécanisme d'absorption

Les mécanismes d'absorption sont moins bien connus. Des travaux récents signalent une localisation intestinale de l'absorption (76).

b) Répartition

Après absorption, le magnésium est réparti dans les liquides intracellulaires, l'os (70 pour cent du Mg total de l'organisme), l'encéphale, le muscle et le myocarde où il participe à de nombreuses activités biologiques dynamiques.

c) Excrétion et régulation

- Le magnésium est excrété par les glandes du tube digestif, et par les reins. L'excrétion fécale est d'environ 1 g/jour (54).

Le lait contient environ 0,13 g de Mg/kg.

Le mécanisme de régulation du métabolisme du magnésium n'est pas bien élucidé.

B.1.3 - Sodium

a) Site et mécanisme d'absorption

Le sodium est bien absorbé sur toute la longueur du tube digestif. Il existe un transport actif de sodium à travers la paroi du rumen, phénomène plus connu sous le nom de pompe sodique.

b) Répartition

Après absorption, le sodium se répartit dans les espaces extracellulaires puis pénètre dans la cellule au cours des échanges ioniques,

c) Élimination

Le sodium est surtout excrété par le rein au niveau du tube contourné distal, par le lait (5 pour 100 dans le lait de vache), la salive et dans une moindre mesure par la sueur.

B.1.4 - Potassium

a) Site et mécanisme d'absorption

Le potassium diffuse à travers le rumen et l'intestin grêle contre un gradient de concentration,

b) Répartition et élimination

Le potassium est distribué dans les liquides intracellulaires. Il existe une excrétion rénale importante. Le taux de potassium dans le lait de vache est d'environ 15 pour 100.

B.1.5 . Soufre

Son métabolisme **présente** une certaine originalité. Le soufre est apporté dans le rumen par les **protéines** alimentaires et les, sulfates de la **salive**. Il est alors réduit à l'**état** de sulfure et utilisé par les bactéries pour la **synthèse** d'acides aminés **soufrés** (72).

L'excédent de sulfure est absorbé dans le rumen, **oxydé** au **niveau** du sang et du **foie** en sulfate et **retourne** au rumen par la salive.

B.1.6 - Oligo-éléments

La **plupart** des **oligo-éléments**, en particulier le cuivre, zinc et manganèse sont absorbés en moyenne partie dans le duodénum et la partie **supérieure** du jejunum (SO). Pour le cuivre et le zinc, une **protéine** duodénale (probablement la métallothionéine) (77) intervient dans l'**absorption**.

- Le cuivre absorbé **se** lie aux protéines du plasma pour le **transport** et est temporairement **stocké** dans le parenchyme des cellules du foie, du coeur ou du rein, ^{de} la moelle osseuse, et de l'encéphale.

La majeure voie d'excrétion est la bile. Il **existe** également une faible **excrétion rénale**.

- Le zinc absorbé se répartit au niveau du pancréas, du foie, des reins, de la moelle osseuse et des glandes **endocrines**. Il est ramené à l'intestin grêle par le suc pancréatique et élimine par voie biliaire et rénale,

- Le cobalt se **répartit** dans le foie, le pancréas, les **surrénales**, la moelle (111). La partie non **assimilée** est éliminée par les **fécès** et un peu de l'absorbe **part** dans les **urines**.

- L'**iode** est absorbé (70 à 80 pour cent) (75) au niveau du rumen. 10 pour cent de l'**absorbé** est recyclé. Il existe une élimination urinaire, fécale et lactée. Il existe une faible excrétion par les **glandes salivaires**, la y ou.

- Le fer est absorbé essentiellement dans le **duodénum** mais les autres **portions** du tube digestif **peuvent** aussi être le lieu d'une absorption, L'absorption du fer est fonction du degré de saturation en fer de l'organisme; elle joue .

un rôle capital dans la régulation de l'équilibre ferrugineux car l'excrétion urinaire ou digestive de cet élément est très faible. Le fer est transporté dans les tissus par voie sanguine et lymphatique, couplé à une globuline, la sidérophiline.

- Le manganèse apporté dans les aliments n'est pas absorbé en totalité. L'excrétion de cet élément se fait presque exclusivement par les fèces ; le manganèse assimilé est donc ramené dans l'intestin par le foie et la bile.

- Le sélénium est essentiellement absorbé au niveau du duodénum. Il n'y a pas d'absorption ruminale ou abomasale. Transporté par le sang, il subit quelques transformations chimiques puis forme partie intégrante d'une enzyme : la glutathion-peroxydase.

B.2 - Utilisation digestive des minéraux

L'évaluation d'un aliment comme source d'apport minéral dépend non seulement de sa teneur en minéraux, mais aussi du devenir de ces éléments dans l'organisme. En effet, tout l'ingéré n'est pas absorbé et il s'agit de déterminer la capacité de l'organisme animal d'assimiler une particule minérale.

B.2.1 - Notion de C.U.D.

Le coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.) permet d'exprimer l'efficacité de l'absorption, Il existe un C.U.D. apparent et un C.U.D. réel.

$$C.U.D_r = \frac{\text{Ingéré (I)} - \left[\frac{\text{Fécal ingéré (FI)} - \text{Fécal endogène (Fe)}}{\text{Ingéré (I)}} \right]}{\text{Ingéré (I)}} \times 100 = \frac{I - F_i + F_e}{I} \times 100$$

Ce C.U.D_r tient compte des pertes endogènes fécales, importantes pour les minéraux (calcium et phosphore surtout), occasionnées par les dépenses physiologiques d'entretien (métabolisme basal) et de digestion des aliments (exemple : phosphore salivaire),

Cependant les processus physiologiques impliqués dans l'absorption et le transport sont influencés par de nombreux facteurs.

B.2.2 = Facteurs de variation du C.U.D.

Ils sont soit internes, liés à l'animal, soit externes liés à l'aliment con-
sommé ou aux conditions d'ambiance (ensoleillement, UNDERWOOD (112), pollution
industrielle . . .).

a) Facteurs liés à l'animal

a.1) L'espèce

Il existe une différence assez nette selon les espèces. UNDERWOOD (1966)
(112) montre par exemple que les agneaux sont plus sensibles à la carence en
cobalt, suivis par les brebis, les veaux et ensuite les bovins. L'espèce ovine
est également plus sensible que l'espèce bovine à l'excès de cuivre dans la
ration.

a.2) La race

De nombreux auteurs insistent sur des différences inter-raciales dans le
métabolisme minéral. PEELER (1972) (93) note des différences de comportement à
la carence ou à l'intoxication au cuivre. MANSTON et coll., cités par THIONGANE
(110) suggèrent une composante génétique dans l'excrétion urinaire du phosphore
chez les bovins.

FRIOT et coll. (1973) (36) mettent en évidence une différence dans les taux
sériques de minéraux entre les races Cobra et Ndama et retiennent une différence
génétique dans l'efficacité de l'absorption, Mc DOWELL (89) conclut qu'un phéno-
mène d'adaptation intervient dans le métabolisme des minéraux.

a.3) L'âge

Le C.U.D. diminue avec l'âge des animaux (50).

a.4) Etat physiologique ou pathologique

Les besoins physiologiques de la croissance, de la grossesse et de la lacta-
tion accroissent l'absorption des minéraux. L'intégrité de la muqueuse et le bon
fonctionnement du tube digestif sont aussi importants. Les entérites accélèrent
le transit.

a.5) - Le niveau d'ingestion

Il est établi que le C.U.Dr d'un minéral donné diminue quand le niveau d'ingestion augmente,

a.6) - Etat des réserves minérales osseuses

RAMBERD et Coll. (1970) cités par LAMAND A9 81 (64) montrent que le C.U.Dr du Ca diminue quand le déclenchement de la résorption osseuse permet de couvrir les besoins calciques des trois premiers mois de la lactation.

b) Facteurs liés à la ration

b.1) - Quantité ingérée et rapport des différents constituants

Un excès en protéines entrave l'absorption du calcium (40).

De nombreux auteurs; cités par LAMAND (56) et MAHIN et Coll. (79) démontrent qu'un régime hyperprotéique augmente la fréquence de carence en cuivre et qu'un excès de matières azotées par rapport à l'énergie entraîne la formation de sulfures dans le rumen d'où réduction de l'assimilabilité du cuivre,,

b.2) Mode de traitement et présentation physique

Selon AMBOULOU et Coll. (3), le broyage ^{très fin} des foin diminue la digestibilité des éléments de la ration en augmentant la vitesse de transit. En effet, une structure fibreuse entraîne un ralentissement du transit avec une fermentation normale et une meilleure résorption minérale.

b.3) Degré de contamination

La contamination du fourrage, surtout des ensilages par la terre (5 p.100) entraîne une forte diminution de la digestibilité du zinc (78) or, cette contamination est fréquente surtout sur les pâturages pauvres où les animaux arrachent les racines des rares touffes en ingérant d'importantes quantités de terre.

b.4) - La maturité de la plante

DEMARQUILLY et Coll. (1967) remarquent que l'absorption minérale, en particulier du calcium et du phosphore, diminue avec la maturité de la plante. Des observations similaires ont été faites sur le cuivre (87).

b.5) - La forme chimique de l'apport

Le C.U.D. permet de mesurer la capacité qu'a l'organisme animal de rendre assimilables les minéraux apportés sous diverses combinaisons. Cependant les formes chimiques dans lesquelles les minéraux existent dans les tissus végétaux semblent être d'une importance relativement mineure pour ce qui concerne leur utilisation par les ruminants. En effet, la majeure partie des transformations biochimiques se fait s'opère dans le rumen, témoin d'une intense activité microbienne (77).

b.6) - Interactions entre minéraux

Elles sont multiples, s'opérant d'une part parmi les minéraux essentiels et d'autre part entre minéraux essentiels et minéraux non essentiels,

Calcium et phosphore

Les métabolismes du calcium et du phosphore sont intimement liés. Une augmentation de l'ingéré en phosphore associée à un rapport phosphocalcique inférieur à l'unité entraîne une excrétion fécale de calcium (42) mais quand ce rapport est supérieur à un, un niveau similaire de phosphore réduit le calcium fécal (76) et GUEGUEN (42) montre que l'absorption du calcium est nécessaire mais n'est pas une condition suffisante pour son utilisation. En effet, la carence en phosphore associée à un apport normal ou élevé de calcium entraîne une hypercalcémie et déminéralisation osseuse. L'excès de phosphore permet une accréation osseuse de calcium et une élévation de l'élimination urinaire. Cependant, si l'excès se prolonge, l'hypocalcémie conduit à un hyperparathyroïdisme secondaire entraînant une augmentation de 40% de la libération minérale osseuse.

Calcium, phosphore et manganèse

La biodisponibilité du manganèse n'a pas été étudiée mais il est établi qu'un excès de phosphates et de carbonates dans la ration réduit l'absorption de manganèse (107).

. Calcium et zinc

UNDERWOOD (112) rapporte que l'absorption et la rétention de calcium sont inhibées par le zinc qui a un effet similaire mais moins marqué sur le phosphore.

. Magnésium et potassium

L'excès de potassium alimentaire entraîne une diminution linéaire de l'absorption du magnésium et une augmentation linéaire du magnésium fécal excrété (38).

. Magnésium, phosphore et calcium

Un excès de magnésium entraîne une réduction des taux d'utilisation du calcium et du phosphore,

. Calcium et cuivre

Selon KIRCHGESSNER, cité dans le livre de l'INRA (50), le calcium réduit la rétention du cuivre en augmentant le pH intestinal, Le cuivre précipite alors sous forme d'hydroxyde peu assimilable.

. Soufre et zinc

La synthèse microbienne ne peut pas métaboliser l'excès de soufre qui est introduit dans la ration (59). Le surplus est alors réduit sous forme de sulfure et diminue la digestibilité du zinc et donc la zincémie.

. Soufre, cuivre et molybdène

L'antagonisme entre le cuivre de l'ingéré, le molybdène et le soufre est probablement le plus connu, Il se forme un complexe $(Cu \times Mo \times SO_4)$ peu soluble qui déprime l'absorption du cuivre. Selon LAMAND (65), l'apport de 3 g de soufre/kg de MS* dans une ration à base de foin entraîne une hypocuprémie.

. Soufre et sélénium

Une augmentation du soufre de la ration a une influence significative' dans l'excrétion du sélénium urinaire (55).

. Cuivre et fer

Les travaux de STANDISH et Coll. (1971) et HUMPHRIES et Coll. (1981), tous deux cités par LITTLE (77), confirment respectivement une baisse importante de la digestibilité apparente du cuivre quand le fer de la ration passe de 0,1 à 1, 10 MS et une baisse du cuivre plasmatique et hépatique à des taux significatifs de la carence sur un bovin ingérant 1 g de fer/kg de MS.

cette découverte a une importance pratique considérable car la fer peut être consommé en quantité avec l'ingestion de sol.

. Cuivre et zinc

L'excès de zinc entraîne de l'anémie, symptôme de la carence en cuivre. Ces deux oligo-éléments semblent être en compétition au niveau d'un même site d'absorption, peut-être pour un même transporteur (77).

. Cuivre et molybdène

La carence en cuivre s'accroît lorsque la ration est riche en molybdène. Les auteurs cités par LAHARD (56) ont mis en évidence un complexe peu soluble avec le molybdène, la lindgrénite de formule $((Cu Mo O_4)_2, Cu (OH)_2)$ qui, une fois absorbée, n'est pas métabolisée. Les hépatocytes ne peuvent pas utiliser cette forme de cuivre pour la synthèse de céruloplasmine,

. Cuivre et cobalt

La carence en cobalt réduit le taux de cuivre hépatique. En outre la carence augmente la digestibilité du cuivre (63).

. Minéraux essentiels et minéraux non essentiels

Les minéraux non essentiels sont souvent présents dans le corps mais leur fonction métabolique n'a pas été démontrée (exemple : aluminium, baryum, césium, lithium, strontium, brome, titanium). LITTLE (77) montre que des teneurs élevées en cadmium peuvent interférer avec le métabolisme du cuivre. L'ion cadmium réduit l'élimination du sélénium par toutes les voies et augmente sa rétention tissulaire (UNDERWOOD) (112).

C - BESOINS ET NORMES

C.1 - Besoins

Le calcul des besoins en minéraux est basé sur la détermination :

- des quantités contenues dans les tissus (2 à 4 pour 100 du poids du corps)
surtout le tissu osseux (22 pour 100 du total)
- des sécrétions produites à différents stades physiologiques
- des pertes inévitables ou endogènes issues du fonctionnement de l'organisme,

Les besoins en minéraux, comme pour les autres nutriments, sont exprimés selon deux méthodes : soit en quantité par jour ou par unité de produit comme le lait, soit en proportion de la matière sèche (MS) ou de la ration consommée. La première méthode est plus précise mais la dernière, plus simple, possède des avantages pratiques. Elle introduit néanmoins une approximation supplémentaire due à l'estimation des quantités moyennes consommées qui varient avec l'ingestibilité des fourrages.

La méthode factorielle est la meilleure voie d'approche scientifique de la connaissance des besoins (50). Elle permet de calculer le besoin alimentaire strict en divisant les besoins (B) ou (dépenses physiologiques) par le coefficient d'utilisation digestive réel.

$$B = \text{dépenses} \times \frac{100}{\text{C.U.D.r}}$$

Cependant, l'ensemble des facteurs étudiés précédemment intervenant sur la digestibilité des minéraux rend très difficile la précision des besoins de l'animal

- l'espèce, la race et l'adaptation de l'animal (82)
- l'âge, le sexe et le niveau de croissance (112)
- la nature et le niveau de production
- la quantité et la forme chimique du minéral ingéré
- les activités hormonales ou physiologiques de l'animal
- les multiples facteurs liés à l'alimentation pouvant par exemple réduire l'ingestion (excès de cellulose)
- le climat et l'environnement.

De nombreux **essais** alimentaires ont permis de définir des **normes** alimentaires ou "apport alimentaire optimum" ou recommandations permettant aux animaux d'exploiter correctement leur capacité de production,

C.2 - Recommandations

Elles comportent des **marges** de **sécurité** et sont donc supérieures au besoin. Les sources sont très variées,

C.2.i - Phosphore et calcium

a) Bovins

LITTLE (77) propose **trois** sources de **référence** pour les **recommandations** de **phosphore**, dans le tableau suivant :

Poids en kg	ARC* (1965)		NRC* (1963)		MITCHELL (1947)	
	en g/j	% MS	g/j	% MS	g/j	% MS
100	7,3	0,290	10,1	0,400	10,8	0,431
200	9,3	0,201	11,2	0,221	13,5	0,271
300	14,6	0,201	12,3	0,161	15,0	0,201
400	23,7	0,241	13,4	0,131	16,0	0,161

A.R.C. = Agricultural Research Council

N.R.C. = National Research Council.

Les dernières normes du N.R.C. (1975) sont de :

2,2 à 4,3 g de **phosphore/kg** de MS pour les veaux à l'engraissement
1,8 à 2,3 g de **phosphore/kg** de MS pour les vaches en lactation.

UNDERWOOD (1981) recommande :

4 à 5 g de Ca/kg MS pour les veaux

2 à 2,5 g de Ca/kg MS lors des derniers stades de la croissance,

Ces références sont toutes deux citées par HEINIS (47) qui propose en outre 2,5 à 3,3 g de Ca/kg de MS et 2 à 2,7 g de P/kg de NS pour des bovins à l'entretien.

Les besoins de production figurent au tableau n°1. En effet, toutes les recommandations pour le bétail tropical de l'Afrique francophone (102) s'inspirent des normes françaises de l'AFZ (1956) (Association française de Zootechnie) données par LEROY.

Tableau n°1 : Besoins de production (à ajouter aux besoins d'entretien et éventuellement à l'entretien et à la croissance.

	Calcium	Phosphore
Lactation	7 g/kg de lait	1,6 g/kg de lait
Gestation 5 - 6 ^e mois	2,3 à 2,8 g/kg MS	1,3 à 1,7 g/kg MS
7 ^e mois	2,5 à 3,1 " "	1,5 à 1,8 " "
8 ^e mois	3,1 à 3,9 " "	1,8 à 2,2 " "
9 ^e mois	2,9 à 3,5 " "	1,8 à 2,2 " "
Engraissement	15 g/kg de gain	9 g/kg de gain

Selon GUEGUEN (1973) (44), les teneurs minérales en calcium et en phosphore de la ration doivent atteindre respectivement 5,5 g et 3,5 g par kg de matière sèche pour les régimes peu ingestibles et 4,6 à 3,0 g par kg de matière sèche pour les régimes bien consommés et les modalités pratiques de complémentation envisagées plus loin découlent directement de ces recommandations.

b) Ovins

Tableau n°2 : Besoins en minéraux des ovins

Besoins	Calcium	Phosphore
Entretien	2,5 g/kg MS	1,5 g/kg MS
Lactation	4 à 5 g/litre de lait	3 à 4 g/litre de lait
2 ^{er} mois	3,5 à 5 g	2,5 à 4 g
Gestation* 3 ^{er} mois	3,5 à 6 g	3 à 4,5 g
4 ^e mois	5 à 7,5 g	3,5 à 5 g
5 ^e mois	7 à 10 g	4,5 à 6,5 g
-II-		
gain quotidien; 50 g	3,3 g/j	2,0 g/j
croissance 100 g	3,9 g/j	2,3
(poids de 30kg) vif 200 g	5,4 g/j	2,8 g/g/j

* Besoins quotidiens totaux? selon le poids vif de la brebis.

c) Caprins

Tableau n°3 : Besoins en minéraux des caprins

Entretien	Poids vif kg	20	30	40	50	60	70	80
	en g/j							
Calcium		1,0	1,5	2,0 ³	2,5	3,0	3,5	4,0
Phosphore		0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
Entretien + croissance (d'après FEHR et DISSET)	Poids vif	3-5	8-9	14-15	19-20	24-25	29-30	33-34
	Gain moyen g/j	175	175	175	175	175	150	150
	Ca g/j	2,0	2,7	2,8	2,9	3,2	3,2	3,2
	P g/j	1,3	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0

.../...

Suite tableau 3

Préparation lactation	4 ^e mois	5 ^e mois	à 3 p.100	de 1 à 3,5 p.100	de 3,5 à 4 p.100
			MG	MG	MG
Calcium (g)	1,5	1,5	4	4	4
Phosphore (g)	1,8	1,8	3	3	3

* A ajouter aux besoins d'entretien (par animal et par jour).

N.B. : Pour les recommandations en calcium et en phosphore des ovins et rapins, les sources utilisées sont 2

1. le manuel d'alimentation des ruminants en milieu tropical (IEMVT, 1977)
(102)

2. l'extrait du bulletin de la S.S.H.A. de l'A.F.T.A.A. et l'A.F.Z., GUEGUEN,
(40).

C.2.2 - Autres macro-éléments

a) Bovins

"L'alimentation des ruminants" de l'INRA (50) fournit les données ci-dessous :

Tableau n° 4 : Besoins d'entretien et de croissance

Poids vif en kg	100	200	300	400	500	600
Besoins en g/j						
Potassium	8	14	20	26	29	32
Sodium	3	5	6,5	8	9	12
Chlore	3,5	6	8,5	11	14	18

Les recommandations pour les bovins tropicaux⁽¹⁰²⁾ sont :

- Magnésium : 2 g par kg de MS
- Chlorure de sodium : , Entretien : 5 g pour 100 kg P V ou 2 g par kg de
Croissance : 2 g en supplément par kg de gain de poids

Four la vache laitière : (à ajouter à l'entretien et éventuellement à l'entretien + la croissance

- chlorure de sodium : 2 g par kg de lait
- magnésium : 1 g par kg de lait

et pour l'engraissement : chlorure de sodium : 2 g/kg de gain (à ajouter à l'entretien et éventuellement à l'entretien + la Croissance),

GUEGUEN (1978) (44) propose pour la vache laitière de 600 kg (tableau n°5) et en fonction des différents niveaux de production :

Tableau n°5 : Besoin d'entretien, de gestation et de lactation de la vache laitière

Besoins en g/j	Mg	K	Na	Cl
Entretien (E)	8	36	8	15
E + fin gestation	9	38	10	17
E + 5 kg de lait	11	44	11	21
E + 10 kg de lait	12	51	13	25
E + 20 kg de lait	17	66	18	32
E + 30 kg de lait	22	81	23	37

et en fonction de la matière sèche :

- magnésium : 1,5 g/kg MS
- potassium : 5,0 g/kg MS
- sodium : 0,5 g/kg MS
- chlore : 2,5 g/kg MS

Et pour le soufre, il préconise un apport de 1 à 1,5 g par kg de matière sèche, en règle générale, et 2 g par kg de matière sèche en cas d'utilisation de l'azote non protéique.

b) Ovins

Les besoins (102) sont de :

Magnésium : 2 g/kg MS à l'entretien
Chlorure sodium : 3 g/kg MS ou 2 g/10 kg de poids vif à l'entretien
: 2 g/litre de lait produit,

C.2.3 - Oligo-éléments

Les normes proposées par LAMAND (1972) (57) sont issues des seuils de carence (cf. tableau n°7) définis comme la teneur à partir de laquelle la fréquence et la gravité des carences tendent vers zéro.

- Cuivre : 10 p.p.m. ou mg/kg MS chez les bovins
5 mg/kg MS chez les ovins-caprins
- zinc : 50 mg/kg MS chez les bovins à l'entretien à 100 mg/kg MS à la production
30 à 40 mg/kg MS ovins-caprins
- Manganèse : 50 p.p.m. bovins;
20 à 30 p.p.m. : ovins-caprins, 60 p.p.m. chez les jeunes
- Cobalt : 0,11 p.p.m. chez les bovins selon UNDERWOOD (112)
0,2 à 0,5 ppm chez les ovins-caprins, Adultes : 0,8 mg/j (102)
- Sélénium : 0,1 ppm chez les bovins pour l'entretien et la croissance à
0,2 ppm pour la lactation,
- Iode : 0,8 ppm : bovins
0,5 ppm : ovins et caprins
- Fer : Les recommandations varient de 40 ppm à l'entretien à 50 à 150 ppm
en production pour les ovine et les caprins (102)

D - SYMPTOMES

Les minéraux ont des interventions multiples dans le processus physiologique de la vie, Une insuffisance d'apport, un apport déséquilibré ou une perturbation de l'utilisation digestive conduisent fatalement à une chute de production. L'animal vit alors aux dépens de ses réserves et devient vulnérable aux agressions.

Selon LAMAND (57), les symptômes sont souvent peu spécifiques et atypiques. Ils n'existent généralement pas tous sur le même animal mais on peut les retrouver sur la totalité du troupeau.

D.1 - Carence en phosphore et calcium

Les premières observations de l'hypophosphorose responsable de la "maladie des forages" ou "Gniedo" ou botulisme au Sénégal datent de 1960 dans la région du Ferlo (18). Cette affection a été décrite auparavant en Afrique du Sud sous l'appellation de "Lamsietke".

Le syndrome a de graves répercussions économiques et se reconnaît :

- une dégradation de l'état général
- des troubles de la croissance et de la fécondité, une chute de la production laitière
- une perturbation de l'ossification dont le rachitisme des jeunes animaux, l'ostéomalacie, l'ostéofibrose et, l'ostéoporose responsables des déformations osseuses, des aplombs défectueux et des fractures spontanées
- des troubles névrotiques avec aberration du goût ou pica dont les conséquences sont nombreuses. Citons surtout l'ostéophagie responsable d'enzooties meurtrières de botulisme au Ferlo
- LITTLE (76) signale que la carence perturbe l'utilisation de l'énergie et des protéines et diminue l'efficacité des aliments,

D.2 - Carence en magnésium, potassium

La littérature reste muette sur la carence en potassium et en magnésium au Sénégal. La carence en magnésium est cependant à l'origine de :

- troubles tétaniformes chez la vache laitière et le veau
- ralentissement de la croissance chez le jeune
- diminution de l'utilisation digestive des aliments.

D.3 - Carence en sodium

Elle entraîne :

- des troubles de l'appétit avec pica
- des troubles digestifs et de l'amaigrissement
- une chute de la production de lait.

Une privation sévère et prolongée peut engendrer des perturbations cellulaires et rénales avec azotémie et urémie mortelle.

D.4 - Carence en soufre

Elle est sans doute rare mais susceptible d'apparaître avec les rations enrichies à l'urée. Les signes décrits sont :

- une perte de poids et de la faiblesse
- un larmolement, de la tristesse et la mort peut survenir.

En effet, la carence en soufre entraîne une réduction de la synthèse protéique et l'animal présente des signes de malnutrition protéique.

D.5 - Carence en cuivre

Les symptômes sont multiples :

- pica, anorexie et chute de production de lait
- déficit de croissance ou d'engraissement
- changements de coloration du pelage avec lunettes périoculaires. Le poil est piqué
- anémie fréquente chez le jeune
- troubles cardiaques (tachycardies et pulsations cardiaques visibles à la jugulaire)
- troubles osseux : boiteries, défauts d'aplomb, fractures spontanées. La démarche devient anormale.

Ce type de carence a été décrit au Sénégal depuis 1971 (35). LANANG (66) étudié sa pathogénie (tableau n°6) en résumant le rôle biochimique du cuivre, permettant ainsi de mieux comprendre l'ensemble des signes observés ou décrits.

Tableau n° 6 : Pathogénie de la carence en cuivre :
enzyme ou système enzymatique impliqué

	Cytochrome oxydase	Céruloplasmine	Système complexe + cuivre	Polyphénol oxydase	Système complexe + cuivre	Amine oxydase
Voie métabolique inhibée	Oxydation des substrats du cycle de Krebs	Oxydation du Fe^{2+} en Fe^{3+} et passage sur la sidérophiline	Synthèse de la Kératine (oxydation des groupements sulfhydriques	Synthèse de la mélanine	Condensation Acyl coenzyme A et glycérophosphate synthèse des phospholipides	Oxydation des amines et des lysines
Symptômes	Ralentissement de croissance amaigrissement troubles cardiaques	diminution du taux de myoglobine anémie	Altération du poil et de la laine	Décoloration du poil	démyélinisation tumorale accrue et vieillissement des mitochondries	Anomalies du collagène et de la matrice protéique osseuse troubles osseux

D.6 - Carence en zinc

Elle existe au Sénégal (35, 36). On observe :

- une ^{une} inappétence et chute brutale de la croissance assez nette chez le jeune
- des troubles osseux avec épaisissement des articulations et boiteries
- des troubles cutanés : épaisissement, dépilations irrégulières, érosions et ulcères qui ne guérissent pas
- de l'infécondité avec chute de production
- une déformation des sabots.

.../...

La carence en zinc provoque un arrêt de la synthèse protéique car l'ADN et l'ARN polymérase sont des métalloenzymes renfermant du zinc.,

Ce blocage métabolique explique les arrêts de croissance, l'inappétence (le zinc pourrait intervenir au niveau d'un centre stimulateur de l'appétit (50), et les troubles de la peau (la carence arrête ou réduit la migration de l'épithélium néoformé autour des érosions accidentelles et l'hyperkétarose s'installe).

Par ailleurs, la carence en zinc ralentit les échanges calciques de l'os : le remaniement permanent de l'os est donc ralenti.

D.7 - Carence en cobalt

Elle a été reconnue, il y a moins de 53 ans en Australie (46) et Nouvelle-Glande comme affection débilatante nommée "marasme enzootique".

- Le premier signe de carence est la perte d'appétit (111)
- Le démarche est incertaine, les yeux larmoyants, un mauvais état général s'installe
- Les productions chutent, la croissance est ralentie, le poil piqué et les animaux anémiés.

Les symptômes sont ceux de la carence en vitamine B₁₂, facteur de croissance et d'équilibre de la flore ruminale. La carence en vitamine B₁₂ intervenant au niveau du cycle de Krebs (méthylation et isomérisations), compromet le métabolisme énergétique chez les ruminants.

D.8 - Carence en fer

Elle n'est pas évidente dans les conditions naturelles chez l'adulte sauf dans les circonstances de perturbation du métabolisme (exemple avec les parasites hématophages). En revanche, elle est plus fréquente chez le jeune nourri au lait, pauvre en fer, On observe :

- de l'anémie avec tachycardie et tachypnée. Les muqueuses sont pâles
- de l'inappétence et un arrêt de croissance. La résistance à l'infection diminue,

Il y a diminution des enzymes respiratoires contenant du fer (exemple cytochromes), de la myoglobine du coeur et du muscle. Le taux d'hémoglobine peut chuter à 5 - 6 mg/100 ml chez l'animal carencé. Il est de 11 - 12 g/100 ml chez le bovin sain (54).

D.9 - Carence en manganèse

Elle entraîne :

- des troubles de la **fécondité** : diminution de fertilité chez la femelle et de libido chez le mâle. Les mécanismes d'apparition de cette **infécondité** n'ont pas été élucidés ;
- des troubles osseux y disparition de l'angulation du jarret ("jarret droit") avec épaissement des tables articulaires et raccourcissement des os.

Le manganèse est nécessaire à la **synthèse** des **mucopolysaccharides** du cartilage. Sa carence est responsable de **lésions** biochimiques qui expliquent le raccourcissement des os par la diminution de la croissance enchondrale et les déformations **osseuses**.

D.10 - Carence en iode

On constate :

- un goître ou hypertrophie de la **tyroïde** difficilement décelable chez les ruminants. Il est diagnostiqué à la palpation
- de l'**infécondité** : **anoestrus** chez la femelle et perte de libido chez le mâle
- une baisse de la croissance,

Les signes **observés** sont ceux de l'insuffisance **thyroïdienne**. La synthèse de thyroxine (hormone de croissance et de développement) diminue et la stimulation hypophysaire augmente alors en vain, l'**activité thyroïdienne** (T.S.H. : thyroïde stimulating hormon) d'où l'hypertrophie de la glande ou **goître**.

.../...

D.11 - Carence en sélénium

Le syndrome encore dénommé "myopathie-dyspnée" (55) est responsable :

- de signes de dégénérescence musculaire d'où boiteries
- de troubles respiratoires et cardiaques pouvant entraîner une mort foudroyante.

La pathogénie n'est pas bien élucidée, mais des auteurs cités par LAMAND (1975) (61) ont montré que le sélénium faisait partie d'une enzyme : la peroxydase du glutathion qui assure la stabilisation des membranes des organites de la cellule et l'intégrité de l'hémoglobine et la myoglobine.

L'élévation de la T.G.O. (Transaminase glutamique oxalacétique) du plasma :

T.G.O. < 130 : animaux sains

T.G.O. compris entre 130 - 240 : animaux suspects

T.G.O. > 240 : animaux malades.

est un excellent indicateur de la carence. En effet, la cellule musculaire ne libère cette enzyme qu'en cas de lésion (48).

D.12 - Carence en molybdène

Les carences en molybdène dans les sols sont souvent associées aux carences en cuivre et en cobalt. mais sur le bétail, ce type de pathologie n'a pas été rencontré. Par contre; il est possible d'observer des cas de toxicité en cet élément provoqués par des fourrages riches en molybdène ; cette toxicité se traduit par des phénomènes de carence en cuivre, l'excès de molybdène empêchant l'assimilation du cuivre, L'excès de molybdène dans les fourrages entraîne des troubles graves chez les ruminants, notamment une diarrhée violente et de l'amaigrissement,

II - MOYENS D'APPRECIATION DES RISQUES DE CARENCE MINERALE

Le diagnostic clinique de carence minérale n'est pas aisé. Les subcarences (expression clinique discrète) et recoupement de symptômes (cf. pages précédentes) sont fréquents. Les teneurs en minéraux des aliments, du sol et des eaux constituent d'importants commémoratifs. Les résultats analytiques viendront confirmer les suspicions,

A - ANALYSES des Aliments

A.1 - Matériel et méthodes

Trois types d'aliments provenant de cinq zones agropastorales (Fleuve, Zone Sylvopastorale, Cap-Vert, Bassin arachidier et Sénégal Oriental) ont été étudiés. Ce sont :

- les Fourrages Naturels
- les fourrages cultivés
- les résidus de récolte et sous-produits agro-industriels.

Tous les échantillons ont été envoyés au Laboratoire de Nutrition de l'IEMVT en France pour l'analyse.

- Le phosphore est dosé par colorimétrie
- Le potassium et le sodium sont déterminés par photométrie de flamme
- Les autres minéraux : calcium, magnésium, cuivre, zinc, manganèse, fer, cobalt sont dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Au total, l'analyse a porté sur 243 échantillons. Les résultats obtenus sont consignés sous forme de tableaux (n°7, 8, 9, 10, 11, 12) et comparés aux limites de carence, normes de besoins et de toxicité des minéraux (tableau n°13).

.../...

A.2 - Zones prospectées et types de carence rencontrés

A.2.1 - Région du Fleuve

Grâce à ses nombreux aménagements hydro-agricoles, la vallée du Fleuve Sénégal constitue actuellement une région relativement privilégiée sur le plan de la disponibilité en sous-produits agro-industriels dont quelques uns sont ici étudiés.

La paille de riz (de la S.A.E.D. : Société d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta) est un fourrage pauvre (0,40 UF et 26 g MAD/kg MS). Le principal d'intérêt qu'elle connaît actuellement est sans doute la conséquence du déficit fourrager consécutif aux années successives de sécheresse.

Les drêches de tomate séchées (de la SOCAS : Société de Conservation Alimentaires du Sénégal) ont une bonne valeur alimentaire (0,6 UF et 120 g MAD/kg MS) malgré leur forte teneur en lignine (20 % de la MS). Elles sont vendues au détail par qui les distribuent préférentiellement aux ovins.

La mélasse produite par la C.S.S. (Compagnie Sucrière sénégalaise) est exportée vers l'Europe à 90 %. Seulement 10 % de la production est écoulée sur le marché local (27, 86). Son utilisation en alimentation animale n'est pas bien connue par les éleveurs. C'est un aliment énergétique (0,75 VF) bien apprécié et très digestible qui permet d'améliorer l'ingestion de fourrages grossiers non appréciés.

a) Carence en calcium

La paille de riz seule ou complétée et le foin de chloris gayana ne satisfont généralement pas les besoins de l'animal en calcium.

b) Carence en phosphore

Parmi les aliments étudiés, seules la farine basse de riz qui a un rôle mineur dans l'alimentation des animaux et les drêches de tomate séchées ne couvrent pas les besoins en phosphore,

TABLEAU 7 7 : REGION DU FLEUVE

Aliments + % concentré Constituants minéraux	Paille de riz	Farine basse de riz	Paille de riz + farine basse de riz		Paille de riz + tourteau d'arachide		Paille de riz + Guiera senegalensi	Paille de riz + graine de coton			Mélasse de canne à sucre	Drèches de tomate séchée	oin de hloris ayana
			30 %	40 %	10 %	20 %	20 %	20 %	25 %	30 %			
<u>en g/kg MS</u>													
Ca	5,90 2,70** 1,90** 3,0** 2,5**	1,5***	3,10*	2,10**	2,30**	1,70*	3,99*	1,9** 1,1** 4,3 2,5**	1,8**	3,1*	18,8 19,1	7,20 13,0	4,60 3,30* 3,90* 2,90**
P	2,10* 1,10*** 1,00*** 1,90** 1,90** 1,6**	10,1	6,5	3,20	1,7**	1,30	0,96***	1,5** 0,8*** 1,6** 2,5*	1,9**	6,5	0,6*** 0,7***	4,10 4,20	2,60* 2,20* 2,50* 2,20*
Mg	1,30 1,50*** 1,80*** -	8,1	3,9	1,5	2,20	1,30	2,39			3,9	3,5 4,0	2,5 2,6	1,90*** 1,40*** 1,60*** 1,80***
K	2,30*** 16,5 ? 2,10***	0,2	13,6	1,6***	15	14,8	16,67				50,7 67,4	8,9 8,3	17,9 18,20 20,40 10,60
<u>en mg/kg MS</u>													
CO	0,46 0,73 0,83	0,67	0,74	0,62	0,46	0,56	1,72		0,54	0,74	1,16 0,49	0,53 0,53	0,24 0,19 0,13 0,16
CU	6,4**** 6,30**** 4,6****	7,8***	10,5	7,7***	6,6****	8,5***	12,70		5,8****	10,5	11,85 3,6****	13,3 14,4	9,4*** 6,40*** 5,00*** 7,70***

.../...

TABLEAU N° 7 : (suite)

Zn	56 40,7**** 35,5**** - -	49,2***	47,3***	40,4****	43,5****	51,2	41,82****	-	43,1****	47,3***	22**** 27,4****	29,2**** 36,0****	23,3**** 22,40**** 17,30**** 39,30****
Mn	690 436,0 218,0 - -	134	623	549	591,6	729	526,9	-	627	62	77,1 56,1	44,1**** 50,2	87,6 87,5 98,2 158,0
Fe	983 1109,0 1255,0 - -	593,2	1186	839	1309,9	898,0	775,7	-	1095	1095	566,0 404,9	584,0 784,4	662 581,0 415,6 405,0
Na	4224 3410 3472 - -	318,7***	-	-	-	-	6680	-	1938*	1938*	3404 6154,2	567*** 835***	8154 7519 8938 6921

1) < limite de carence : ****

2) < entretien (E) : ***

3) < E + 250 g/j ou
E + 10 l de lait : **4) < E + 500 g/j ou
E + 20 l de lait : *

. Foin de chloris gayana : le même échantillon de fourrage a fait l'objet de plusieurs analyses.

c) Carence en potassium

La paille de riz est déficitaire en cet élément. La teneur élevée 16,5 g/kg MS constitue une valeur aberrante.

d) Carence en sodium

Ces faibles concentrations sont relevées sur les drêches et la farine basse de riz.

e) Carence en cuivre

Les résultats obtenus sur la paille de riz (5,7 ppm) sont inférieurs au seuil de carence (7 ppm). Le traitement au sulfate de cuivre des parcelles de tomate élève probablement la teneur en cuivre des drêches de tomate séchées.

f) Carence en zinc

Le besoin en zinc (50 ppm) n'est couvert par aucun des aliments étudiés dans la région.

A.2. - Zone oyivo-pastorale

Deux types de végétaux sont étudiés dans la zone :

- la tapis herbacé (tableau n°8)
- les ligneux (tableau n°9).

Les échantillons sont constitués de couvert herbacé fauché et de ligneux récoltés sur des espèces appréciées. Cependant, il convient de noter que la composition botanique du régime ne reflète pas celle du pâturage (102), mais les choix des animaux sont influencés par la composition du pâturage. C'est ainsi que la disparition de certaines espèces de graminées très bien appréciées peut entraîner une augmentation de la consommation d'autres plantes.

Les graminées grossières (*Aristida longiflora*, etc...) sont consommées en fin de saison sèche, en période de soudure. Par contre, les légumineuses et autres herbacées appréciées (*Merremia tridentata*,...) sont surtout disponibles en début de saison sèche avant la chute des feuilles.

A.2.2.1 - Le tapis herbacé

a) Carence en calcium

Du début à la fin de la saison sèche, les teneurs ne couvrent pas les besoins de production.

b) Carence en phosphore

Les fourrages sont très peu pourvus en phosphore. Le besoin d'entretien n'est jamais couvert.

c) Carence en magnésium

Seules les valeurs obtenues durant l'hivernage à partir du mois d'août sont bonnes. Pendant les autres saisons, le tapis herbacé est déficitaire en magnésium.

d) Carence en potassium

Les teneurs sont généralement bonnes. Cependant, à Doli, de faibles valeurs sont relevées à la fin de l'hivernage,

e) Carence en sodium

Les fourrages sont pauvres en sodium,

f) Carence en cuivre

Dans la majorité des cas, les teneurs sont inférieures au seuil de carence.

g) Carence en zinc

La carence est générale et sévère.

A.2.2.1 - Le6 ligneux

a) Carence en phosphore

Les ligneux étudiés sont pauvres en phosphore.

b) Carence en magnésium

Les fruits et gousses de ligneux ont des teneurs faibles en magnésium.

c) Carence en sodium

Hormis les feuilles vertes et sèches de Calotropis procera (Tessékéré), les résultats obtenus sont en dessous des recommandations,

d) Carence en cuivre

Elle existe, Les besoins ne sont pas couverts en général. Les Acacia sp. importants dans le régime des animaux, bien appréciés ont des taux inférieurs au seuil de carence .

e) Carence en zinc

Elle est sévère. Les valeurs se situent en dessous de la limite de carence.

f) Carence en Mn

De faibles valeurs sont relevées sur les feuilles et gousses d'Acacia seyal et les fruits de Boscia et Adansonia sp.

A.2.3 - Région de JAKAR

Les fourrages cultivés et les ensilages ont été utilisés dans le contexte de la production laitière intensive à la ferme expérimentale de Sangalkam (tableau n° 10). Les normes de GUEGUEN et LAMAND (1972, 1978) (58, 44) ont donc servi de référence (tableau n° 13).

TABLEAU N° 10 : REGION DU CAP-VERT.

g/ kg MS	Fourrages	Saison sèche froide du 15-11 au 15-3						Saison sèche chaude : 15-3 au 15-7						Hivernage : du 15-7 au 15-11					
	âge en jours	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconn	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconn	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconn
Ca	Brachiaria mutica	3,0- 3,2**	6,0*	5,7*	4,0**	6,0- 5,0*		3,0- 2,8**	3,0**					3,0- 3,7- 2,8**	4,2- 4,0**	3,0-2,0 (2,0) 3,0- 3,8-2, 3,7-2,6 2,3 1/3*** 2/3**	2,0- 2,0- 4,0- 1,9 2,8- 2,3 1/3*** 2/3**	3,0**	
	Panicum maximum (var. K 187 B)	3,0**	6,0*	(5,5)*	5,7*		4,92**	3,9**	3,9**		5,0**		(3,06 **	3,5**	3,7**		4,3**	4,3**	
	Panicum maximum (var. sotuba 5601)		6,1- 6,6- 5,2*	5,7- 5,2*	6,8- 5,6*	5,6*	3,0- 3,6- 3,4 3,0**		3,9**	3,8**				4,3**	3,3- 3,9 3,6**	3,8 3,5 3,8 3,3**	3,1 3,3 3,8**	3,4- 3,3**	
	Panicum maximum (var. C ₁)											(4,0**							
	Pennisetum purpureum (var Kizozij)	3,7- 3,4**	3,8**	3,6**	3,9**	3,5- 3,6**	3,3**				3,3	2,4- 2,5- 1,7 1/3*** 2/3**		2,9- 3,0**	2,4 2,4**	2,4- 2,1 1/2*** 1/2**	2,1- 2,2***	2,6- 3,7- 1,5**	
	Ensilage Panicum max :							3,9**											
	Ensilage Panicum + Brachiara							3,9**											
	Ensilage sorgho (var sweet sioux)																		
	Ensilage mil																		
	Ensilage maïs Niébé																		
	Leucaena leucocephala																		
	Gousses d'acacia																		

TABLEAU N° 10 (suite)

	Âge en jours	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconnu	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconnu	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconnu	
P	Brachiara mutica	4,0- 4,3	4,0	4,0	4,0	4,0-		4,0- 4,0	3,0**		3,1**			4,0- 3,8- 4,3	3,5- 3,0 1/2 * 1/2 **	3,0- 3,0- (2,0)- 3,0 3,11 3,0 3,4 3,0 2,3 100%**	3,0 3,0 3,0 --2,8 100%**	3,0**		
	Panicum maximum (var. K 187 B)	5,2	7,6	(4,5)	3,5*		3,97	3,6*			2,9**		(4,81)	4,3	3,8		3,3**	2,6**		
	Panicum maximum (var Sotuba 560†)		5,9- 6,2- 4,9	5,6- 5,7	5,5 4,7	5,2	2,0- 2,5 2,2 2,0**		5,1					5,2	4,3- 4,5 3,7	3,9- 3,7 5,1 4,1	3,1 3,6 3,8 1/3** 1/3*	2,7- 3,5 1/2* 1/2**		
	Panicum maximum (var. C ₁)										(2,75) **									
	Pennisetum purpureum (var Kizqi)	3,5- 7,2 1/2*	4,7	5,5	5,6	2,5- 6,6 1/2**	2,7**				5,0	4,8- 4,8- 3,8		4,9- 5,6	3,9- 5,1	3,7- 4,6	4,6- 4,9	3,3- 2,8 3,6 1/3* 2/3**		
Ensilage Panicum max. Ensil. Panicum + Brachiaria Ensil. sorgho (var sweet sioux)								2,9**	3,5*							3,4-4,6-4,2-4,8 1/4 **				
Ensilage mil Ensilage maïs Niébé Eeucaena leucocephala Gousses d'acacia		2,0**													1,6-5,09-1,57 2/3 *** 2,4-2,91-2,86-3,40**					
		1,6***													1,8**					

TABLEAU N° 10 (suite)

	âge en jours																		
		20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconnu	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconnu	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconnu
Mg	Brachiara mutica	2,6- 2,4	3,0	2,8	2,3	--		2,0- 2,1	2,0		-			2,0- 2,5- 2,2	2,4- 2,0	2,0- 2,0 (2,0) 2,0- 4,7 1,7 2,4 3,0- 3,0	1,0- 2,0- --1,5 1/3 *		
	Panicum maximum (var K 187 B)	4,8	4,9	(7,2)	4,7		-	4,7	5,0		4,2		-	3,5	4,1		5,0	5,4	
	Panicum maximum (var Sotuba 5601)																		
	Panicum maximum (var C ₁)											(2,90)							
	Pennisetum purpureum (var Kizózi)																		
	Ensilage Panicum max. Ensilage Panicum + Brachiaria							3,8 3,1											
	Ensil. sorgho (var. sweet sioux)															1,5-2,6-2,1-7,1			
	Ensilage mil Ensilage maïs Niébé	5,20												3,9-2,5-3,9 4,0-2,5-2,4					
	Leucaena leucocephala Gousses d'acacia	1,30												4,7					

TABLEAU N° 10 (suite)

[illegible]

TABLEAU N° 10 (suite)

[illegible]

TABLEAU N° 10 (suite)

[illegible]

[illegible]

TABLEAU N° 10 (suite)

[illegible]

TABLEAU N° 10 (suite)

	âge en jours	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconnu	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconnu	20-30	30-40	40-50	50-60	60+	inconnu
Na	Brachiaria mutica	5103		5664	4389			6969			4343			8740-5865	7718-10017	9137-6462- -6492- 1620- 9137	6393-6899	-	
	Panicum maximum (var K 187 B)	826**	772**		855**			585**	1053*		937*			1196*	504		1518	1655	
	Panicum maximum (var sotuba 5601)																		
	Panicum maximum (var C ₁)											80 5)							
	Pennisetum purpureum (var kizozi)																		
	Ensilage Panicum max.							8758											
	Ensilage Panicum + Brachiaria							2101											
	Ensilage sorgho (var sweet sioux)												↓ ↓		-11330-9421-186		1/3 : **		
	Ensilage mil														4145-1515-227 3				
	Ensilage maïs														3380-2853-10850				
	Niébé	751**																	
	Leucaena leucocephala													614**					
	Gousses d'acacia	293***																	

1) < limite de carence : ****

2) < besoins d'entretien (E) : ***

3) < E + 10 l de lait : **

4) < E + 20 l de lait : *

Foins valeurs entre parenthèses ()

↓ ↓ l'ensilage de sorgho était salé

a) Carence en calcium

Les besoins d'entretien et surtout de production ne sont pas toujours couverts,

b) Carence en phosphore

La même remarque est valable mais pour le phosphore; le déficit est moins prononcé.

c) Carence en sodium

Les teneurs en sodium du Panicum K187B de saison sèche, du niébé, du Leucaena et des gousses d'acacia ne couvrent pas les besoins de production. Le salage des ensilages de maïs, mil et sorgho empêche toute interprétation.

d) Carence en zinc

Elle est profonde. Le taux se situe en dessous du seuil admis;

e) Carence en manganèse

Les ensilages de sorgho, maïs d'hivernage et gousses d'Acacia ou de faibles teneurs en manganèse.

A.2.4 = Bassin arachidier.

Mis à part la fane d'arachide, les fourrages analysés ont une importance minime dans le régime des animaux (tableau n°11).

Les pailles de céréales (mil, maïs, sorgho), en raison de leur texture grossière, ne sont pas recherchées par les animaux. Seuls des traitements physiques ou chimiques et un enrichissement surtout en azote peuvent favoriser leur ingestion.

Par contre, les fanes d'arachide constituent au Sénégal le sous-produit résultant des activités agricoles le plus important. Leur valeur alimentaire est bonne (0,55 UF et 65 g de MAD/kg MS). Le disponible a été de 1 300 000 tonnes pour la campagne 81/82 (27).

a) Carence en calcium

Les rafles et pailles de céréales sont pauvres en calcium,

b) Carence en phosphore

Tous les aliments analysés sont pauvres en phosphore.

c) Carence en Potassium

Les teneurs sont bonnes mais une faible teneur est relevée sur les rafles et spathes de maïs.

d) Carence en magnésium

Les rafles et spathes de maïs ont de faibles concentrations en magnésium.

e) Carence en sodium

Les besoins de production ne sont pas couverts.

f) Carence en cuivre

Pailles et fanes sont carencées. Les teneurs en cuivre relevées sur les *linearoides* dépassent le seuil de toxicité admis chez les ovins.

g) Carence en zinc

Pailles et fanes sont pauvres en zinc.

h) Carence en manganèse

Des valeurs inférieures au seuil de carence sont obtenues sur quelques échantillons de fane d'arachide et sur des rafles complémentées au tourteau d'arachide.

.../...

TABLEAU N° 11 : BASSIN ARACHIDIER

Constituants minéraux	Fourrages + % concentré Stations	Pailles et foin de brousse FS F+10% T.A.	Rafles et spathes de maïs		Pailles de sorgho (var 51-69)			Pailles de mil souma (var RC 80)		Fanes d'arachide	Fane d'arachide complémentée		Fane d'arachide complémentée 38 % spathes de maïs	Feuilles d'arachide linearoïdes	
			FS	F + 10% T.A.	FS	F+10% T.A.	F+13% T.A.	FS	FS+15% T.A.		+25% Sorgho	+20% graine de cotor		FS	+20% Sorgho
En g/kg MS															
Ca	Doli	cf tab1.8						1,0***		6,9-7,5					
	Bambey							2,93**		9,2-8,6-8,5					
	Nioro		1,1***	1,01***	3,0-3,0**	3,88*	3,3*	3,3*	3,62*	10,3-10,7 9,6-8,1-10,1			6,02		
P	Indéterminée									10,2-8,7-11,0-8,5-8,9-8,9-8,7-9,1-11,3-12,9-9,4-8,1-14,0-17,7	7,2	8,0		7,2-7,1	6,72
	Doli							0,7***		1,06-1,2-***					
	Bambey							2,3*		2,4-1,5-1,8**					
	Nioro		0,5***	,15***	0,3-0,5***	1,07***	,13***	1,5**	2,24*	1,3-1,4-1,5-1,5-1,2**			,14***		
Indéterminée										1,0-0,8-1,1-1,0-1,6-3,4-1,6-1,7-2,8-1,87-1,10-1,50-2,4-2,6	1,7**	0,9***		1,1-1,20***	1,32**
										1/7 : *					
										1/2 : **					
										5/14 : ***					

TABLEAU N° 11 (suite)

Mg	Doli Bambey Nioro		0,9***	0,59***	2,4-3,7	2,82	2,65	4,1 4,3	4,37	-5,6 - 5,8-4,2 0,1-6,4- 5,9-5,8- 5,7 4,4----- ---7,30- 5,ao 5,4-6,7			3,36	3,3-3,3	,16
	Indéter- minée														
K	Doli Bambey Nioro		0,4***	6,39	3,8-10,2	4,6	3,83	24,9 23,2	23,26	-15,7 13,6-8,8- 12,3-12,8 10,6-9,8- 16,22 8,7----- ---9,40- 9,80-7,5- 10,5			8,72	8,7-8,5	,19
	Indéter- minée														
En mg/ kg MS															
Co	Doli Bambey Nioro		0,76	0,17	0,24-076	0,27	0,4	0,40 0,60		-1,2 0,44-0,31 0,35-042- 0,32-0,31 0,26 ----- ---0,32- 0,31-0,24 0,23			0,35	0,4-0,41-	,42
	Indéter- minée														
Cu	Doli Bambey Nioro		17,9	5,74****	2,2-5,8 ****	4,54****	4,26****	4,8**** 8,9***		-13,5 4,3-3,8 **** 4,6-4,7- 4,08-7,9- 5,90 4/5:**** 1/5:***			7,9***		
	Indéter- minée									4,6----- ---4', 30- 7,90-5,9- 6,1 4/5:**** 1/5:***				22,9-23,1	13,24

TABLEAU N° 11 (suite)

Zn	Doli Bambey Nioro Indéter- minée	76,5	8,83****	9,1-20,3 ****	18,7****	20,2****	23,12**** 29,6****	- 52,9 18,5-14,7 **** 21,4-26,5 14,1-18,0 15,10**** 20,2----- --- 29,3- 18,0-56,2 46,10 3/5 :**** 1/5 :***	24,5****	45,6-54,6 1/2 :***	55,47
Mn	Doli Bambey Nioro Indéter- minée	50,3	32,0****	160,4- 301,9	40 6	156,1	140,5 - 109,4	- 266,0 49,2-112,7 176,9- 177,0- 191,0- 172,0- 137,0 ----- ---125,3- 172,0- 44,5-40,5 1/2 :****	27,7	161,6- 222,7	84,0
Fe	Doli Bambey Nioro Indéter- minée	2525,0	306,2	323,3- 1937,0	443,8	674,	241,9 - 1159,0	- 648,0 521,7- 645,0 621,6- 692,0- 356,0- 435,0 ----- ---496,5- 431,0- 629,0- 579,0	643,9	865,0- 1013,0	1134,6

TABLEAU N° 11 (suite)

Na	Doli Bambey						182***		-600,0***				
	Nioro	76 ***	488,0***	100,0- 334,0***	453,0***	536,1***	143***		930,2- 421,0*** 398,0- 360,0- 114,0- 125,1		85,0***		
	Indéter- minée								300,0--- ---135,0- 114,0- 695,0-617 100 p 100 ***			332,0- 428***	377***

1) < limite de carence : ****

2) < entretien (E) : ***

3) < E + 250 g/j ou
E + 10 l de lait : **4) < E + 500 g/j ou
E + 20 l de lait : *

A.2.5 - Région du Sénégal-Oriental

Les échantillons de feuilles de ligneux analysés proviennent du département de Bakel (tableau n° 12).

a) Carence en phosphore

Les besoins de production ne sont pas toujours couverts par les feuilles de ligneux.

b) Carence en sodium

Le sodium n'a été dosé que sur le coton-graine qui est peu pourvu (45 ppm).

c) Carence en cuivre

Elle est présente. Des valeurs supérieures au seuil de toxicité admis chez le mouton ont été relevées sur *Adansonia digitata* (8 ppm), *Boscia senegalensis* (18,5 ppm) et *Guiera senegalensis* (15,6 ppm). Leur importance est minime, le régime des animaux étant souvent composé d'espèces variées.

d) Carence en zinc

Les teneurs sont souvent inférieures au seuil de carence. Il est cependant à noter que les feuilles de ligneux du Sénégal-Oriental sont plus riches en zinc que celles de la zone sylvo-pastorale (cf. résultats).

e) Carence en manganèse

Une faible valeur a été relevée sur le coton-graine (15,5 ppm).

TABLEAU N° 12 : REGION DU SENEGAL-ORIENTA; : BAKEL (Ligneux)

Fourrages Constituants minéraux	Acacia seyal (feuilles)	Adansonia digitata (feuilles)	Pterocarpus lucens (feuilles)	Balanites aegyptiaca (feuilles)	Ziziphus mauritiana (feuilles)	Boscia senegalensis (feuilles)	Guiera senegalensis (feuilles)	Combretum glutinosum (feuilles)	Gossypium barbadense (coton graine)
En g/ kg MS									
Ca	8,0	21,6	8,9	18,4	9,9	9,9	7,3	8,5	1,2***
P	2,4*	2,3*	1,8**	1,7**	3,1	0,6***	2,7	1,2**	5,4
Mg	2,6	5,8	4,2	5,7	3,5	7,2	3,0	5,1	3,0
K	16,1	19,0	12,4	32,3	21,2	8,8	12,3	12,4	10,8
En mg/ kg MS									
CO						3,7	3,38	0,45	0,42
CU	6,7****	18,0	9,8***	9,1***	9,6***	18,5	15,6	8,1***	3***
Zn	38,7****	42,3***	38,3****	20,2****	41,6****	143,6 ?	38,6****	23,7****	34,3****
Mn	55,3	119,5	234,6	120,1	108,1	789	4163	201,1	15,5****
Fe	1219,1	1964	288,5	2495	376,6	692	1798	741,9	66,4
Na									45***

1°) < limite de carence : ****

2°) < entretien (E) : ***

3°) < E + 250 g/j

E + 10 l de lait : **

4°) < E + 500 g/j

E + 20 l de lait : *

TABLEAU N° 13 : LIMITES DE CARENCE ■ NORMES DE BESOINS ET SEUILS DE TOXICITE DES MINERAUX
D'APRES LAMAND, GUEGUEN (1972 - 1978) ET LE MANUEL D'ALIMENTATION DES RUMINANTS
DOMESTIQUES EN MILIEU TROPICAL

Eléments	Limite de carence	Apports recommandés						Seuil de toxicité	
En g/kg MS		1") Rations classiques						2°) Ensilage de maïs + Soufre	
		a) Croissance (bov. de 200 kg)			b) Production (vache de 600 kg)				
		Entretien (E)	E + 250 g/j	E + 500 g/j	Entretien	E + 10 kg lait/j	E + 20 kg lait/j		
		1,8	3,1	4,2	2,4	5,5	7,0		
Ca		1,2	2,1	2,7	1,8	3,5	3,8		
P		2			1,5				
Mg		2,8	2,8 à 3,8 *		5,0				
K		2	2,5	3	0,5		1		Bov : 1 000 à 2 000 g/j Ov : 100 à 200 g/j
Na									
En mg/kg MS	0,07	bovins : 0,1 Ovins - caprins : 0,2 à 0,5						0,1	100
CO									
CU	1	bovins : 10 Ovins - caprins : 5						14	Bov : 100 ov. : 15
Zn	45	bovins : 50 à 100 Ovins - caprins : 30 à 40							500
Mn	45	bovins : 50 Ovins - caprins : 30 à 40						120	1 000
Fe		40	Bovins : 50 à 150 Ovins - caprins : 40			80 à 150			
I	0,15	bovins : 0,1 Ovins - caprins : 0,1				0,8		0,8 bov. 0,8 ov-cap.	8
Mo									3
Se	0,1	bovins : 0,1 Ovins-caprins : 0,1				0,2		0,1	0,5

N.B. Les chiffres donnés (macroéléments) pour le bovin de 200 kg représentent approximativement les besoins pendant la saison sèche et pendant la saison des pluies.

* Valeurs données par Véronique HEINIS (47)

B - ANALYSES des Sérums

B.1 - Matériel et méthodes

Des normes biochimiques concernant douze (12) éléments du sang de bovins sahéliens originaires de cinq (5) zones d'élevage du Sénégal ont été déterminées à partir de 20 000 analyses sériques par FRIOT et Coll. (36). Les minéraux dosés sont : le phosphore, le calcium, le sodium, le magnésium, le cuivre et le zinc.

- Le dosage du phosphore inorganique s'effectue sur du sérum déféqué et colo-6 par le réactif de Misson.
- Les autres minéraux sont dosés, sur des sérums déféqués, par le spectrophotomètre d'absorption atomique,

Plus récemment, des profils biochimiques du troupeau importé de Sangalkam (Pakistanais et Montbéliard) ont été établis en vue du contrôle des principaux métabolismes (32).

Les résultats obtenus sont comparés aux "normes" physiologiques fournies par la littérature (E. KOLB) (54) et LAMAND, 1975 (61) (tableau n° 14).

B.2 - Zones prospectées et types de carence rencontrés

B.2.1 - Ferlo

Cette zone enregistre le taux moyen de phosphore sérique le plus faible ($50,1 \pm 1,4$ mg/l) même s'il est toujours supérieur aux normes données par KOLB.

a) Le calcium

La calcémie moyenne est à la limite de la norme de KOLB.

b) Le sodium

La natrémie ($3\ 224 \pm 15$ mg) est légèrement inférieure à la normale ($3\ 250$ mg/l) donnée par KOLB.

.../...

c) Le cuivre

Le taux moyen de cuivre sérique ($0,55 \pm 0,01$ mg) est inférieur au seuil de carence ($0,6$ mg/l).

d) Le zinc

La zincémie ($1,50 \pm 0,05$ mg/l) se situe à la limite de la normale.

Le sexe et l'âge influent sur les teneurs, sériques en minéraux, lesquelles sont significativement plus faibles chez les femelles.

La phosphorémie des jeunes (0 - 2 ans) est relativement plus élevée que celle des adultes ($38,7 \pm 3,8$ mg/l). A partir de 4 ans et plus, elle devient inférieure à la normale de KOLB. Le taux sérique des autres éléments minéraux décroît aussi de façon nette avec l'âge.

B.2.2 - C.R.Z. DE Dahra (Centre de Recherches zootechniques)

a) Le calcium

La calcémie de cette région est la plus faible ($96,5 \pm 0,9$ mg/l) et se rapproche le plus de la norme européenne (90 mg/l) proposée par DUKES, cité par FRIOT et Coll. (35).

b) Le sodium

La natrémie est inférieure à la normale.

c) Le cuivre

La cuprémie se situe à la limite du seuil de carence.

d) Le zinc

La zincémie ($1,31 \pm 0,03$ mg/l) est inférieure à la valeur de KOLB mais supérieure au seuil de carence ($0,40$ mg/l) de MILLS et Coll., cités par LAHARD, 1971 (61).

TABLEAU N° 14 : DOSAGE DES ELEMENTS MINERAUX DANS LE SANG DES BOVINS : RESULTATS OBTENUS AU SENEGAL (1973 - 1982)

En mg/ l		Phosphore	Calcium	Magnésium	Potassium	Sodium	Cuivre	Zinc	Fer
Limites de carence en mg/ l (LAMAND) (60)							0,6	0,40	
Normes en mg/ l (E. KOLB) (53)		30-40	90-110	18-32	170	13250	0,8 - 1,2	1,50	1 - 1,6
Moyennes générales **		62,1 ± 0,9	102,6 ± 0,6	26,4 ± 0,3	198,2 ± 1,4	3 401 ± 15	0,60 ± 0,01	1,46 ± 0,03	1,32 ± 0,03
Régions	Ferlo n = 480	50,1 ± 1,4	102,6 ± 0,6	22,8 ± 0,4	179,0 ± 2,2	3 224 ± 15	0,55 ± 0,01	1,50 ± 0,05	1,17 ± 0,04
	Dahra (CRZ) n = 240	74,5 ± 1,4	96,5 ± 0,9	26,4 ± 0,4	184,0 ± 1,6	3 185 ± 2	0,60 ± 0,01	1,31 ± 0,03	1,59 ± 0,03
	Zone arachidière n=800	73,3 ± 1,1	105,4 ± 1,3	28,8 ± 0,4	213,3 ± 2	3 581 ± 21	0,69 ± 0,01	1,39 ± 0,03	1,25 ± 0,04
	(embouche) n = 40	90,3 ± 2,4	90,8 ± 1,3				0,59 ± 0,02	1,04 ± 0,04	2,21 ± 0,05
	Sangalkam MTB* 94 ± 1,3		94 ± 20	22,8 ± 1,9		3 083 ± 11,3	0,97 ± 0,13	0,97 ± 0,17	2,29 ± 0,03
	(Lait) n = 30 PAK*		84,5 ± 1,8	25 ± 1,6		3 050 ± 37	0,89 ± 0,14	1,00 ± 0,14	
	Casamance n = 140	70,7 ± 1,6	92,5 ± 1,5	25,7 ± 1,1	200,3 ± 3,5	3 329 ± 30	0,49 ± 0,02	2,23 ± 0,14	1,40 ± 0,09
Saisons	Hivernage	64,9 ± 2,0	109,9 ± 1,3	29,0 ± 0,6	194,7 ± 2,5	3 489 ± 35	0,63 ± 0,02	1,41 ± 0,05	1,63 ± 0,06
Dahra 70 + (zone arachidière)	Post-hivernage	Ferlo 67	89,3 ± 2,0	25,8 ± 0,6	208,5 ± 3,0	3 487 ± 37	0,75 ± 0,02	1,30 ± 0,07	1,64 ± 0,071
	Saison sèche	50,7 ± 2,0	107,5 ± 1,4	29,5 ± 0,4	213,3 ± 2,9	3 497 ± 30	0,61 ± 0,02	1,26 ± 0,06	1,54 ± 0,051
Age	0 à 2 ans	38,7 ± 3,9	119,9 ± 3,1	31,0 ± 1,3	233,7 ± 9,1	3 743 ± 118	0,62 ± 0,04	1,39 ± 0,12	1,21 ± 0,14
	2 à 4 ans	37,1 ± 1,7	109,1 ± 1,5	30,1 ± 0,9	226,7 ± 7,1	3 607 ± 50	0,58 ± 0,02	1,31 ± 0,05	1,33 ± 0,08
	4 à 6 ans	29,3 ± 2,7	105,0 ± 2,0	31,0 ± 1,1	216,2 ± 8,8	3 525 ± 59	0,54 ± 0,02	1,29 ± 0,06	1,30 ± 0,12
	6 à 10 ans	28,8 ± 2,0	104,8 ± 1,9	30,4 ± 0,9	215,8 ± 5,7	3 548 ± 48	0,54 ± 0,02	1,25 ± 0,05	1,18 ± 0,08
	10 ans	29,2 ± 4,2	104,1 ± 3,0	29,7 ± 2,1	217,3 ± 21,6	3 544 ± 91	0,51 ± 0,03	1,21 ± 0,07	1,27 ± 0,24
Sexe (Labgar 72)	Femelles	30,6 ± 1,3	102,3 ± 1,2				0,51 ± 0,03	1,22 ± 0,04	
	Mâles	37,9 ± 2,5	107,0 ± 3,3				0,53 ± 0,05	1,21 ± 0,08	
	Castrés	39,9 ± 2,8	108,6 ± 3,3				0,53 ± 0,04	1,18 ± 0,07	
Espèce (zone arachidière /2)	Zébus	80,6 ± 2,6	114,1 ± 2,1	31,2 ± 0,6	237,6 ± 4,4	3 679 ± 43	0,68 ± 0,02	1,80 ± 0,25	1,18 ± 0,06
	Métis	81,5 ± 6,3	107,6 ± 3,1	27,8 ± 1,5	187,1 ± 5,4	3 386 ± 58	0,54 ± 0,04	1,52 ± 0,25	1,58 ± 0,13
	Taurins	66,7 ± 1,8	109,3 ± 2,7	30,3 ± 0,9	207,0 ± 4,4	3 518 ± 42	0,54 ± 0,03	1,46 ± 0,12	1,20 ± 0,07

La saison a une influence assez nette sur les taux **sériques** en minéraux. Les meilleurs taux en calcium et zinc sont obtenus pendant l'hivernage, Le post-hivernage voit les taux sanguins en phosphore, cuivre et fer **s'accroître**. Pendant la saison **sèche**, les concentrations en **magnésium**, potassium et sodium augmentent dans le sang.

B.2.3 - Zone arachidière

a) Cuivre

Cette zone enregistre la meilleure cuprémie (0,69 + 0,01 mg/l) **chez** les races autochtones, Elle est **supérieure** à la limite de carence mais inférieure aux normes de KOLB.

b) Carence en zinc

La **zincémie** est faible par rapport à la normale.

Des comparaisons ont été faites en fonction de l'âge, l'espèce et la saison.

- Les taux sanguins **diminuent** avec l'âge. La **calcémie** décroît jusqu'à 4 - 5 ans puis se stabilise. Pour le phosphore, les valeurs obtenues à partir de 6 ans sont inférieures aux normes **européennes**.

- L'espèce **zébu** a les meilleures teneurs **sériques** en **calcium**, sodium, potassium, **magnésium**, cuivre et zinc, Les valeurs optimales en phosphore et fer ont été **enregistrées** chez les métis (Zébus x Taurins).

- Les taux de **calcium**, phosphore et zinc **s'élèvent** pendant l'hivernage. Le fer et le cuivre augmentent pendant le post-hivernage et les meilleurs taux en **magnésium**, sodium, potassium sont obtenus en **saison sèche**.

B.2.4 - Zone de Sangalkam

B.2.4.1 - Animaux d'embouche

a) Calcium

La **calcémie** est **sensiblement égale** à la norme de DUKES mais **inférieure** à celle de KOLB.

b) Le cuivre

Les taux se situent en dessous de la limite de carence.

c) Le zinc

Ces animaux enregistrent la plus faible zincémie. Elle est cependant supérieure à la limite de carence.

B.2.4.2 - Elevage laitier de Sangalkam

La phosphorémie est peu différente de celle obtenue sur les animaux d'embouche de la zone.

a) Calcium

La moyenne est faible mais les valeurs enregistrés en octobre et décembre (51) sont comprises dans l'intervalle de KOLB.

b) Sodium

Les natrémies les plus faibles sont obtenues sur le troupeau laitier. Aucune carence en oligo-éléments n'a été signalée, les animaux recevant une ration complémentée.

B.2.5 -- Région de Casamance

La Casamance enregistre la meilleure zincémie ($2,23 \pm 0,14$ mg/l).

La carence en cuivre est assez prononcée dans cette région où a été signalée la plus basse cuprémie ($0,49 \pm 0,02$ mg/l), inférieure à la limite de carence ($0,6$ mg/l).

.../...

C - ANALYSES DES EAUX

C.1 - Matériel et méthodes

C.1.1 - Matériel

En 1968 et 1969, 58 points d'abreuvement ont été prospectés dans la région Nord du Sénégal (34). Les échantillons analysés sont au nombre de :

- 34 pour les eaux de forage (200 à 300 mètres de profondeur)
- 18 pour les eaux de puits (40 à 80 mètres de profondeur)
- 6 pour les eaux de surface, Ce sont les eaux des mares, du Lac de Guiers et du Fleuve Sénégal.

C.1.2 - Méthodes

Les éléments minéraux doses sont le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium, déterminés par spectrophotométrie de flamme en absorption atomique sur l'appareil PERKIN-ELMER modèle 290 et le phosphore dose par photocolorimétrie sur l'appareil BECKMANN.

Le phosphore est présent dans les eaux à des taux très faibles, de l'ordre du microgramme par litre ($\mu\text{g/l}$). Les autres minéraux sont exprimés en milligramme par litre (mg/l).

C.2 - Résultats

Ils figurent sur le tableau n°15 et ont permis une cartographie (cf. annexe III). Des différences sont relevées suivant la nature des points d'eau et leur répartition géographique,

a) Le phosphore

- Le phosphore se trouve en très faibles quantités dans les eaux de forages, Dans les eaux de puits et de surface, il est présent à des taux un peu plus importants.

$$P_{\text{eaux de surface}} > P_{\text{puits}} > P_{\text{forages}}$$

La zona Est du pays est la plus riche en phosphore alors que la zone centrale Nord et Ouest du Ferlo contient peu de phosphore.

b) - Le calcium

La moyenne des teneurs en calcium des eaux de puits est supérieure à celle des eaux de forage elle-même supérieure à celle des eaux de surface.

$$Ca_{\text{Puits}} > Ca_{\text{forages}} > Ca_{\text{eaux de surface.}}$$

Les eaux calcaïques se rencontrent principalement :

- dans la zone Linguère, Barguédji, Vélingara, Révane, Guéya Kadar
- sur la bande côtière : Ndande, Louga, MPal.

c) - Le potassium et le sodium

La moyenne des teneurs en sodium, potassium des eaux de forage est supérieure à celle des eaux de puits et de surface.

$$K, Na_{\text{Forages}} > K, Na_{\text{Puits}} > K, Na_{\text{Eaux de surface}}$$

Leur répartition est grossièrement Ouest-Est, avec de fortes concentrations pour la bande Darou Mousty, Ndiagne, Tatqui.

d) - Le magnésium

La répartition du magnésium se fait dans le sens Nord-Sud. Les concentrations élevées se situent au Nord et les plus faibles au Sud, mais la délimitation n'est pas bien nette.

$$Mg_{\text{Puits}} > Mg_{\text{forages}} > Mg_{\text{eaux de surface,}}$$

000/000

En définitive, les eaux de surface ont les meilleures concentrations en phosphore et les teneurs les plus faibles en calcium, magnésium, potassium et sodium

D - DONNEES PEDOLOGIQUES

Tout sol est issu d'une roche mère et contient de nombreux sels minéraux qui lui sont restitués sous forme de résidus animaux ou végétaux. En effet, les végétaux poussent là où ils trouvent les éléments chimiques indispensables à leur développement.

Au Sénégal, les connaissances actuelles en géochimie et en pédochimie sont assez limitées. Toutefois, la bibliographie signale des types de sols particulièrement carencés ou riches en minéraux (cf. synthèse de PERIGAUD) (94), et des documents de base tels que la carte géologique du B.R.G.M établie au 1/500.000^e (12) et la carte pédologique du Sénégal au 1/1.000.000^e de l'ORSTOM (92) permettent d'ébaucher une carte des carences probables au Sénégal (cf. annexe II).

D.1 - La roche-mère

Trois grands types de roches ont été identifiés au Sénégal.

D.1.1 - Les roches éruptives

Les roches éruptives existent dans la presqu'île du Cap-Vert qui, au Miocène et au Quaternaire a été le siège d'une activité volcanique dont les témoins sont représentés par des diorites, des basanites, des basaltes et des tufs,

Ces roches se rencontrent également dans la région de Thiès et ont les particularités suivantes :

- elles sont pauvres en iode et sélénium qui, par ailleurs, a une répartition très variable à l'intérieur d'une même zone de carence
- les roches éruptives basiques sont riches en zinc, mais l'assimilabilité du zinc interfère avec de nombreux facteurs : compacité du sol, niveau d'azote et d'acide phosphorique, luminosité, etc... (d'après DARTIGUES cité par PERIGAUD (94)).

- les basaltes ont également une bonne teneur en cuivre et cobalt, mais des recherches confirment que l'altération subie au cours de la genèse des sols rend ce cuivre très peu disponible dans le profil (96).

D.1.2 - Les roches sédimentaires

Le bassin sédimentaire secondaire et tertiaire est largement étendu. Il se prolonge vers le Nord en Mauritanie et vers le Sud, en Guinée portugaise.

- Les sédiments fins ferrugineux font partie du socle ancien du Bassin et ne se rencontrent qu'au Sud-Est du pays, au Sénégal-Oriental.

- Les argiles et marnes sont riches en cuivre et cobalt et contiennent du sélénium. Ces dépôts argileux du Tertiaire se situent autour du Lac de Guinée dans la région du Cap-Vert, de Thiès et du Sine-Saloum au Nord des dépôts lacustres.

- Le quartz, les sables, grès et conglomérats, pauvres en oligo-éléments et plus particulièrement en cuivre et cobalt constituent un type de roches dominant dans la zone sylvo-pastorale. On les rencontre également à Thiès, au Sine-Saloum, en Moyenne et Basse-Casamance,

- Les oédiments calcaires sont susceptibles d'engendrer des gares en cuivre et cobalt. Leur teneur en manganèse est variable. Ces formations sont représentées par les calcaires lacustres du Quaternaire au Nord et Nord-Est du pays, les calcaires à Nummulites du Tertiaire de Louga à Thiès.

Ces calcaires existent également dans la région du Sine-Saloum et dans le Sud où ils présentent souvent des niveaux phosphates exploités. La vallée du Sénégal compte aussi des niveaux à phosphate de chaux.

D.1.3 - Les roches métamorphiques

Ces dernières, particulièrement représentées au Sénégal-Oriental, sont d'origine éruptive ou sédimentaire et ont recristallisé à la suite d'une élévation de température et de pression. Elles comprennent :

- les quartzites et quartzophyllades
- les schistes et ~~mb~~schistes du Sénégal-Oriental très peu modifiés et qui gardent en général leur composition d'origine, Les schistes cristallins sont assez riches en oligo-éléments
- les roches acides telles que les granites sont mieux pourvues en molybdène, peu ferrifères et pauvres en cuivre et cobalt.

D.2 - Les types de sol

Le pays compte cinq grands types de sols.

D.2.1 - Les sols à sesquioxydes

Les oxydes de fer et d'alumine existent en quantité importante dans ces sols des régions subtropicales et intertropicales.

Les sesquioxydes comprennent les sols ferrugineux tropicaux très étendus dans le Fouta et les sols ferrallitiques de la moyenne et basse-Casamance et se caractérisent par la grande mobilité du fer et du manganèse.

Ils sont en outre très pauvres en oligo-éléments ; inclus et "bloqués" par les oxydes de fer. En général, la richesse en fer d'un sol est incompatible avec une bonne teneur en oligo-éléments, même si la roche-mère en est bien pourvue.

D.2.2 - Les sols hydromorphes

Leur évolution est dominée par la présence d'un excès d'eau dans le profil. L'engorgement temporaire ou permanent dont ils font l'objet déterminent des sols minéraux à pseudogley marqués par des tâches et petites concrétions ferromanganesiques.

Ces sols à hydromorphie temporaire existent dans les dépressions et vallées du Fleuve et du Saloum et ont la particularité suivante :

- ils sont mal drainés et le lessivage intense dont ils font l'objet a conduit à la mise en solution et migration en profondeur des **éléments minéraux**
- ils sont donc susceptibles d'induire des carences minérales.

D.2.3 - Les sols halomorphes

Ces sols particulièrement riches en sodium se rencontrent surtout dans le delta du Sénégal et la partie Nord du Sine-Saloum.

Les alluvions fluvionnaires argileuses qui les composent, signalent des sols riches en sodium et en sulfate et peuvent présenter des teneurs excessives en molybdène. Par conséquent, ^{elles} peuvent être à l'origine de carences secondaires en cuivre.

D.2.4 - Les sols isohumiques

Ils existent dans les régions à climat sahélien, différent des autres sols par leur teneur organique faible, imputable à une minéralisation intense, et comprennent :

- les sols bruns riches en oligo-éléments (94) disponibles dans le profil. Les sols bruns sur marnes, chimiquement plus riches et plus fertiles, constituent une bande au Nord-Est du pays
- les sols bruns rouges (bande Sud de la région du Fleuve et Nord de la zone sylvo-pastorale) ont une évolution pédologique plus poussée ; ils se sont formés sur du matériel plus sableux, ce qui laisse entrevoir leur moindre teneur en oligo-éléments par rapport aux types de sols précédemment décrits.

D.2.5 - Les vertisols

Ils constituent un type de sol de couleur gris-noir, bien représentés dans les régions du Cap-Vert et de la Casamance, se caractérisant par l'abondance d'une argile gonflante : la montmorillonite.

Les vertisols sont riches en cations alcalino-terreux Ca^{++} et Mg^{++} et les argiles qui les composent concentrent les oligo-éléments.

.../...

D.3 - Résultats d'analyse

Les analyses de sols dont nous rapportons les résultats (tableau n°16) ont été effectuées à Banbey dans le cadre d'une étude de caractérisation physico-chimique de sols cultivés. Leur objet est d'apprécier le niveau de carence en phosphore des sols en construisant à partir de l'implantation d'un essai au champ, une courbe de réponse aux engrais phosphatés.

Les parcours naturels du Ferlo ont également été étudiés (114) en vue de la caractérisation hydrique des sols.

LA CARENCE EN PHOSPHORE

Le phosphore (P_2O_5) assimilable a été déterminé par la méthode de OLSEN-DABIN dont le seuil de carence en phosphore est de 30 ppm (ROCHE et Coll.) (105).

Les concentrations en phosphore des sols du Ferlo sont exprimées en (pour 1000) et selon GOURARI cité par THIONGANE (106), les sols sont fortement carencés en dessous de 0,15 pour 1000.

Ces résultats font apparaître l'importance de la carence en phosphore des sols étudiés. En effet, les teneurs en P_2O_5 assimilable se situent nettement en dessous du seuil de carence et confirment la nécessité d'enrichir les sols en cet élément.

**TABLEAU N° 16 : TENEURS EN MINERAUX DES SOLS : RESULTATS OBTENUS AU LABORATOIRE DES SOLS
DU CNRA DE BAMBEY ET AU SERVICE D'AGROSTOLOGIE**

Régions	Stations	Année	Observations	Nombre d'échantillons	Horizon (cm)	PH	P ₂ O ₅ assimilable	C (%)	N (%)	C/N	Matière organique %	Ca mg/100g	Mg mg/100g	Na mg/100g	K mg/100g	Somme des bases mg/100g	
seuil critique						5,2	30 ppm				1,5 à 2					1,5	
SAINT-LOUIS	Richard Toll Fanaye	1978	Solhydromorphe	3	0-20	6,5	0,8	7,5	0,83	9	1,3	7,90	9,41	0,98	0,70	18,99	
		1978	Solhydromorphe	16	0-10 10-20 20-30 30-45	6 6 6,1 6,1	1,23 2,45 1,12 3,27	4,75 4,90 4,14 3,78	0,45 0,49 0,44 0,43	10 10 9 9	0,8 0,8 0,7 0,6	14,02 14,82 14,95 14,82	10,40 10,65 10,97 10,55	0,67 0,72 0,73 0,83	0,72 0,70 0,70 0,66	25,81 26,89 27,35 26,86	
	Fanaye	1981	Solhydromorphe peu humifère	6	0-20	7,11	4,2	4,92	0,4855	10	0,8	7,5	11,05	0,9	0,24 ^Q	19,69	
	CAP-VERT	Sébikhotane	1979	Sol d'origine, analyses en vue de cultures maraîchères	4	25	7,05	2,5	9,51	0,52	18	1,6	56,5	5,7	0,44	0,220	62,88
	FERLO (sableux)	Tatki (aval)	1985	Solferrugineux tropical sableux à sablo-argileux		0-28	6,9	0,024	3,56	0,14	25,4	0,61	1,80	0,60	0,01	0,16	2,57
					28-60	7,5	0,021	1,26	0,16	8	0,09	2,70	1,50	0,01	0,02	4,23	
					60-100	7,5											
Tatki (amont)					0-5	7,5	0,02	3,25	0,10	32,5	0,02	1,20	0,34	0,00	0,14	1,68	
					5-30	7,6	0,013	1,69	0,08	21,0	0,013	0,94	0,28	0,02	0,12	1,36	
					30-60	7,6	0,01	1,26	0,28	4,5	0,01	1,00	0,11	0,00	0,10	1,50	
Vindou (aval)					60-130	7,2											
					0-2/10	7,2	0,03	8,1	0,31	26	1,4	1,50	0,60	0,03	0,24	2,37	
					2/10-4/12	7,2	0,02	6,83	0,26	26	1,2	1,65	0,60	0,08	0,19	2,52	
					4/12-40/45	7,5	0,01	3,46	0,27	13	0,6	1,80	0,70	0,10	0,04	2,64	
					40/45-100	7,7	0,01	2,13	0,08	27	0,14	1,40	0,90	0,08	0,03	2,41	
					100/140	7,8	0,01	1,24	0,06	21	0,2	0,70	0,80	0,04	0,02	1,56	
Vindou (amont)					140/160	7,5	0,01	1,42	0,07	21	0,2	0,70	0,55	0,02	0,02	1,29	
					0-10	7,3	0,01	3,09	0,13	24	0,5	1,00	0,50	0,01	0,10	1,61	
					10-40	7,0	0,01	1,65	0,09	18	0,3	0,90	0,60	0,02	0,03	1,55	
					40-110	5,6	Tr.	1,34	0,11	12	0,2	0,60	0,80	0,03	0,02	1,45	
					110-150	5,1	0,01	0,94	0,07	13	0,2	0,30	0,30	0,02	0,01	0,83	
Amali					0-20	7,5	0,013	1,86	0,10	18,6	0,3	1,03	0,34	0,01	0,08	1,46	
					20-45	6,5	0,013	1,33	0,24	5,5	0,2	0,90	0,48	0,00	0,02	1,40	
					45-110	5,5	-	-	-	-	-	0,70	0,74	0,00	0,01	1,45	
					110-180	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

TABLEAU N° 16 (Suite)

						en ppm										
LOUGA	Léona	1977		12		6,9	1,5	1,24	0,14	9	0,21	0,8	0,39	0,021	0,029	1,24
DIOURBEL	Bambey	1976	Sol Dior (fer- rugineux tropi- cal peu lessivé)	6	0-20	5,6		1,83	0,18	10	0,31	0,49	0,175	0,017	0,050	0,73
	Bambey (CNRA III)	1980		6	100-120	5,3	-	-	-	-	-	0,91	0,51	0,028	0,043	1,49
THIES	Thilmakha	1977		5	0-10	5	-	-	-	-	-	0,16	0,04	0,02	0,03	0,25
SENEGAL- ORIENTAL	Kédougou (vallée Gambie)	1977		81	0-20	4,3		16,33	0,90	18	0,28	1,38	0,34	0,05	0,45	0,22
					20-50	4,6		15,72	0,62	25	0,27	0,60	0,12	0,05	0,11	0,88
SINE-SALOUM	Nioro *	1984	Sol ferrugineux tropical lessivé à tâches et concrétions (sol beige)		0-P	5,08	22,05	3,60	0,36	10	0,6	0,65	0,213	0,012	0,04	0,91
				24	P-35	5,11	17,15	3,85	0,29	11	0,6	0,89	0,245	0,021	0,034	1,21
CASAMANCE	Séfa *	1981	Sol rouge de plateau				15,8	4,39	0,33	13	0,75	0,86	0,48	0,008	0,070	1,21

① Fanaye (1981) $\frac{Mg}{K} = 46 > 20 \Rightarrow$ carence en K

* Apport de phosphate de Matam au sol

① Tr = traces

III - DISCUSSIONS ET CONSEQUENCES PRATIQUES

A - RESULTATS DE L'ANALYSE

A.1 - Les fourrages : *Teneurs en minéraux et facteurs de variation*

Une comparaison des résultats à l'échelle régionale et une interprétation statistique valable s'avèrent illusoire en raison d'une part de l'hétérogénéité des types d'aliments étudiés et, d'autre part, du faible échantillonnage et de la dispersion des résultats.

Néanmoins, le calcul de la moyenne nous aura permis de connaître l'ordre de grandeur. Les valeurs extrêmes rendent compte de l'étalement des résultats (cf. tableau n° 17).

A.1.1 - Teneur en calcium

Mis à part les ligneux, les concentrations en calcium sont relativement faibles (figure n° 2).

a) Différence entre ligneux et herbacés

La strate herbacée est moins riche en calcium que la strate ligneuse.

b) Différence entre genre, espèce et variété

Toutes saisons confondues, le *Panicum max.var. K187B* a la meilleure teneur en calcium. *Pennisetum purpureum* est très pauvre en cet élément.

$\text{Ca Panicum max.var. K187B} > \text{Ca Panicum max.var. 5601} > \text{Ca Panicum max.var. Cl} > \text{Ca Brachiaria mutica} > \text{Ca Pennisetum purpureum}.$

c) Partie de la plante

Chez les ligneux, tous genres et espèces confondus, la teneur en calcium des gousses et inflorescences est inférieure à celle des feuilles.

d) Etat du végétal

Les feuilles sèches de ligneux (Tessékéré et Doli) ont des concentrations en calcium plus faibles que celles des feuilles vertes.

e) Stade de développement

La teneur en calcium des graminées fourragères décroît avec le vieillissement de la plante (figure n° 3).

f) Influence du taux de cellulose brute

Il apparaît sur la figure n° 4 que le taux de cellulose brute est inversement proportionnel à la teneur en calcium chez les graminées cultivées.

g) Effet saison

Les fourrages cultivés produits en saison sèche froide (SSP) ont des teneurs en calcium plus élevées que celles de la saison sèche chaude (SSC), elles sont supérieures à celle de l'hivernage (cf, figure n° 3). C'est le phénomène A: dilution : en effet, pendant la saison des pluies, la croissance est maximale la masse végétale est donc plus importante et, comme les minéraux diffusent dans tous les tissus, leur concentration devient plus faible (figures n° 5 et 6).

Dans la zone sylvo-pastorale, les meilleurs taux en calcium sont obtenus pendant le post-hivernage*

h) Effet de la complémentarité

En moyenne, aux taux où ils sont utilisés, le tourteau d'arachide et le Guiera senegalensis ne semblent pas améliorer la teneur en calcium des rations à base de pâturage naturel (zone sylvo-pastorale) et à base de rafles et épis de maïs.

Le sorgho, la graine de coton et les rafles de maïs n'offrent aucun intérêt en matière de complémentarité calcique des fanes d'arachide.

TABLEAU N° 17 : TENEURS EN MINÉRAUX DES ALIMENTS : MOYENNES (X) ET EXTREMES (EXT)

REGION	LIEU DE RECOLTE	NATURE DE L'ALIMENT	Ca (g/ kg MS)			P (g/ kg MS)			Mg (g/ kg MS)			K (g/ kg MS)		
			N	X	EXT	N	X	EXT	N	X	EXT	N	X	EXT
Fleuve	Delta	Paille de riz	6	2,95	1,7-5,9	6	1,6	1,0-2,1	3	2,2	1,5-3,3	3	6,9	2,1-16,5
		Farine basse de riz	1	0,5		1	0,1		1	8,1		1	20,2	
		Pélasse	2	15,95	3,8-9,1	2	0,65	0,6-0,7	2	3,75	0,6-0,7	2	39,05	50,7-60,4
	Savoigne	Pêches de tomate séchées	2	10,1	2-13,0	2	4,15	4,1-4,2	2	2,55	2,5-2,6	2	8,6	8,3-8,9
		Boin de chloris gayana	4	3,75	1,9-4,6	4	2,37	2,2-2,6	4	1,65	1,6-1,9	4	16,7	10,0-20,4
		Farine basse de riz 30 à 40	2	2,6	1,1-3,1	2	7,35	6,5-8,2	2	4,2	3,9-4,5	2	7,6	1,6-13,6
		Paille de tourteau d'arachide 10 à 20	2	3	1,3-3,7	2	2,5	1,7-9,3	2	2,25	0,2-2,3	2	14,9	14,8-15
		Guiera senegalensis 20	1	3,9		1	0,96		1	2,39		1	16,6	
		Graine de coton 20 à 30	6	2,56	1,8-4,3	6	2,46	0,8-6,5	1	3,9				
	n° 27													
Zone sylvopastorale	Tessekré	Diapys herbacé seul (P.N.)	13	3,6	1,8-4,6	13	0,7	0,3-1,3	13	2,16	1,3-3,3	13	12,3	2,3-27,7
	Labgar	" "	1	5,9		1	1,0		1	3,8		1	21,4	
	Doli	" "	24	4,45	1,3-8,3	24	0,62	0,2-1,8	24	2,06	1,1-3,8	20	7,5	1,2-21,4
	Tessekré	P.N. + Tourteau	13	2,76	1,4-3,3	13	0,82	0,74-0,96	13	1,7	1,5-2,0	3	5,2	1,3-8,0
	Labgar	P.N. + Tourteau	2	4,43	1,2-4,6	2	1,03	0,8-1,27	2	?	1,75-7,38	2	24,6	24,2-26
	Doli	P.N. + Tourteau 8 à 15 %	7	2,37	1,1-2,5	7	0,87	0,7-1,1	7	1,49	1,3-1,6	7	4,4	3,3-5,2
	"	P.N. + Guiera 20 à 26 %	8	3,5	1,1-3,8	8	0,45	0,4-0,5	8	1,53	1,4-1,8	8	6,2	5,2-10,3
	"	P.N. + Tourteau (87) + Guiera (15)	4	3,11	1,0-3,2	4	0,86	0,8-0,9	4	1,57	1,53-1,59	13	5,1	4,9-5,2
	Tessekré	Ligneux feuilles vertes	18	23,41	11-53,6	18	1,4	0,5-3,8	18	4,86	2,5-13,3	18	11,4	4,8-21,6
		feuilles sèches	7	19,98	14-31,7	7	0,8	0,5-1,6	7	5,24	2,7-15,1	7	7,8	2,7-16
		gousses	8	8,5	4-17,8	8	2,02	1,3-4,1	8	2,1	1,3-3,1	8	12,8	9-16,4
	Doli	feuilles vertes	8	13,45	3-26,6	8	1,02	0,7-1,2	8	4,6	1,9-9,3	8	9,97	7,3-14,1
		feuilles sèches	2	9,15	7-11,6	2	0,65	0,6-0,7	2	3,5	3,1-4,0	2	9,2	7,5-10,9
		inflorescences	13	8,7	7-12,9	13	0,93	0,6-1,3	3	4,2	3,5-5,6	13	18,9	15,8-20,7
	M'Bidi	" feuilles	1	7,6		1	0,6		1	2,8		1	10,3	
	Vidou	(fleurs	1	15,4		1	3,2		1	3,9		1	24,8	
		(pulpe	1	4,6		1	2,7		1	3,1		1	41,9	
	Dahra	" gousses	1	8,3		1	2,9		1	2,3		1	10,0	
Sénégal-oriental	Bakel	Ligneux : feuilles	9	10,41	2-21,6	9	2,35	0,6-5,4	9	4,45	2,6-7,2	9	16,14	8,8-32,4

Na (ppm)			Co (ppm)			Cu (ppm)			Zn (ppm)			Mn (ppm)			Fe (ppm)		
N	X	EXT	N	X	EXT	N	X	EXT	N	X	EXT	N	X	EXT	N	X	EXT
3	3702	3410-4224	3	0,67	0,46-0,83	3	5,76	4,6-6,4	3	44,06	35,5-56	3	448	218-690	3	1115,6	983-1255
1	318,7		1	0,67		1	7,8		1	49,2		1	134,1		1	593	
2	4779,1	3404-6154,2	2	0,82	0,49-0,16	2	12,72	3,6-21,85	2	24,7	22-27,4	2	66,6	561-77,1	2	485,45	404,9-566,0
2	701	567-835	2	0,53	0,53-0,53	2	13,85	13,3-14,4	2	32,6	29,2-36,0	2	47,15	44,1-50,2	2	684,2	684-784,4
4	7898	6981-8154	4	0,18	0,13-0,24	4	7,15	5-9,4	4	25,57	17,3-39,3	4	102,8	87,5-138	4	515,75	405-662
1	318,7		2	0,68	0,62-0,74	2	9,1	7,7-10,7	2	43,85	40,4-47,3	2	586	549-623	2	1012,5	8139-1186
			2	0,51	0,46-0,56	2	7,55	6,6-8,5	2	47,35	43,5-51,2	2	660,3	591,6-729	2	1103,9	898-1309,9
			1	1,72		1	12,7		1	41,82		1	526,9		1	775,7	
1	6680		2	0,64	0,54-0,74	2	8,15	5,8-10,5	2	45,2	43,1-47,3	2	627	627-627	2	1095	11005-1095
3	145,3	110-169	3	0,85	0,8-0,9	3	7,3	5,9-8,4	3	25,2	18,7-36,4	3	194,2	121,9-311,7	3	802,5	5510-1033,5
1	194,0		1	0,69		1	6,0		1	31,7		1	165,8		1	627,7	
24	167,2	60-320	23	1,08	0,5-2,5	24	5,1	3,0-9,0	24	23,4	16,8-43,3	23	229,5	126,9-403	24	555,0	165-1126
3	359,3	305-447	3	0,8	0,7-0,9	3	6,1	5,1-7,9	3	39,8	18,8-22,7	3	141,1	139,9-142,3	3	682,6	660,5-720,4
2	606,5	568-645	2	1,07	1,05-1,1	2	1,3	6,9-7,64	2	48,8	48,3-49,3	2	246,6	236,9-256,3	2	1018,1	995,1-1041,1
6	392,5	128-673	6	2,52	0,5-6,5	6	5,3	4,6-5,9	6	27,9	15,1-39,1	6	158,3	122,5-186,4	6	420,5	357,5-618,7
7	298,8	289-306	7	3,27	2,2-11,5	8	6,2	5,93-6,7	8	22,5	21,8-24,5	8	296,8	259,9-382,2	8	506,5	315-614,7
5	439,6	94-539	4	1,6	1,3-1,9	4	6,4	6,3-6,6	4	25,8	25,1-27,3	4	260,6	231,4-293,1	4	552,2	528,6-600,4
18	1001,7	49,3-13070	16	1,12	0,26-5,16	18	11,03	0,9-20,9	18	22,09	11,8-48,4	18	149,6	319-555,9	18	1375,4	444-4575
7	1912,7	75-12069	6	0,9	0,4-2,34	7	9,4	4,9-7,3	7	2335	5,2-43,4	8	407,5	69,4-1165	7	1219	827-2481
8	107,8	16,9-385,2	8	0,3	0,08-0,71	8	8,7	3,6-13,3	8	34,5	19,9-30,2	8	56,7	15,9-184,2	8	399,1	185-640,5
8	104,4	76,2-225	7	2,09	0,4-6,5	8	9,6	0,9-20,4	8	19,7	7,5-42,3	8	607,6	1,71-1854	8	1033,9	548-1576
2	197,3	191,4-203,3	2	4,5	0,52-8,5	2	4,9	4,58-5,13	2	18,9	18,83-18,9	2	606,7	564,8-648,6	2	1105,1	642-1568,3
3	122,3	64,4-177	3	1,1	0,78-1,62	3	6,9	3,02-11,6	3	29,4	16,4-37,8	3	541,9	195,2-669,6	3	788,4	445,1-1285
			-	-	-	1	6,0		1	30,2		1	227,4		1	405	
			-	-	-	1	-		1	-		-	-		-	-	
			-	-	-	1	11,8		1	43		1	18,2		1	886	
1	70		1	0,34		1	4,6		1	28,9		1	54,8		1	345	
1	45		4	1,98	0,42-3,7	9	11,6	6,7-18,5	8	34,71	20,2-42,3	9	234,0	15,5-789	9	1062,4	66,4-1964

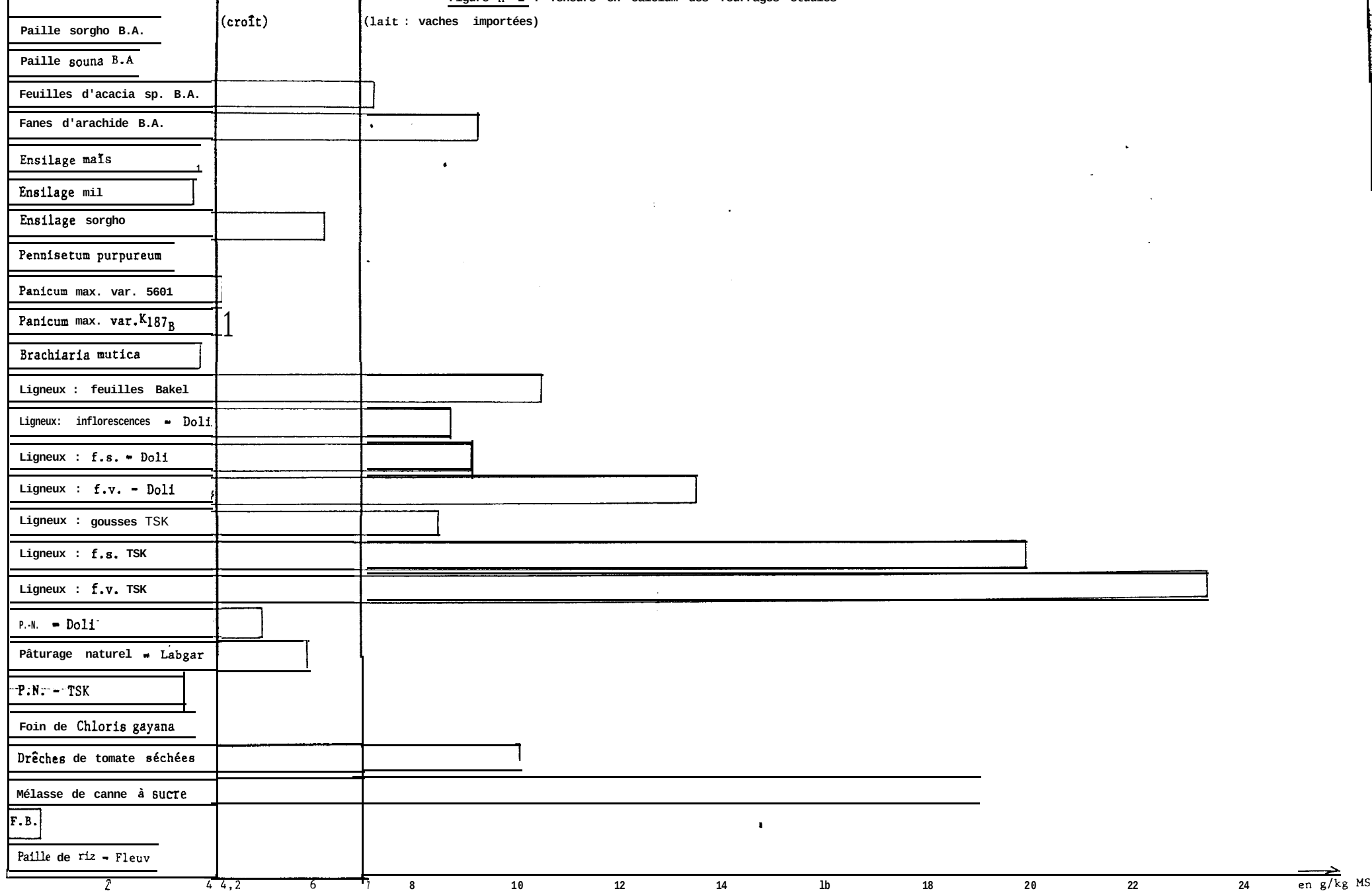
TABLEAU N° 17 (suite)

REGION	LIEU DE RECOLTE	NATURE DE L'ALIMENT	Ca (g/kg MS)			P (g/kg MS)			Mg (g/kg MS)			K (g/kg MS)		
			N	X	EXT	N	X	EXT	N	X	EXT	N	X	EXT
Cap-Vert	Sangalkam	Brachiara mutica SSF	7	5,0	4,0-6,0	7	4	4,0-4,3	5	2,6	2,3-3,0	5	25,7	6,0-29,3
		Brachiara mutica SSC	3	3,2	2,8-4,0	4	3,5	3,0-4,0	3	2,03	2,0-2,1	3	25,1	7,0-29,4
		H	21	2,9	2,0-4,2	19	3,1	2,0-4,3	17	2,2	1,0-4,7	17	19,6	6,2-25,1
		Total	31	3,4	2,0-5,0	30	3,4	2,0-4,3	25	2,3	1,0-4,7	25	21,5	6,0-29,4
		Panicum var 187 B SSF	5	5,4	4,9-6,0	4	4,9	3,5-7,6	4	5,4	4,7-7,2	4	19,5	5,0-23,3
		SSC	4	4,4	3,0-5,0	3	3,7	2,9-3,6	3	4,6	4,2-5,0	3	13,4	1,9-14,5
		H	4	3,9	3,5-4,3	4	3,5	2,6-4,3	4	4,5	3,5-5	4	17,3	1,0-25,4
		Total	13	4,6	3,0-6,0	12	4,2	2,6-7,6	11	4,8	3,5-7,2	11	17,0	1,0-25,4
		Panicum var 5601 SSF	12	5,0	3,0-6,7	12	4,3	2,0-6,2				-		
		SSC	2	4,3	3,8-4,9	2	5,5	5				-		
		H	13	3,5	3,1-4,3	13	3,9	2,7-5,2				-		
		Total	27	4,3	3,0-6,7	27	4,2	2,0-6,2				-		
		Panicum C ₁ SSC	1	4,0		1	2,9					1	16,0	
		Pennisetum purpureum SSF	8	3,7	3,3-4,7	8	4,8	2,5-7,2						
		SSC	4	2,4	1,7-3,3	4	4,6	3,8-5,0						
		H	11	2,5	2,1-3,7	11	4,3	2,8-5,6						
		Total	23	2,9	2,7-4,7	23	4,5	2,5-7,2						
		Ensilages [Panicum	1									1	12,8	
		[Panicum + braahia.	1									1	23,9	
		Ensilages [sorgho	4	6,25	2,9-13,9	4	4,2	3,4-4,8	4	3,3	1,5-7,1	4	19,9	2,14-30,1
		[mil	3	3,6	3,5-3,9	3	2,7	1,5-5,1	3	3,4	2,5-3,9	3	16,3	1,50-19,0
		[maïs	4	3,8	3,3-4,6	4	2,9	2,4-3,4	3	2,9	2,4-4,0	3	16	1,36-17,1
		Niébé SSF	1	12,3		1	2,0		1	6,2		1	8,4	
		ligneux [feuilles H	1	2,1		1	1,8		1	4,7		1	10,6	
		[gousses SSF	1	3,7		1	1,6		1	1,3		1	12,7	
Bassin arachidier	Doli	Fane d'arachide	2	7,2	6,9-7,5	2	1,13	1,06-1,1	1	5,6		1	15,7	
	Bambey	" "	3	8,76	8,5-9,2	3	1,9	1,5-2,4	2	5,0	4,2-5,8	2	11,2	8,8-13,6
	Nioro	" "	5	1,76	8,1-10,7	5	1,4	1,2-1,5	5	5,8	4,9-6,4	5	12,3	9,8-16,2
	Indéterminée		14	10,6	7,2-17,7	14	1,7		5	6,12	4,4-7,3	4	8,8	8,7-10,1
	Doli-Bambey-													
	Nioro	Paille de mil sauna	3	2,4	1,0-3,3	3	1,5	0,7-2,3	2	4,2	4,1-4,3	2	24,05	23,2-24,1
	Nioro	Paille de mil sorgho	2	3,0	3,0-3,0	2	0,4	0,3-0,5	2	3,05	2,4-3,7	2	7	3,8-10,1
	"	Rafles et spathes maïs	1	1,1		1	0,5		1	0,9		1	0,4	
	Indéterminée	Sorgho 25 %	1	7,2		1	1,7							
	"	Fane d'arachide+ graine de coton20	1	8,0		1	0,9					-		
	Nioro	Spathes de maïs38	1	6,02		1	1,14		1	3,36		1	8,7	
	"													
	"	Pailles de mil sauna + tourteau (15 %)	1	3,6		1	2,2		1	4,4		1	23,2	
	"	Paille de sorgho + tourteau (10 à 13 %)	2	3,6	3,3-3,8	2	1,1	1,07-1,13	2	2,7	2,65-2,82	2	4,2	3,83-4,1
	"	Rafles de maïs + Tourteau 10 A	1	1,21		1	0,15		1	0,59		1	6,39	
	"	seules	2	7,15	7,1-7,2	2	1,15	1,1-1,20	2	3,3	3,3-3,3	2	8,6	8,5-8,7
	"	Feuilles d'acacia	1	6,72		1	1,22		1	2,1		1	9,1	

Na (ppm)			Co (ppm)			Cu (ppm)			Zn (ppm)			Mn (ppm)			Fe (ppm)		
3	5052	4389-5103	3	0,2	0,16-0,26	3	8,9	7,2-10,31	3	62,6	53,1-70,7	3	195,0	159,4-249,4	3	298	275-319
2	5656	4343-6969	3	0,4	0,33-0,46	3	1,1	9,2-14,4	3	57,9	34,6-80,3	3	177,0	141,9-242	3	321,1	198,6-561
9	7243	5865-10017	11	0,37	0,06-1,7	11	1,4	6,4-14,2	11	46,5	26,6-74,1	11	118,8	20,1-181,5	11	403,5	255-698
15	6563		17	0,3	0,06-1,7	17	0,9	6,4-14,4	17	51,3	26,6-80,3	17	142,5	80,1-249,4	17	376	198,6-698
3	817,6	772-855	4	0,5	0,51-0,58	4	2,8	6,5-25,4	4	35,1	24,3-38,7	3	259,7	245,3-268,0	3	574,3	531,0-648,0
3	858,3	585-1053	3	0,3	0,28-0,46	3	6,7	6,2-7,7	3	21,6	18,6-23,4	3	163,5	19,5-241,0	3	438,3	369,0-503,0
4	1468,2	1196-1655	4	0,2	0,14-0,25	4	7,8	6,4-9,8	4	26,4	23,7-29,5	4	160,5	105,8-199,0	4	160,5	262,0-589,0
10	1090,1	585-1655	11	0,37	0,14-0,58	11	9,3	6,2-25,4	11	27,3		10	191,12	19,5-268,0	10	44,85	
8015			1	0,3		1	6,0		1	50,0		1	414		1	414	
3	6979	186-11330	4	0,3	0,14-0,53	4	10,2	7,5-14,3	4	44,2		4	46,4	24,2-74,4	4	417,2	117,0-624
3	3311	2273-4145	3	0,3	0,20-0,44	3	5,7	5,3-6,1	3	37,8		3	84,5	77,4-98,5	3	290,6	205,0-447,0
3	5694,3	2853-10850	3	0,3	0,22-0,45	3	6,7	4,8-8,8	3	11,0		3	67,6	41,1-105,8	3	2194	452,0-735
1	751		1	0,5		1	7,7		1	33,0		1	56,8		1	405,4	
1	614		1	0,64		1	4,7		1	24,9		1	59,2		1	386,0	
1	293		1	0,18		1	6,0		1	18,8		1	14,1		1	140,0	
1	600		1	1,2		1	13,5		1	52,9		1	260,0		1	648,0	
2	675,5	421,0-930,0	2	0,4	0,31-0,44	2	4,05	3,8-4,3	2	16,6	14,7-18,5	2	80,9	49,2-112,7	2	583,3	521,7-645,0
5	244,6	114,0-398,0	5	0,3	0,26-0,42	5	5,6	4,6-7,9	5	19,0	14,1-26,5	5	170,8	137,0-191,0	5	507,1	356,0-692
2	162,5	143-182	2	0,5	0,40-0,60	2	6,85	4,8-8,9	2	26,3	23,12-29,6	2	124,9	109,4-140,5	2	700,4	241,9-1159,0
2	217	100-334	2	0,5	0,24-0,76	2	4	2,2-5,8	2	14,7	9,1-20,3	2	231,1	160,4-301,9	2	1130,1	323,3-1937,0
1	176,0		1	0,76		1	17,9		1	76,5		1	50,3		1	2525	
1	643,9		1	0,35		1	7,9		1	24,5		1	127,7		1	643,19	
2	494,5	453-536,1	2	0,3	0,27-0,4	2	4,4	4,26-4,54	2	19,4	18,7-20,2	2	148,3	140,6-156,1	2	558,9	443,8-674,1
1	488,0		1	0,76		1	17,9		1	18,8		1	32,0		1	306,2	
2	380	428-382,0	2	0,4	0,4-0,41	2	23,2	22,9-23,5	2	50,1	45,6-54,6	2	192,1	161,6-222,7	2	1939	865,0-1013,0
1	277		1	0,4		1	23,2		1	55,5		1	184,0		1	1134,6	

Recommandations

Figure n° 2 : Teneurs en calcium des fourrages étudiés



en g/kg MS

Figure n° 3 : Teneurs en Ca des graminées en fonction de l'âge et de la saison

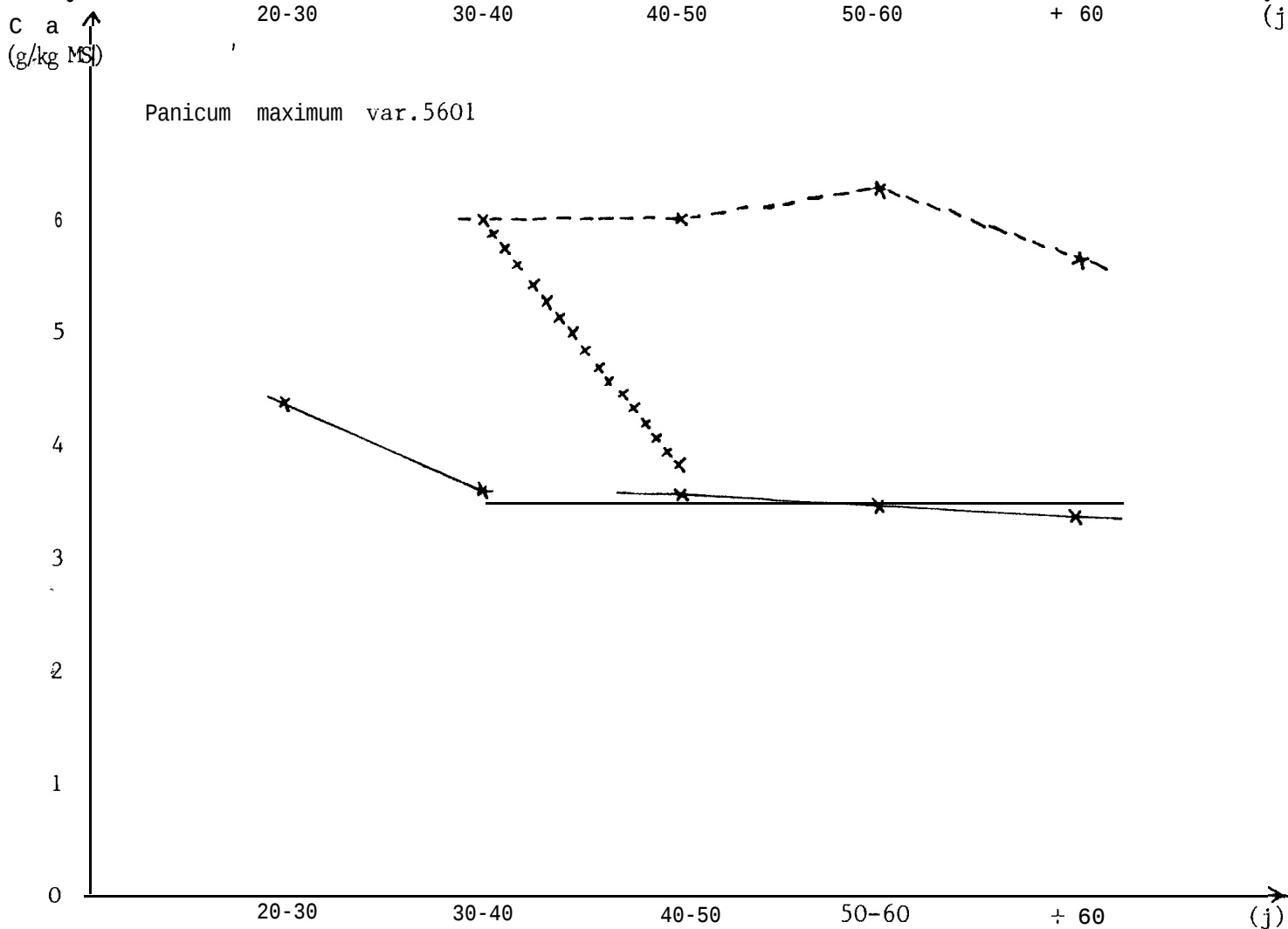
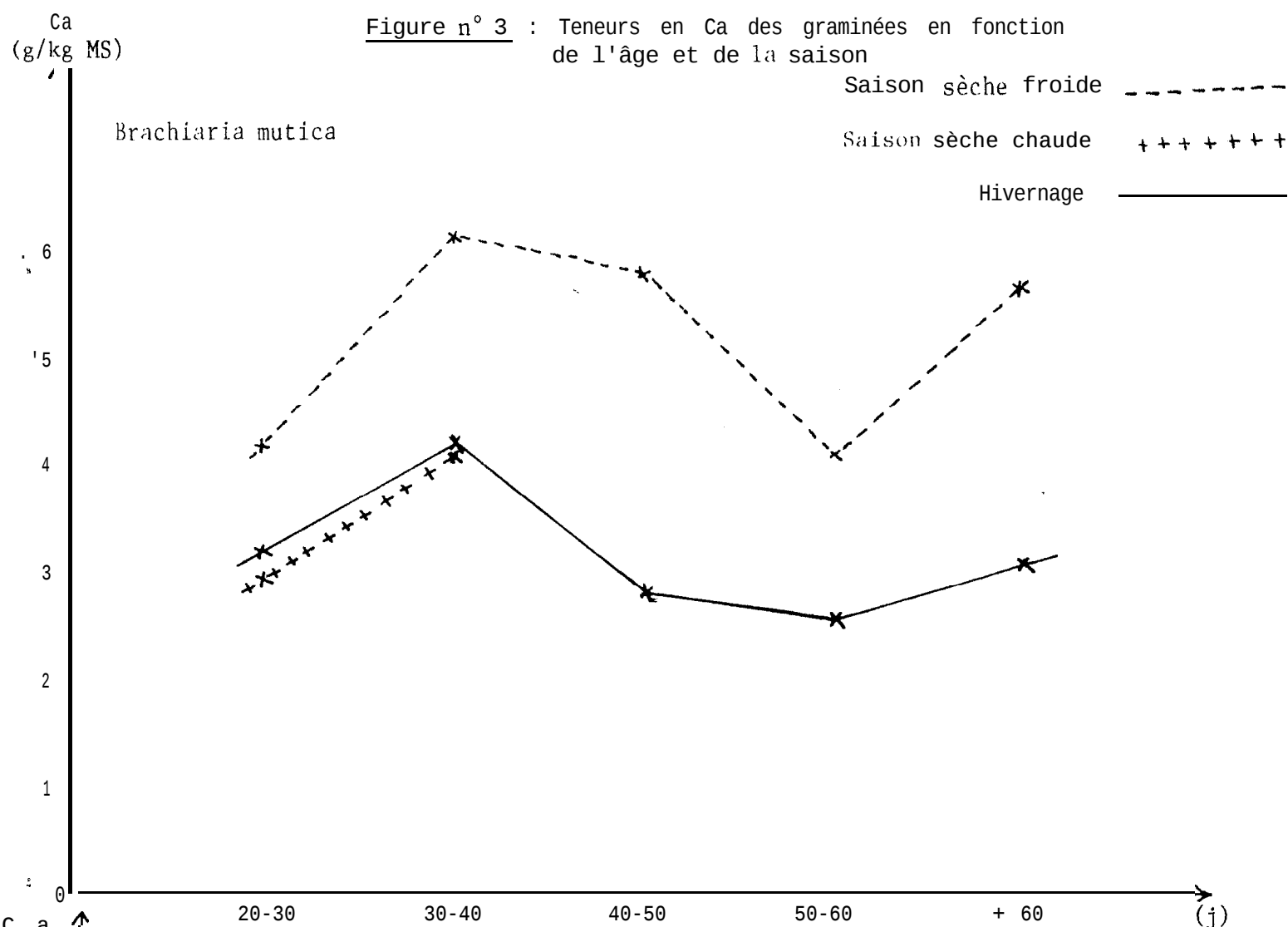


Figure n° 3 (suite)

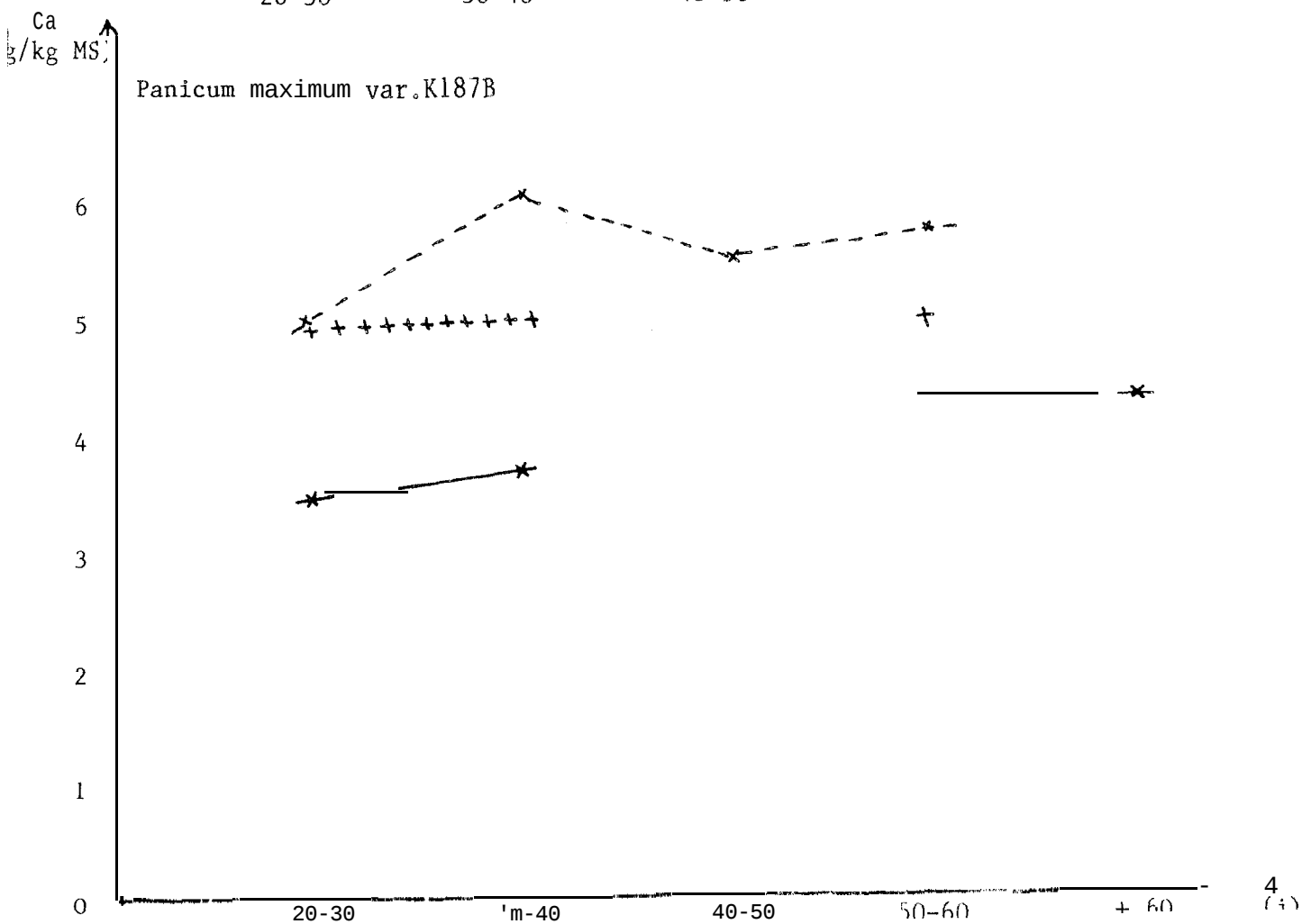
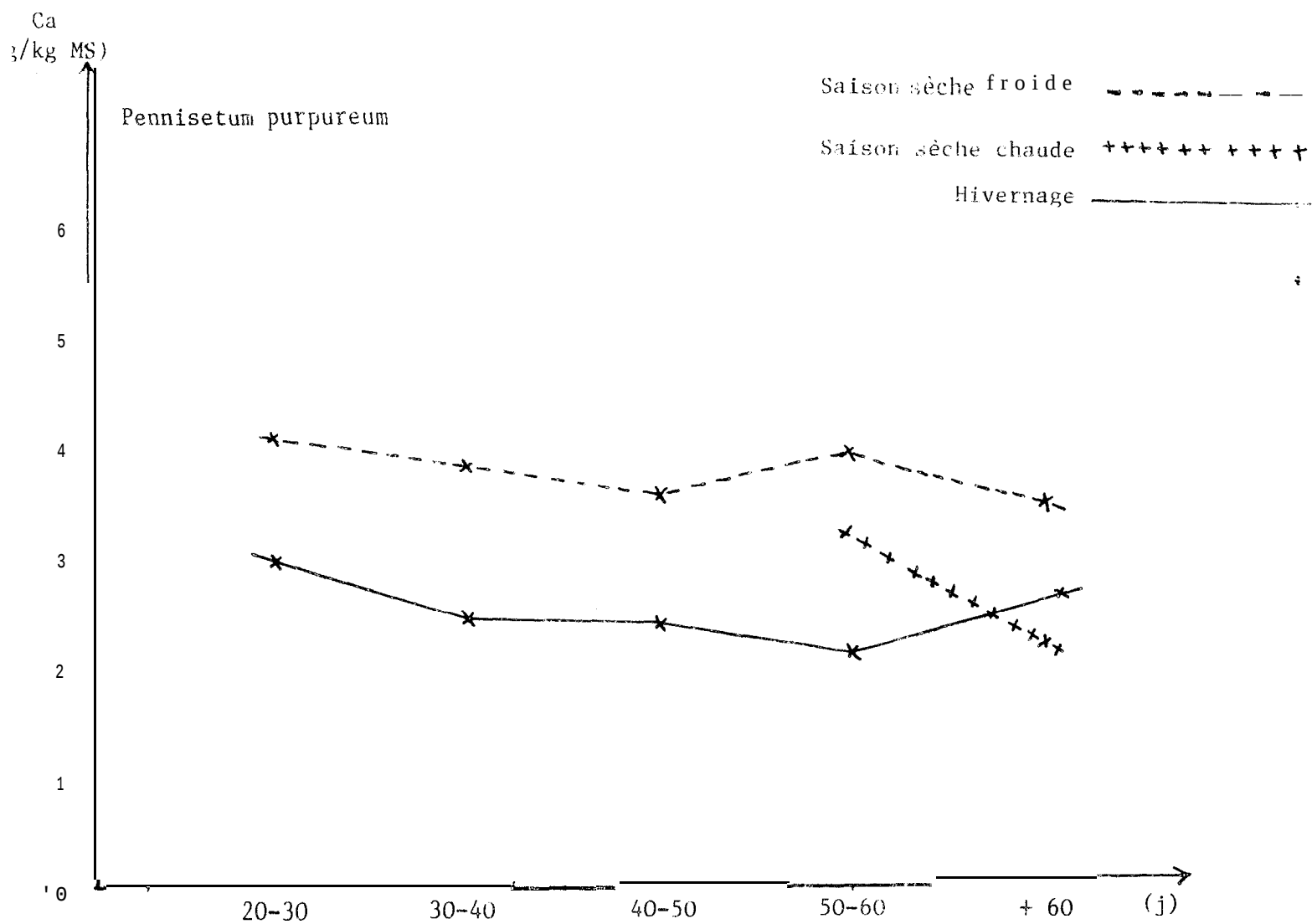


Figure n° 4 : Influence du taux de cellulose brute (C.B.) sur les teneurs en calcium et phosphore des graminées cultivées.

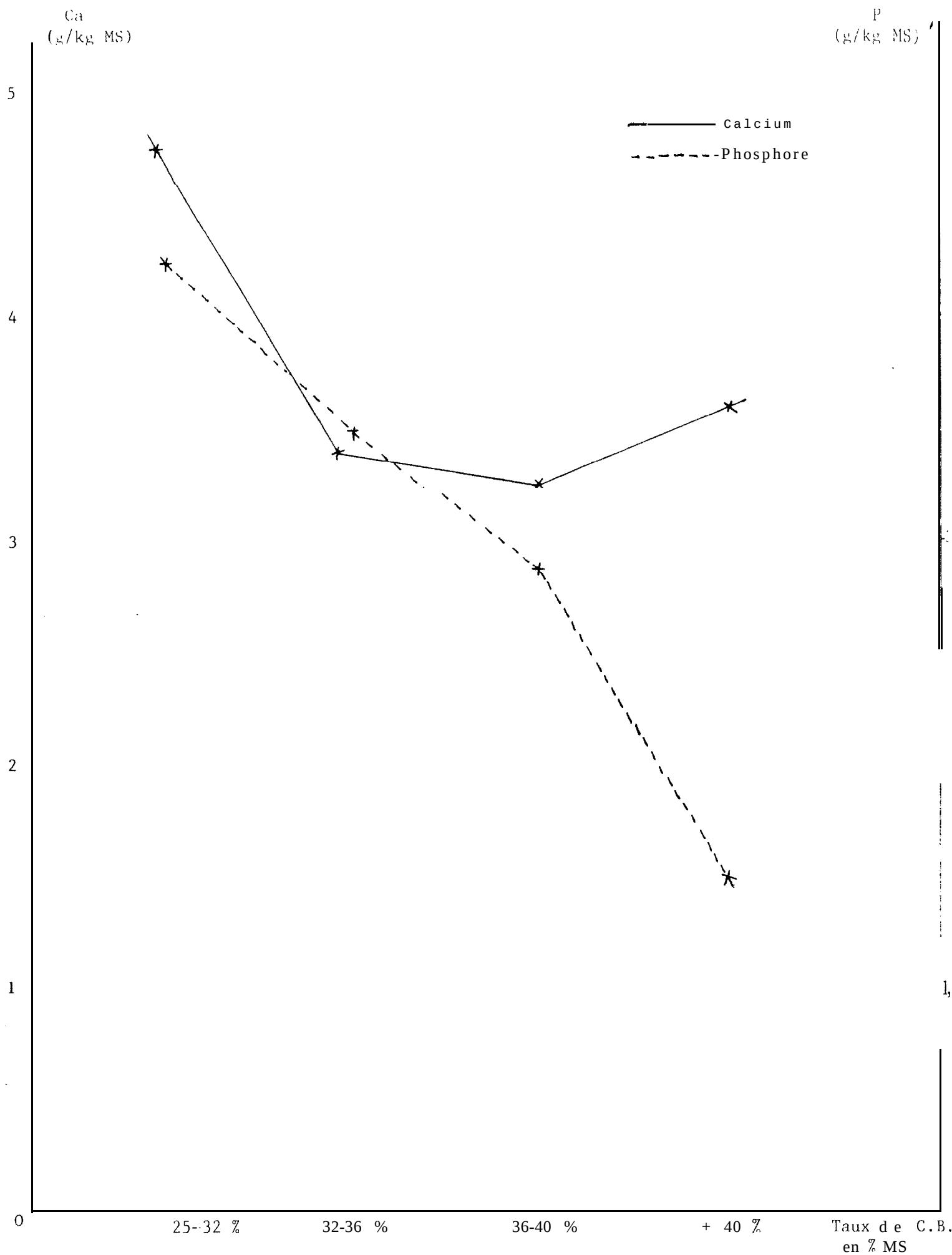


Figure n° 5 : Courbe de croissance du *Brachiaria mutica* selon les saisons : d'après ROBERGE (104)

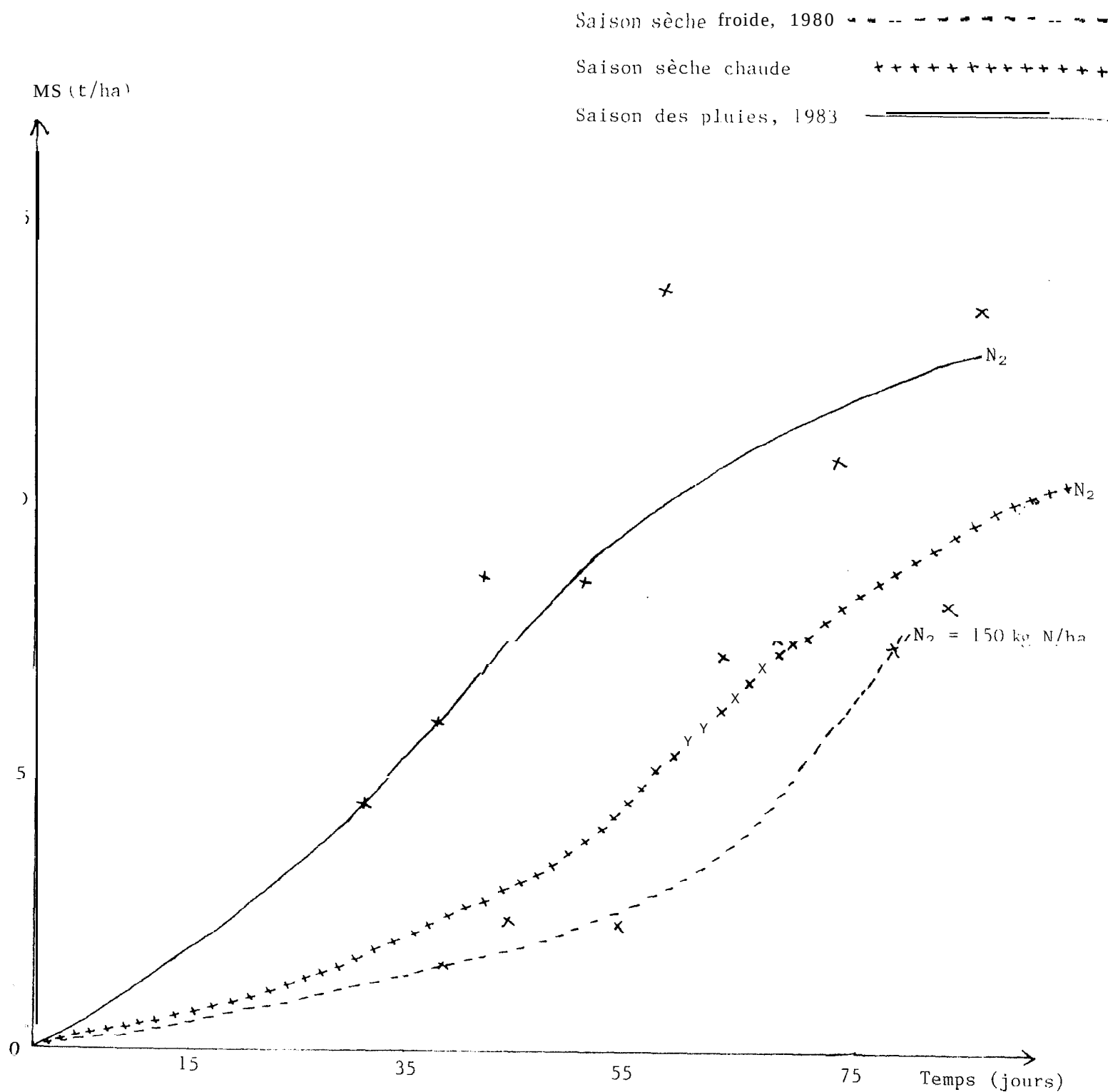
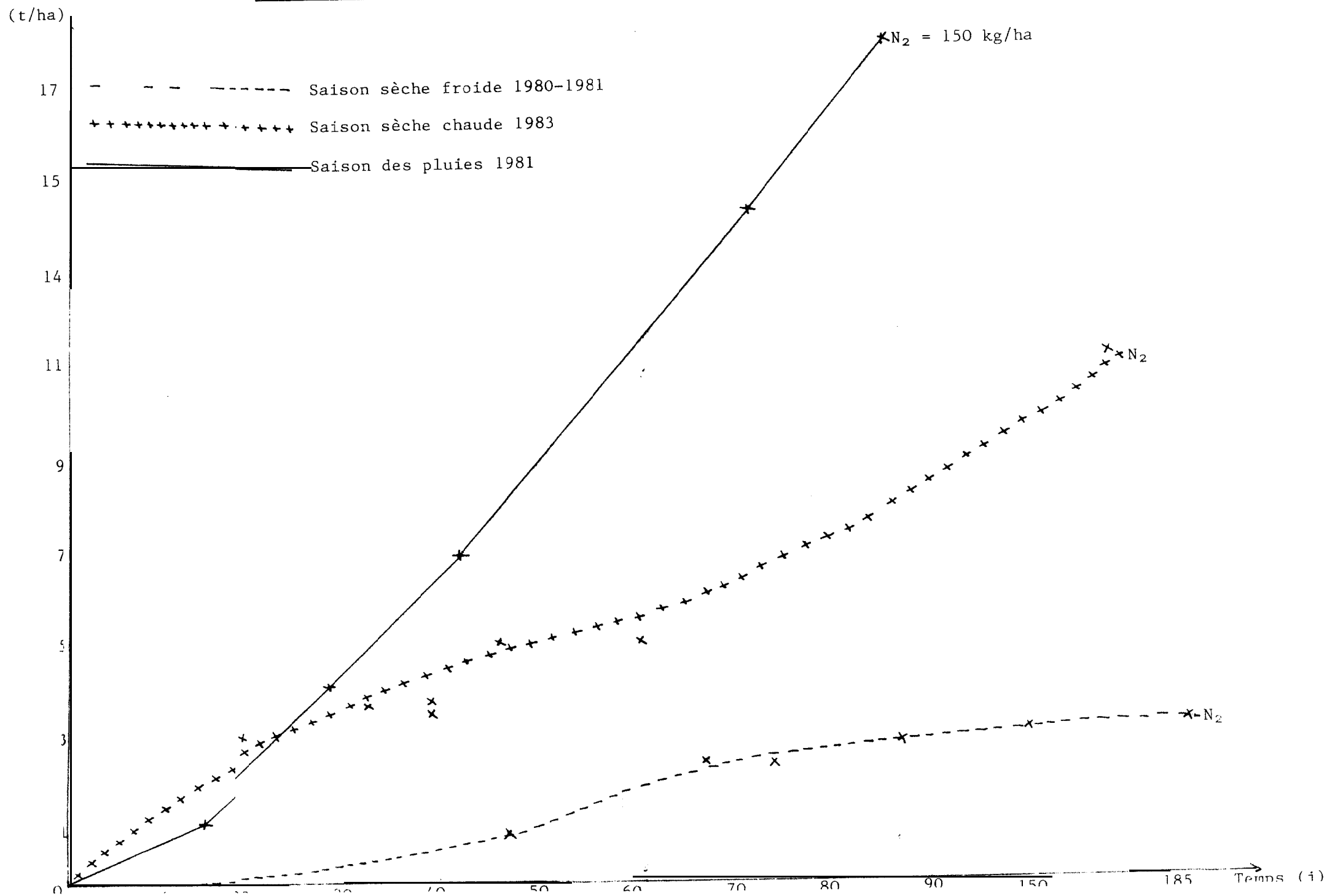


Figure n° 6 : Courbe de croissance de *Panicum maximum* K187B, d'après ROBERGE (104)



A.1.2 = Teneur en phosphore

Les fourrages sont très pauvres en cet élément (figure n° 7).

a) Différence entre ligneux et herbacés

La teneur en phosphore des feuilles de ligneux est en moyenne plus importante que celle du tapis herbacé.

b) Différence entre genre, espèce et variété

Le Pennisetum a une concentration en phosphore plus grande que celle des autres graminées cultivées,

Pennisetum purp. >^P Panicum max.var. 5601 >^P Pan.max.K187B >^P Brachiaria mutica >^P Pan.max.var. Cl..

c) Partie de la plante

La teneur en phosphore des gousses est supérieure à celle du reste de la plante (à Tessékéré).

d) Etat du végétal

Les feuilles vertes de ligneux sont plus riches en phosphore que les feuilles sèches.

e) Stade de développement

La teneur en phosphore des graminées fourragères décroît avec l'âge du végétal (figure n° 8).

fj Taux de cellulose brute

La teneur en phosphore du végétal diminue lorsque le taux de cellulose brute s'élève (figure n° 4).

Figure n° 8 : teneur en phosphore des graminées en fonction de l'âge et de la saison (g/kg MS)

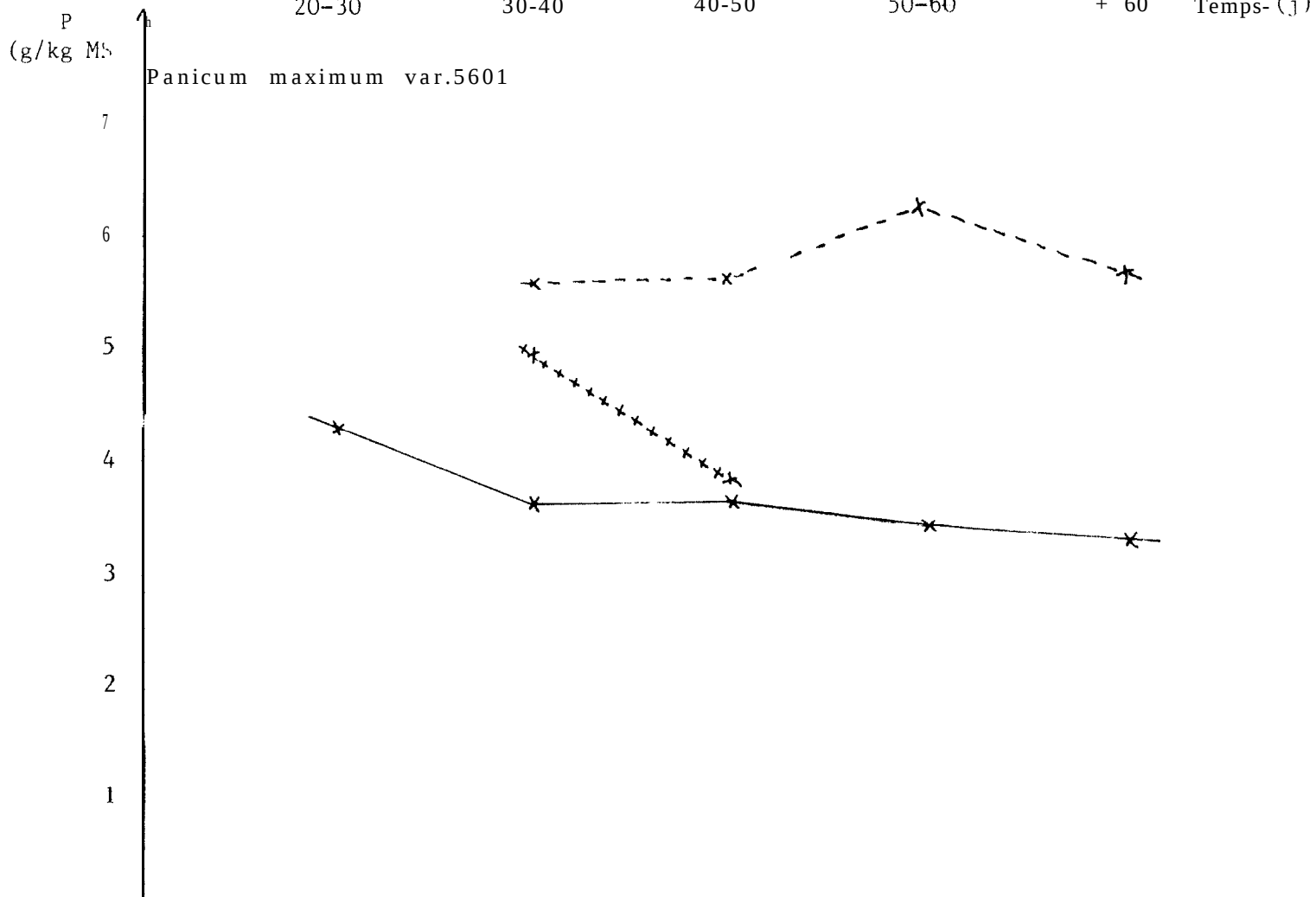
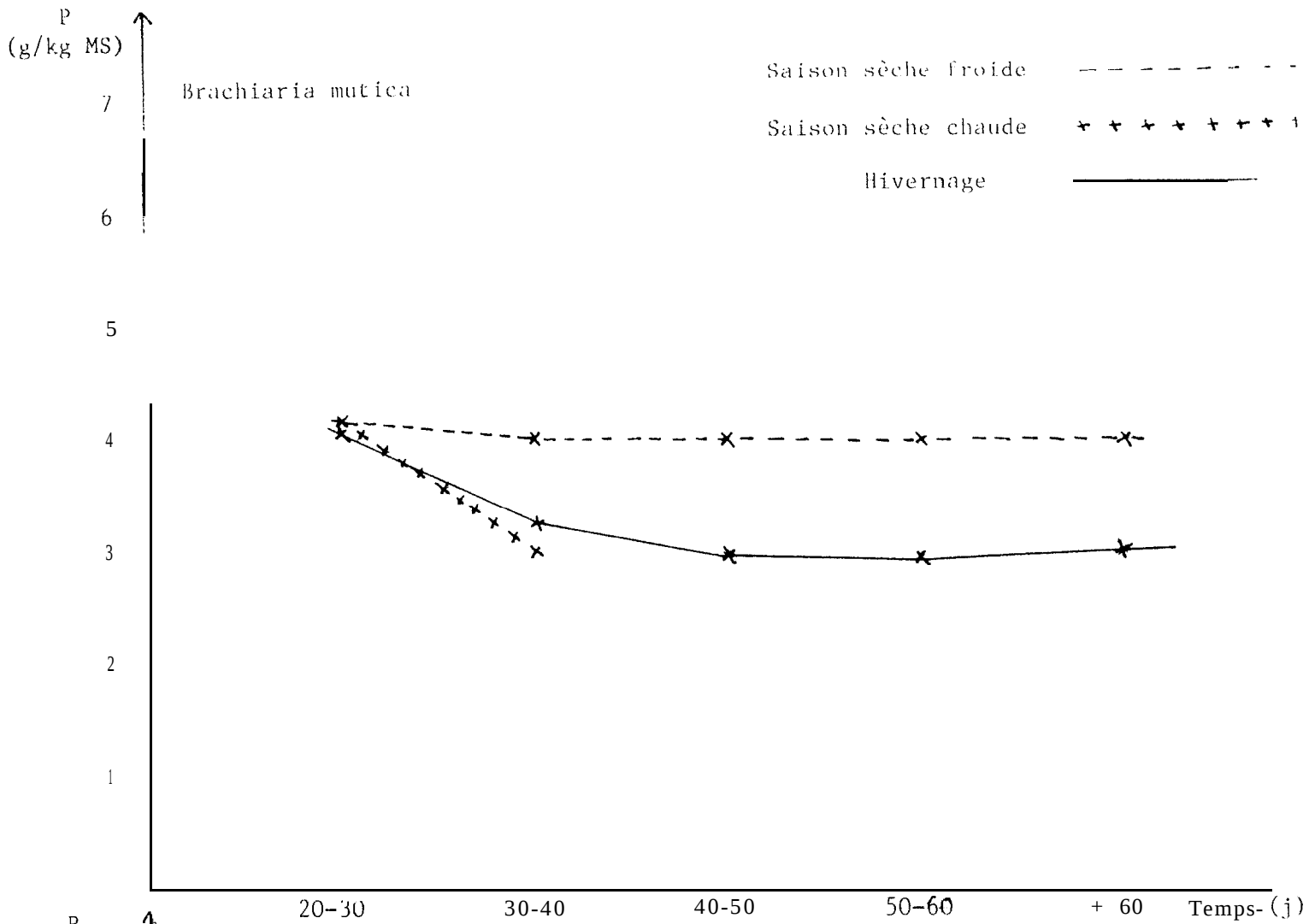
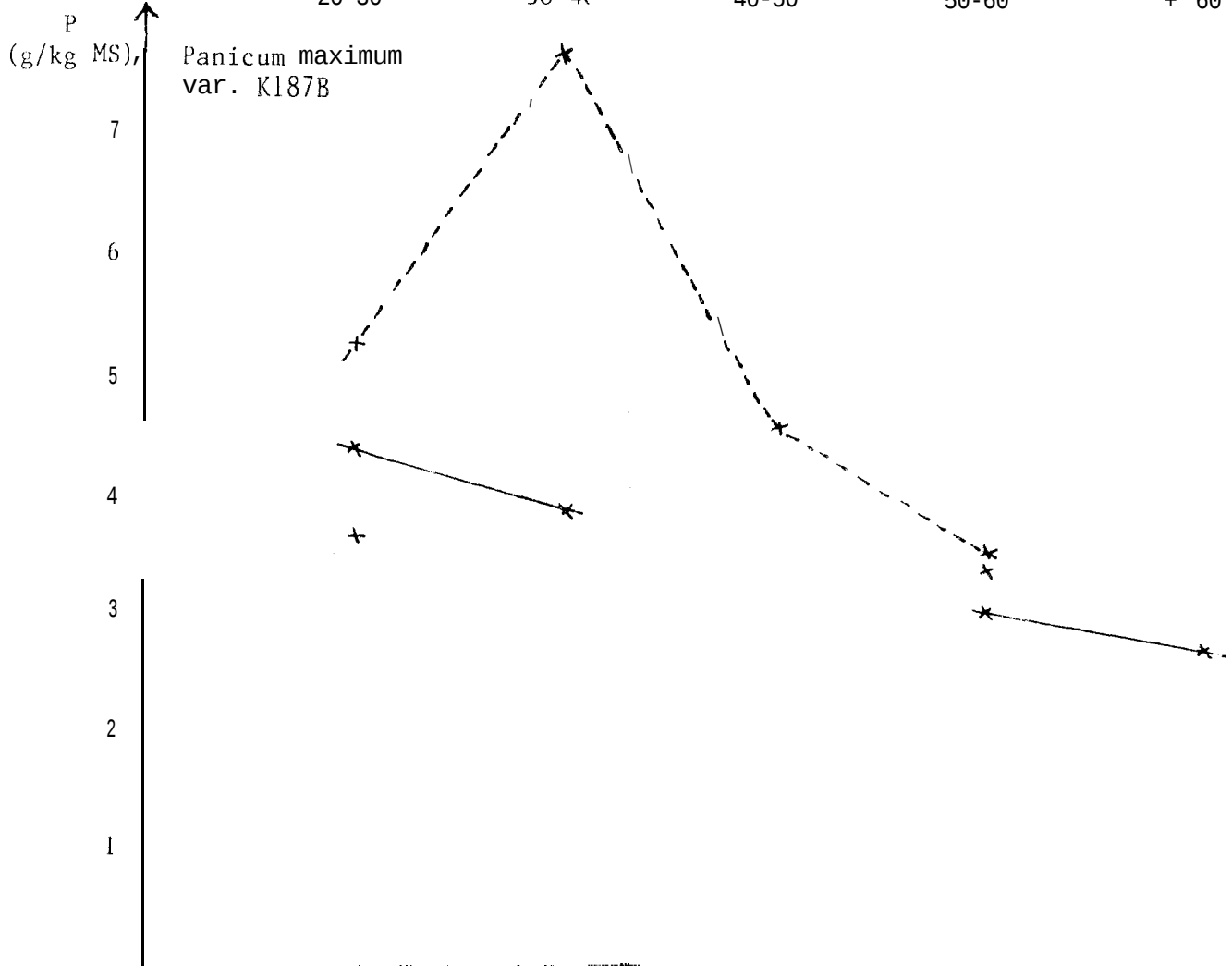
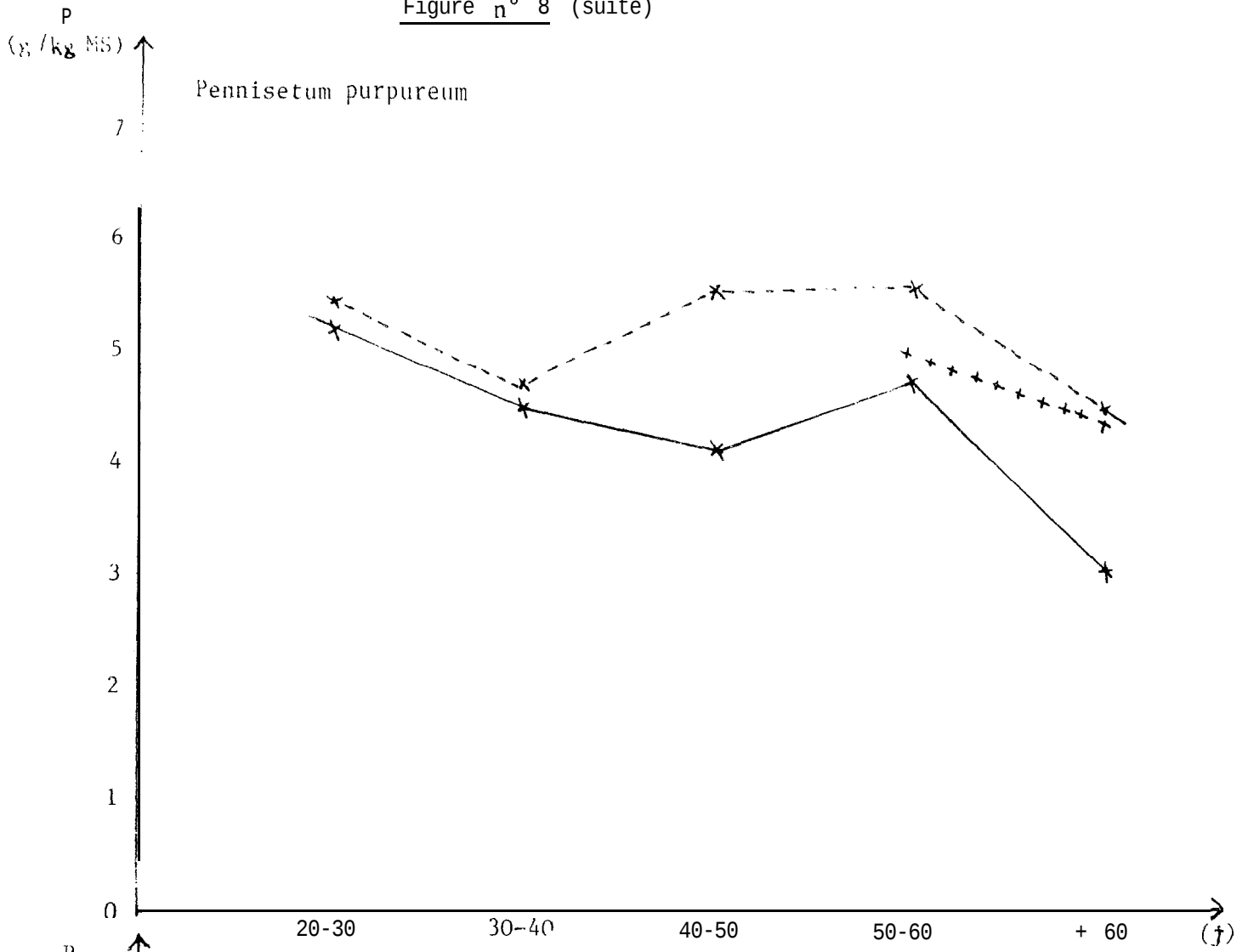


Figure n° 8 (suite)



g) Influence de la saison

Le taux de phosphore du pâturage naturel de la zone sylvo-pastorale relevés pendant le post-hivernage sont relativement plus élevés.

Les remarques concernant le calcium sont toujours valables pour les fourrages cultivés. $P_{SSP} > P_{SSC} > P_{Hivernage}$ (cf. figure n° 8).

h) Influence de la complémentation

- La farine basse de riz est une bonne source de phosphore.

- Le tourteau d'arachide, aux taux où il est utilisé, élève passablement le phosphore des rations à base de pailles de céréales (riz, mil, souna, sorgho, rafles de maïs).

- La graine de coton accroît la teneur en phosphore des rations composées de paille de riz. Mais cela ne semble pas évident pour la fane d'arachide.

- Le Guiera senegalensis, pauvre en phosphore, n'offre aucun intérêt en matière de complémentation minérale en phosphore.

A.1.3 - Teneur en magnésium

a) Différence entre familles

La strate herbacée a des teneurs en magnésium beaucoup plus faibles que celles de la strate ligneuse.

b) Différence entre genre, espèce et variété

La teneur en magnésium du Panicum maximum variété K187B est supérieure à celle de Brachiaria mutica.

c) Partie de la plante

Le taux de magnésium des feuilles de ligneux est plus important que celui des gousses et inflorescences.

d) Etat du végétal

La différence n'est pas nette entre l'état vert et l'état sec du végétal.

e) Stade de développement

La décroissance de la teneur en magnésium avec l'âge du végétal n'est pas évidente.

f) Effet saison

• Les fourrages cultivés sous irrigation produits en saison sèche froide ont des teneurs en magnésium supérieures à celles de la saison sèche chaude et de l'hivernage.

• Les besoins de l'animal sont entièrement couverts par le tapis herbacé de la zone sylvo-pastorale pendant les mois d'août, septembre et octobre.

g) Influence de la complémentation

Aucun des compléments utilisés (tourteau d'arachide, Guiera sp, graine de coton, sorgho, spathes et rafles de maïs) n'élève la teneur en magnésium des rations à base de pailles de céréales, fanes ou pâturage naturel,

Seule la farine de riz semble élever cette teneur pour les rations à base de paille de riz,

A.1.4 - Teneur en sodium

Les fourrages étudiés sont pour la plupart pauvres en sodium (figure n° 3).

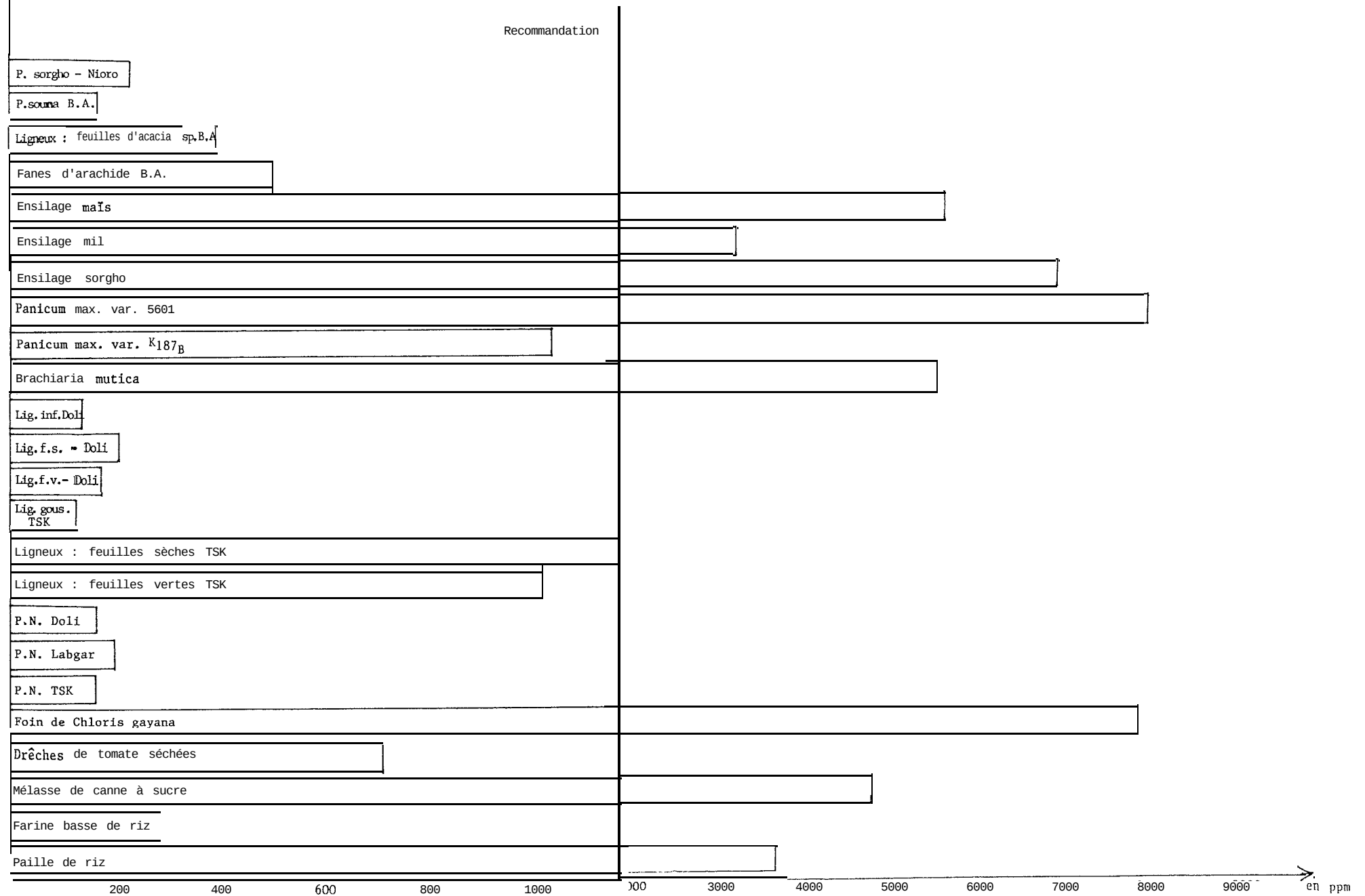
a) Différence entre familles

• Les feuilles de ligneux ont des teneurs nettement plus élevées que le tapis herbacé.

b) Différence entre carré, espèce et variété

Le *Panicum maximum* variété K187B est moins riche en sodium que les autres graminées cultivées.

Figure n° 9 : Teneurs en sodium des fourrages étudiés



c) Partie de la plante

Les teneurs des gousses et inflorescences sont inférieures à celles des feuilles de ligneux.

d) Etat du végétal
sèches

Les teneurs des feuilles/de ligneux sont en moyenne supérieures à celles des feuilles vertes. Mais l'importante variation entre les genres et espèces empêche d'émettre un jugement de valeur.

e) Stade de développement

L'influence de l'âge n'est pas bien mise en évidence.

f) Influence de la saison

Elle existe. Les teneurs relevées sur les échantillons de foin de graminées cultivées (Cap-Vert) des coupes de la saison des pluies sont approximativement les doubles de celles de la saison sèche froide et saison sèche chaude. La cause de cette élévation n'est pas encore élucidée (89).

g) Influence de la complémentarité

Le tourteau a permis d'augmenter les teneurs en sodium des rations à base de pailles de céréales (bassin arachidier) et du pâturage naturel de la zone sylvo-pastorale sans cependant satisfaire les besoins de l'animal.

Les mêmes remarques sont valables pour le Guiera.

A.1.5 - Teneur en cuivre

Elle est faible (figure n° 10) mais *contient supérieure au seuil de carence*.

a) Différence entre familles

Les ligneux sont plus riches en cuivre que les plantes herbacées. Ils ne satisfont cependant pas les besoins de l'animal.

b) Différence entre genre, espèce, variété

Le cuivre se rencontre en plus grande quantité chez *Brachiaria* que chez *Panicum* K187B.

c) Partie de la plante

Les concentrations en cuivre des gousses à Tessékéré et inflorescences à Doli sont plus faibles que celles des feuilles.

11) Etat du végétal

Les feuilles vertes de ligneux ont les meilleures teneurs en cuivre.

e) Strate de développement

L'influence n'est pas nette, On note une baisse progressive jusqu'à 40 à 50 jours chez les graminées (cf. figure n° 11).

f) Influence de la saison

Elle n'est pas très nette en raison du nombre d'échantillons insuffisant.

g) Influence de la complémentation

Le Guiera élève la teneur en cuivre des rations composées de paille de riz

A.1.6 Teneur en zinc

Les valeurs se situent pour la plupart en dessous du seuil de carence (figure n° 12).

a) Différence entre familles

Les teneurs en zinc de la strate herbacée sont supérieures à celles des ligneux.

b) Différence entre genre, espèce, variété

Le *Brachiaria mutica* est plus riche en zinc que le *Panicum maximum* variété K187B.

Figure n°10 : Teneurs en cuivre des fourrages étudiés

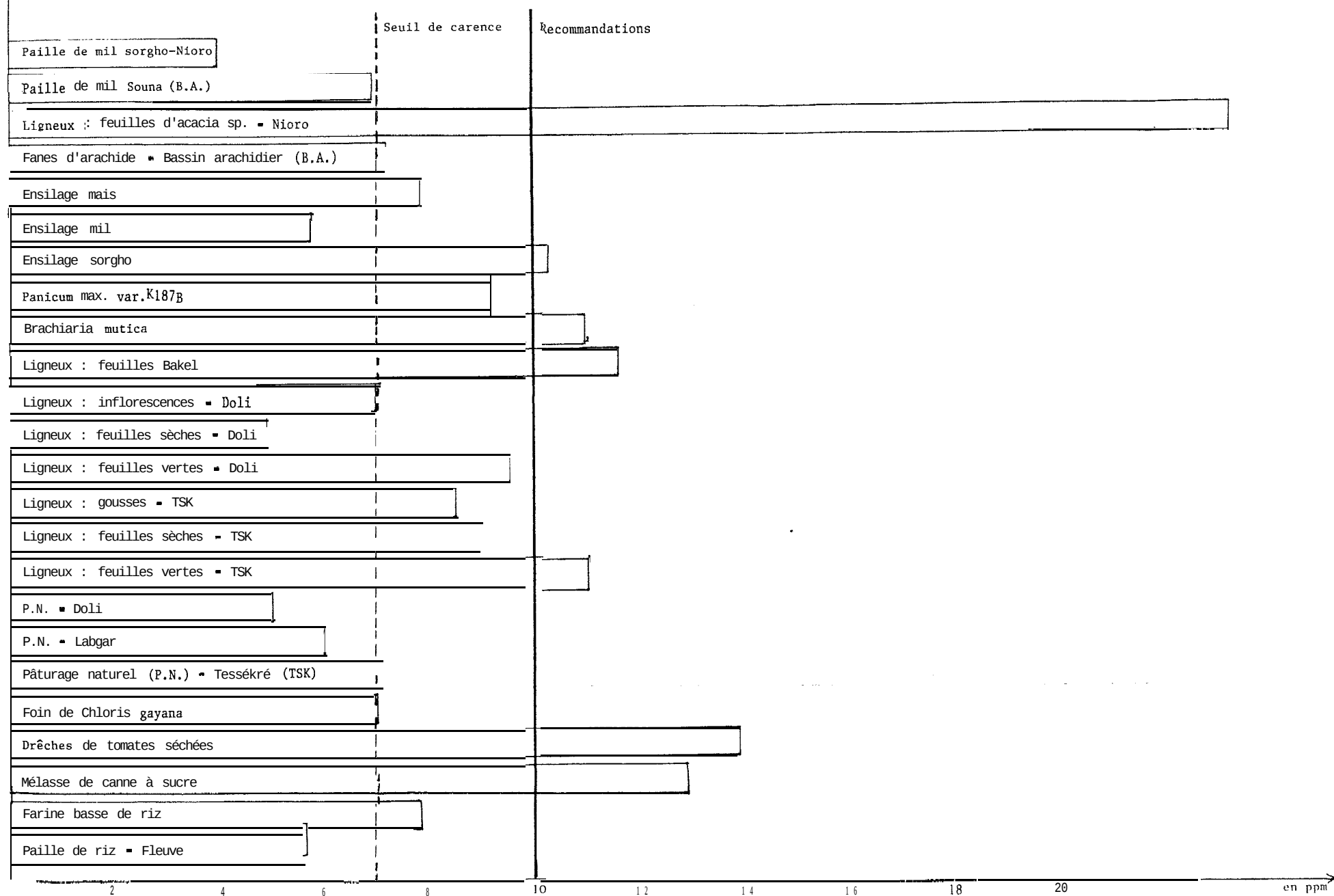


Figure 11 : teneur en cuivre et zinc des graminées en fonction de l'âge et de la saison.

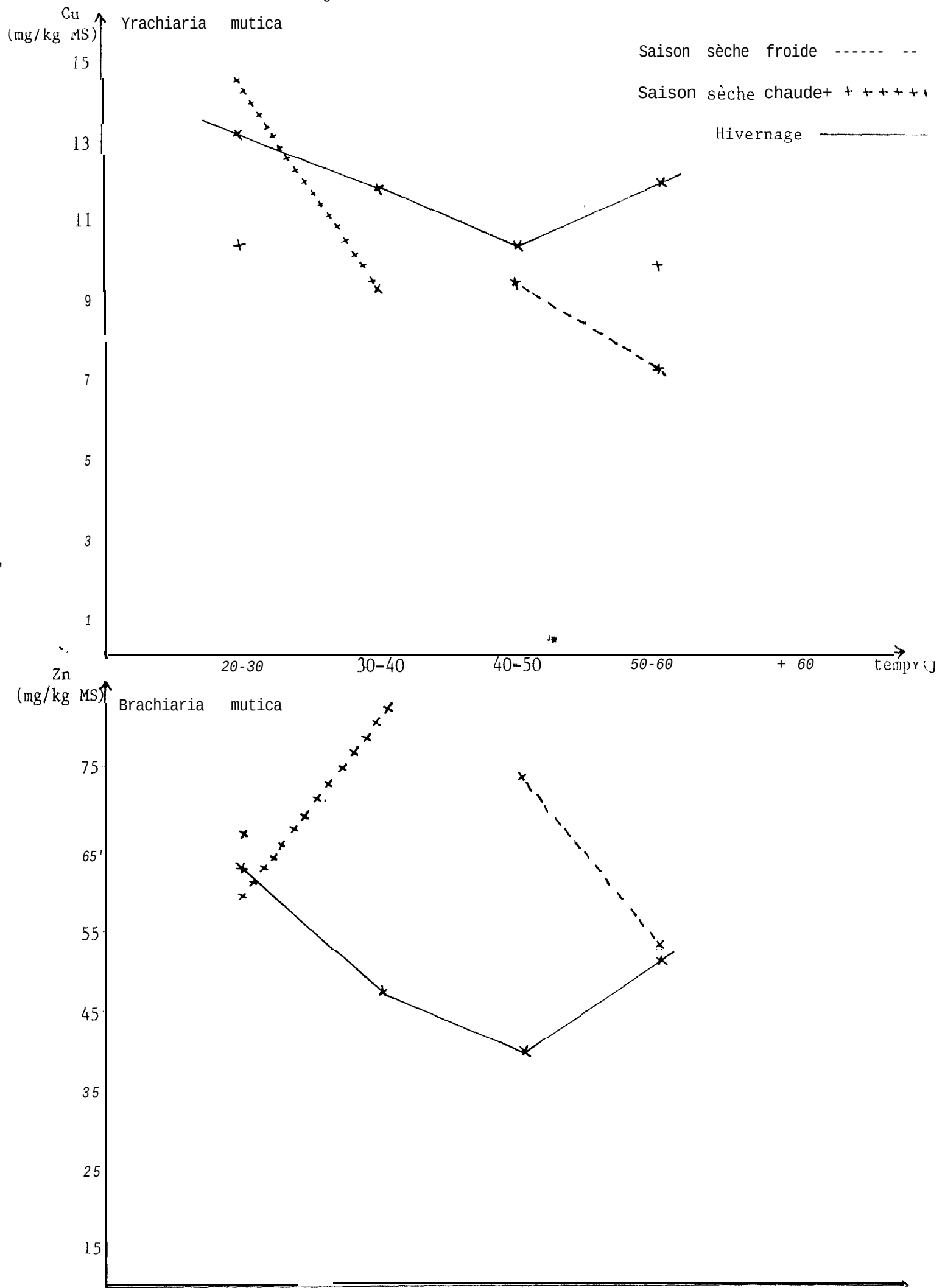


Figure n° 11 (suite)

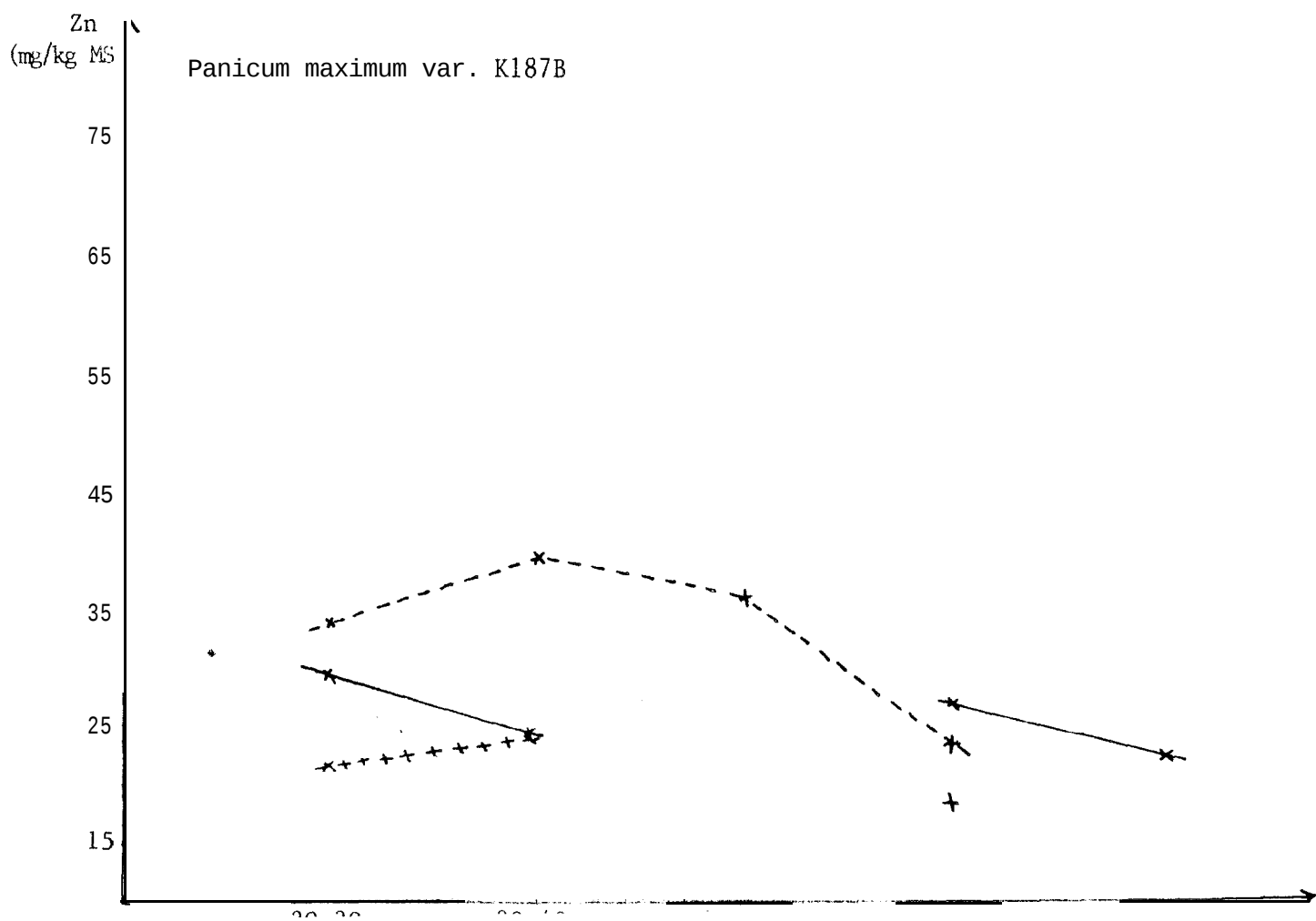
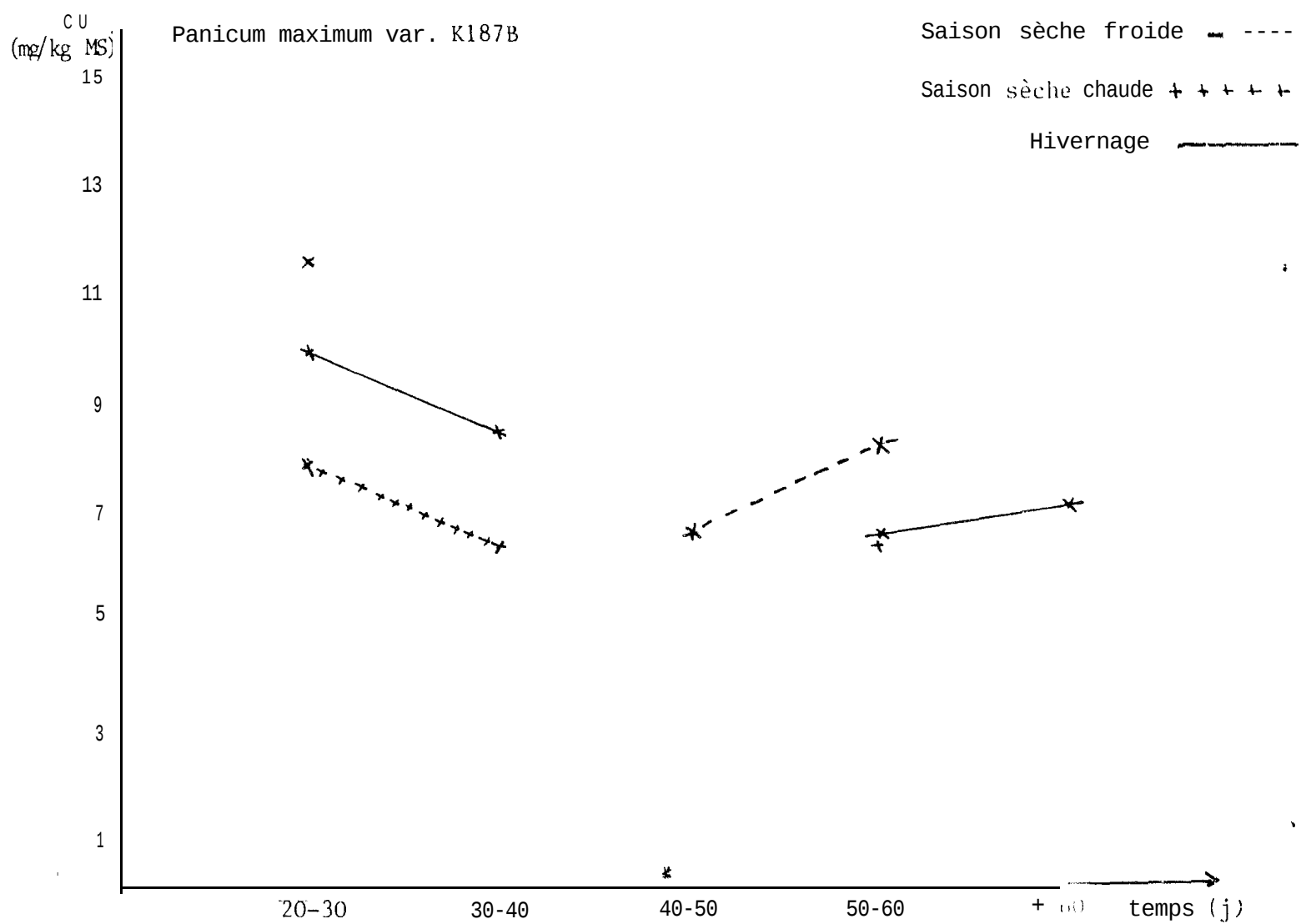
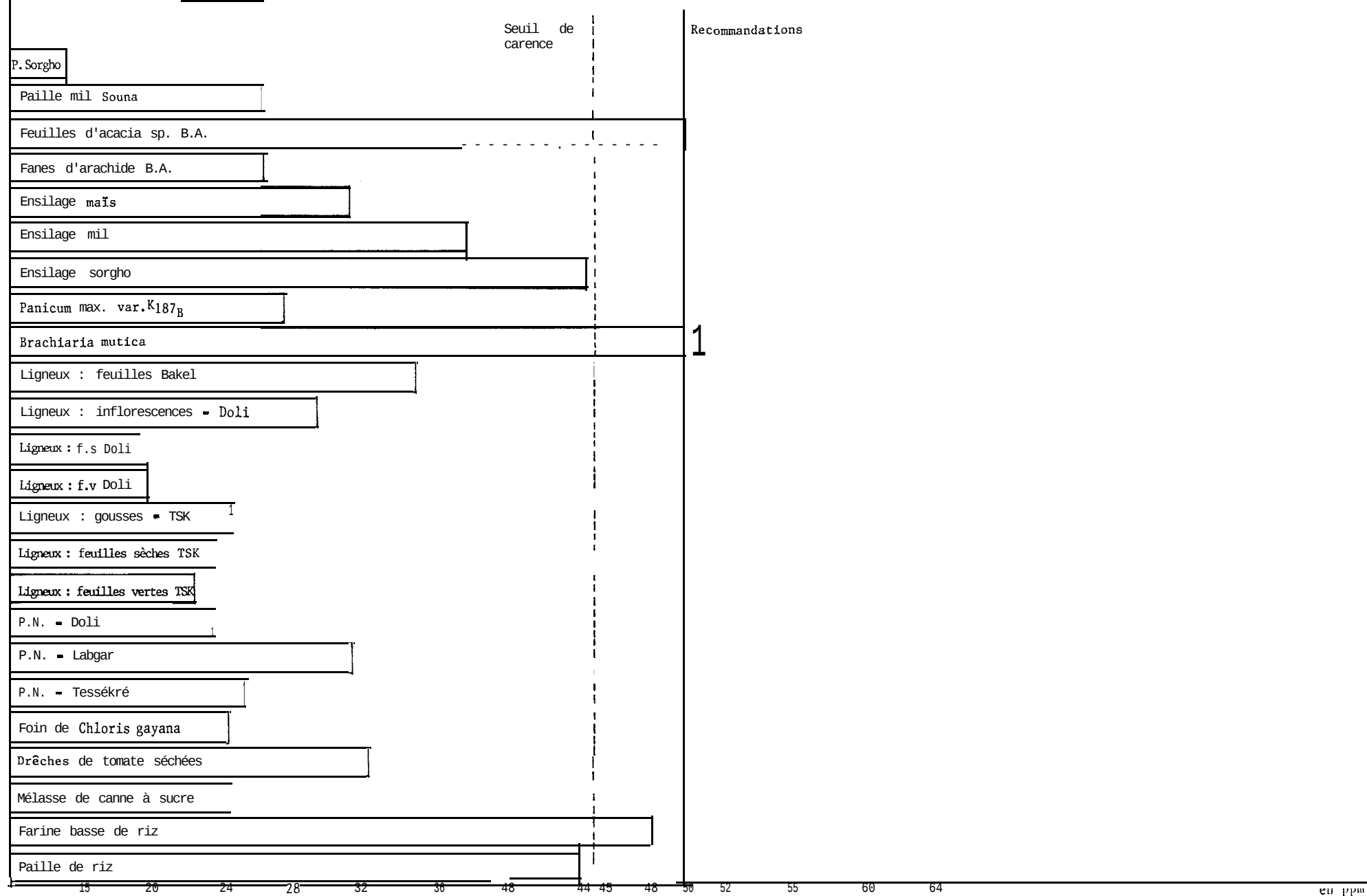


Figure n°12 : Teneurs en zinc des fourrages étudiés



c) Partie de la plante

Les gousses et inflorescences sont plus riches en zinc que les feuilles de ligneux.

d) Etat du végétal

L'influence n'est pas nette.

e) Stade de développement

Les remarques sur le cuivre sont valables pour le zinc.

f) Saison

Pour le Panicum, les teneurs de la saison sèche froide sont supérieures à celles des autres saisons (figure n° 11).

En zone sylvo-pastorale, les meilleures concentrations sont obtenues pendant l'hivernage,

g) Influence de la complémentation

Le tourteau d'arachide élève la teneur en zinc des rations à base de pâturage naturel de la zone sylvo-pastorale et de paille de riz SAED. Ceci n'est pas évident pour les autres pailles de céréales du Bassin arachidirr,

*

*

*

Les résultats de l'enquête sur les teneurs en minéraux des fourrages sénégalais figurent au tableau n° 17 qui ne constitue pas une table de composition minérale (il faudrait un plus grand nombre d'échantillons) mais permet de situer les valeurs. Cette étude comporte des insuffisances car le dosage du soufre n'a été effectué que sur très peu d'échantillons de fourrages cultivés (tableau n° 18) et les teneurs sont correctes. Le molybdène, l'iode et le sélénium n'ont pas été étudiés. Il convient de faire leur dosage.

- Le soufre en particulier interfère avec la digestibilité de tous les minéraux. Il y a lieu d'estimer la présence ou l'absence d'interférence pour juger de la composition minérale d'un fourrage et de sa signification.

- Le molybdène est plus étudié comme élément interférant avec le cuivre que comme minéral susceptible d'induire des carences. Il est cependant prudent de le doser car au delà de 3 mg/kg MS, il élève les besoins en cuivre (105). En revanche, des teneurs inférieures à 0,1 mg/kg MS aggravent la toxicité du cuivre chez les ovins (61), surtout en l'absence d'azote (79).

- Pour l'iode, le manque de concordance des méthodes de dosage est à l'origine de divergences sur les limites de carence (99).

- Le dosage du sélénium est plus délicat et onéreux. Cet élément est un toxique grave à 5 ppm (61).

L'enquête révèle néanmoins que :

- le cobalt et le fer existent en quantité suffisante dans les aliments étudiés. Pour le fer, les valeurs dépassent la teneur "normale" de UNDERWOOD (1977) qui varie de 100 à 250 mg/kg NS ;
- les remarques précédentes sont valables pour le manganèse car les deux faibles valeurs sont obtenues sur des fourrages jouant un rôle mineur dans l'alimentation des animaux, et sont statistiquement insuffisantes ;
- la carence en potassium et magnésium est sans doute rare car très peu d'aliments en sont insuffisamment pourvus. Mais l'utilisation de la fumure potassique peut augmenter les risques d'apparition de carence en magnésium ;
- le phosphore, calcium, sodium, cuivre et zinc sont présents en quantité parfois insuffisante dans les fourrages. Il existe donc des risques potentiels de carence en ces éléments.

:

La variabilité de la composition minérale entre les différents types d'aliments est nette. De telles variations s'observent avec différents facteurs (l'organe du végétal, etc.). Il serait intéressant de les étudier pour un même aliment, selon l'origine géographique, le type de sol, mais PERIGAUD et Coll. (96) démontrent que pour les teneurs en oligo-éléments des fourrages, l'influence de l'espèce végétale tend à être supérieure à l'influence du site.

.../...

TABLEAU N° 18 : TENEURS EN SOUFRE (en g/kg MS) DES GRAMINEES CULTIVEES ET DE LA PAILLE DE RIZ : RESULTATS OBTENUS AU LABORATOIRE DE L'ITEMVT.

Age (en jours)	BRACHIARIA MUTICA						PANICUM MAXIMUM		PAILLE DE RIZ SAED	
	Saison sèche froide		Saison sèche chaude		Saison des pluies		?			
	N		N		N		N		N	
25	1	2,9	1	2,8			1	1,9	1	1,3
30							1	1,9		
40	1	2,6	1	2,2						
45					2	2.2				
55	1	2,4	1	2,1	1	2.1				

N = Nombre d'échantillons

Les ligneux sont très riches en calcium et pauvres en phosphore. Distribués seuls, ils provoqueraient un déséquilibre phosphocalcique accusé,

D'ailleurs, pour la plupart des fourrages étudiés, les valeurs du rapport phosphocalcique (Ca/P) sont souvent élevées et supérieures à 6. Selon KOLB (54), un rapport Ca/P optimal ^{doit} varier de 1,2 : 1 à 1,5. Au delà de ces proportions, des troubles du métabolisme surgissent avec perturbation de l'ossification chez les animaux en croissance. Des auteurs (50 - 98) remarquent cependant qu'un rapport Ca/P élevé est toujours atténué avant l'intestin par l'apport du phosphore salivaire,

Les teneurs en fer des ligneux sont élevées, elles dépassent 1 g/kg MS, et un apport supérieur à cette valeur (77), accentue la carence en cuivre,

Les pailles sont en général très pauvres en minéraux, Toutes les valeurs sont tellement inférieures aux limites de carences que l'absence de complémentarisation déclencherait des carences graves,

Une corrélation peut être établie entre les signes cliniques, traduisant souvent une polycarence minérale, observée à la ferme expérimentale de Sangalkam, dans ses environs (81) et dans d'autres localités du pays dont la vallée du Fleuve Sénégal (103) et les résultats de l'analyse.

En définitive, l'analyse des fourrages permet de prévoir les carences primaires chez l'animal mais présente des inconvénients majeurs :

- la difficulté de constituer des échantillons représentatifs du régime et l'utilisation d'un animal porteur d'une fistule oesophagienne serait l'idéal mais il y'aurait alors des risques de contamination par la salive riche en phosphore
- la difficulté d'estimer les quantités d'aliments ingérées par l'animal
- les risques de contamination des échantillons de fourrages par le sol et il faut en tenir compte car ces contaminations ont été observées au pâturage
- l'apport minéral même suffisant n'est pas toujours disponible pour satisfaire les besoins physiologiques de l'animal.

A.2 - La biochimie

L'analyse plasmatique est une voie d'approche du métabolisme minéral. *actuellement, pour le diagnostic de la carence en iode, sélénium, manganèse, cobalt, les dosages plasmatiques ne sont pas encore adaptés à la routine*

A.2.1 - Phosphoxémie

Les taux moyens de phosphore sérique obtenus dans les cinq zones d'élevage sont supérieurs aux normes de KOLB (30 à 40 mg/l) (54).

Des variations importantes de la phosphorémie sont signalées selon l'âge, le sexe, la saison, l'espèce (36), le stress et des fluctuations diverses (*myxœdématisées par exemple*) sont également notées (96).

Une élévation du phosphore inorganique sérique est apparemment due à une décroissance de la demande en phosphore au niveau tissulaire ou/une augmentation de la disponibilité du phosphore dans les fourrages.

Ainsi, on se serait tenté de relier la plus basse phosphorémie enregistrée dans la zone sylvo-pastorale à l'extrême pauvreté en phosphore des fourrages de cette zone,

Cependant, de nombreux auteurs (22, 73) rapportent que les concentrations sériques en phosphore inorganique ne sont pas bien corrélées avec les variations des teneurs en phosphore du pâturage,

En définitive, les résultats obtenus sont tout au plus comparés aux normes obtenues sur des races européennes, donc déterminés dans d'autres contextes, mais le seuil de carence en phosphore dans le sang n'a pas été établi.

De plus, il n'est pas encore possible d'apprécier les réserves minérales osseuses qui empêchent les fortes diminutions de concentrations plasmatiques (10).

Selon GUEGUEN (39), il existe une hiérarchie certaine et une chronologie dans l'apparition des symptômes.

.../...

Au total, les fourrages sénégalais et les points d'eau étudiés sont pauvres en phosphore, des symptômes de carence en cet élément ont été décrits (81), mais la phosphorémie ne permet pas de confirmer ce diagnostic.

A.2.2 - Calcémie

Les calcémies sont généralement comprises dans l'intervalle des valeurs de KOLB et sont plus élevées pendant la saison des pluies. Selon les auteurs (36), des taux de calcium sériques voisins de la norme européenne de DUKES (91 mg/l) feraient de certaines zones des stations favorables, en l'occurrence :

- la zone de Sangalkam (chez les animaux d'embouche)
- la station du CRZ de Dahra et le bassin arachidier pendant l'hivernage.

Les remarques précédentes concernant le phosphore sont pratiquement valables pour le calcium. Cependant pour ce dernier, il existe un système de contrôle hormonal qui déclenche sa libération des réserves osseuses quand l'absorption intestinale est insuffisante.

A.2.3 - Natrémie

Les valeurs les plus faibles correspondent à celles du troupeau laitier de la ferme expérimentale de Sangalkam. Le seuil de carence en sodium est inconnu mais les natrémies relevées sont inférieures à la norme de KOLB.

Les fourrages cultivés sont déficitaires en sodium, et ce déficit s'accroît avec leur teneur élevée en potassium. Ces animaux reçoivent en outre un complément de base qu'il faut certainement revoir pour corriger l'apport sodique car la production laitière entraîne d'importantes pertes en sodium.

A.2.4 - Cuprémie

Les taux sont souvent inférieurs au seuil de carence. La moyenne générale du pays est à la limite du seuil critique adopté par CLAESSENS et Coll. cités par LAMAND (57).

La Casamance enregistre la cuprémie la plus faible, malheureusement les fourrages de cette région n'ont pas été analysés.

Au Ferlo, les fourrages sont pauvres en cuivre et les concentrations sanguines sont inférieures au seuil de carence.

La cuprémie varie avec les facteurs externes (saison) et les facteurs liés à l'individu (état physiologique : âge, gestation et état pathologique : infection, parasitose) (9).

L'exploration enzymatique (céruloplasmine dans le sang et cytochrome oxydase dans le foie et les muscles) permet également de faire un diagnostic de carence en cuivre,

- Les valeurs habituelles de la céruloplasmine (80 pour 100 du cuivre circulant) vont de 80 à 120 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, Le seuil de carence est de 70 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (57).

- Selon MILLS et Coll. cités par LAMAND (62), la détermination de l'activité de la cytochrome oxydase permet de mieux approcher les conséquences pathologiques de la carence en cuivre, Elle est de :

* dans le foie : . $16 \pm 2,3$ unités (mole de cytochrome C oxydé/mn/mg de protéine) chez les animaux carencés (cuprémie de 40 - 60 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

. 50 ± 4 unités chez les bovins témoins (cuprémie de 120 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

* dans le muscle : . $0,200 \pm 0,009$ unité chez les veaux sains

. $0,141 \pm 0,017$ unité chez les veaux carencés.

Le poil, témoin de toute une période nutritionnelle de l'animal peut être utilisé dans le diagnostic de carence en cuivre. Le seuil de carence est de 115 $\mu\text{g}/\text{g}$ selon ANKE cité par BELLANGER (5) qui estime en outre que le dosage du cuivre pileux est un élément de diagnostic restrictif qui est intéressant s'il est associé au cuivre hépatique.

.../...

La cuprémie seule ne suffit pas pour poser un diagnostic de carence. En effet, le foie est l'organe de stockage du cuivre et les réserves hépatiques sont pendant longtemps mobilisées pour empêcher une forte diminution des concentrations sanguines. Le dosage des réserves cuivriques du foie après biopsie permet donc de mieux confirmer une suspicion et BELLANGER (5) rapporte que le seuil critique se situe entre 20 et 30 $\mu\text{g/g MS}$ et que la carence est certaine à 10 $\mu\text{g/g MS}$.

A.3.5 Zincémie

La moyenne générale de la zincémie trouvée au Sénégal est de $1,32 \pm 0,03$ mg/l. Elle est supérieure au seuil de carence de MILLS et Coll. 0,4 mg/l cité par MILLER (65) et à celui de LAMAND (65) qui est de 70 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$.

La zincémie de la Casamance est la plus élevée ($2,23 \pm 0,14$ mg/l). Une corrélation n'est pas relevée entre les commémoratifs (fourrages sénégalais très pauvres en zinc) et les résultats de l'analyse sérique.

L'interprétation de ces résultats mérite une certaine réserve, car selon LAMAND (60), les valeurs limites entre le zinc d'un plasma normal et celui obtenu dans certains états pathologiques (par exemple baisse de zincémie lors d'un processus inflammatoire) (68) sont imprécises.

De plus, l'hémolyse, les défaillances techniques (exemple, apport de zinc par les bouchons des tubes de prélèvements) constituent d'importantes sources d'erreur et toujours selon cet auteur "des valeurs faibles en zinc plasmatique peuvent amener à une présomption de carence alors qu'aucune conclusion ne peut être tirée de valeurs élevées".

La phosphatase alcaline est peu utilisable pour le diagnostic de la carence en zinc. LAMAND (69) montrent que cette enzyme diminue certes avec la carence mais aussi avec plusieurs facteurs (ration très riche en énergie, vaccination antibrucellique, etc.,). Une ration très riche en zinc ne modifie pas la phosphatase alcaline plasmatique.

Il est impossible de relier les valeurs des concentrations de minéraux plasmatiques à celles des fourrages car trop souvent ces déterminations ne sont pas effectuées dans les mêmes zones, mais surtout, cela ne tiendrait pas compte des variations annuelles de la qualité des fourrages. En effet, les analyses plasmatiques et dosages des minéraux des fourrages n'ont pas été réalisés à la même période.

En conclusion, l'analyse plasmatique présente des inconvénients :

- elle est trop coûteuse et doit être réservée à la détection des carences par sondage dans un troupeau
- elle ne reflète bien souvent qu'un aspect très fugace du métabolisme minéral, Il n'est pas encore aisé de déterminer les domaines respectifs des valeurs physiologiques et pathologiques des minéraux plasmatiques,

A.3 - Apport minéral hydrique

En élevage extensif sahélien, les bovins consomment environ 15 à 30 litres d'eau par jour, Il convient de noter alors l'importance des minéraux apportés par les eaux,

En l'absence de données précises sur les normes de potabilité des eaux d'abreuvement des animaux, celles de différentes sources ont été retenues : OMS, C.E.E., France (91) (tableau n° 19).

A.3.1 - Le phosphore

Les résultats d'analyse, surtout ceux obtenus sur les forages du Ferlo sont extrêmement faibles, de l'ordre du microgramme par litre alors que la concentration minérale admise est de 0,1 mg/l (O.M.S.) et 0,3 mg/l (C.E.E., France).

Le phosphore apporté par ces points d'eau est donc pratiquement négligeable pour la satisfaction des besoins de l'animal, Ceci, comme l'a déjà souligné (34), jouerait un rôle indéniable dans l'étiologie de l'aphosphorose (36). En effet, pendant la saison sèche, les animaux s'abreuvent aux forages profonds. C'est seulement en saison des pluies qu'ils consomment les eaux de surface et de puits peu profonds,

A.3.2 - Le calcium

- La concentration en calcium des eaux de surface est inférieure aux normes des différentes sources.

- Celles des eaux de forages et de puits sont comprises dans les limites de la C.E.E. et inférieures à celles de l'O.M.S.

Les teneurs en calcium, certes, nettement plus importantes que celles en phosphore, *peuvent cependant satisfaire les besoins des animaux*

A.3.4 - Le sodium

- Les eaux de surface sont pauvres en sodium,

- Les concentrations des eaux de puits se situent dans les normes de la C.E.E. et celles des eaux de forages dépassent les limites admises. Les eaux riches en sodium peuvent occasionner des troubles intestinaux chez le mouton avec perte d'appétit (80) mais les fourrages disponibles étant pauvres en cet élément, l'abreuvement pourra intervenir dans la correction du déficit sodique.

A.3.5 - Le magnésium

Les concentrations sont comprises dans les normes de la C.E.E. et inférieures aux limites des autres sources, Ceci a une importance minime car les fourrages sénégalais sont pour la plupart bien pourvus en magnésium.

A.3.6 - Le potassium

Les eaux de surface ont une faible concentration en potassium, mais l'effet de cette carence est atténué par l'apport du aux fourrages.

Les oligo-éléments n'ont pas été dosés mais les concentrations en micro-éléments des eaux sont trop faibles pour influencer sur la teneur de la ration (60). Il existe cependant des exceptions avec les eaux naturelles trop chargées en sels minéraux. En effet, l'eau "naissante" H_2O satisfait son avidité de différents sels

de calcium, magnésium, sodium, fer, cuivre, etc., dans des proportions variables suivant les terrains qu'elle traverse et les conduites qui la transportent et PERIGAUD et Coll. (96) estiment, que les oligo-éléments métalliques (cuivre, cobalt, etc.,) passent assez peu dans l'eau car sont énergiquement retenus par les colloïdes du sol.

A.41. Transfert sol - plante

Les plantes tirent leurs minéraux de la solution du sol et utilisent la fraction dite "assimilable" et l'assimilabilité des minéraux est d'abord liée à la pédogénèse et au stade d'évolution du profil. qu'à la roche-mère (96).

En effet, au cours de la formation du sol, les éléments minéraux inclus dans les structures cristallines de la roche sont progressivement libérés pour se lier à d'autres constituants néoformés : les argiles, les hydroxydes de fer et d'aluminium ^{et} les complexes organiques. Si l'ensemble est sous une forme soluble ou pseudosoluble, il migre en profondeur où le sol s'appauvrit. Mais il peut aussi s'agir de complexes insolubles comme souvent avec les hydroxydes de fer, le sol est alors bien pourvu en éléments totaux mais pauvre en éléments disponibles pour la végétation.

Les facteurs les plus importants de variation des teneurs en minéraux du sol sont :

A.491 - Les réserves du sol

Elles conditionnent la concentration en minéraux du sol,

- Les plantes poussant sur sols tropicaux sont extrêmement pauvres en phosphore. En effet, ces sols sont très carencés en P_2O_5 assimilable en raison des quantités élevées de fer, calcium et aluminium qui accentuent la carence en formant des complexes phosphates insolubles inassimilables par la plante.

- La plupart des sols ferrugineux tropicaux (cf. tableau n° 16) sont pauvres en bases échangeables (Ca, Mg, K, Na). La ^{des bases échangeables} somme est très souvent inférieure au seuil critique (1,5 méq/100 g de sol) (24). L'apparition de carence en ces éléments est une conséquence de l'acidification.

Pour le prélèvement de sol de Vanaye (1981), la carence en potassium est certaine car le rapport $\frac{Mg}{K}$ est supérieur à 20 qui est la limite admise (24).

Les graminées fourragères ont été cultivées sur les sols sablo-argileux fertilisés des bas-fonds de Sangalkam. Leur teneur en minéraux est relativement meilleure à celle des fourrages rencontrés sur d'autres types de sol mais la part des apports minéraux dus à l'engrais ou au sol lui-même n'est pas bien établie. Ces mêmes remarques sont valables pour la culture arachidière.

- Les oligo-éléments n'ont pas fait l'objet de dosage dans les sols, cependant la littérature (94) signale que les sédiments calcaires, grès et sables sont pauvres en cuivre et cobalt, la carence en cuivre est vérifiée sur les fourrages, ce n'est pas le cas pour le cobalt, ces derniers étant riches en cet élément.

- Le manganèse n'est présent en quantité importante que sur les sols calcaires (94) mais les aliments étudiés en sont pratiquement bien pourvus

^{ou cet élément}
- Les marnes sont riches en molybdène. Les sols pauvres x appartiennent au type ferralitique et de façon générale aux sols riches en oxydes de fer, Les sols pauvres en sélénium sont normalement d'origine éruptive et déjà carencés en cuivre et cobalt,

Malheureusement, ces éléments n'ont pas encore fait l'objet d'analyse dans les fourrages.

A.4.2 - Le pH

De nombreux éléments minéraux comme le phosphore et certains oligo-éléments deviennent non mobiles à pH bas.

L'assimilabilité des oligo-éléments est optimale à pH compris entre 6 et 6,8 selon LUCAS cité par LAMAND (1975) (60). Au-delà de ces valeurs, les formes hydroxydes chélatées ou adsorbées ~~inaccessibles~~ aux végétaux prédominent et augmentent

les possibilités de carence, De nombreuses études (98) ont montré que les sols sableux du Sénégal notamment ferrugineux tropicaux ont tendance à s'acidifier surtout au cours des années de culture. Les sols de rizières actuellement en valeur dans le delta du Fleuve Sénégal comme s-n Casamance sont dans l'ensemble des sols extrêmement acides (pH : 3,5 - 4,5 - 5,5) qui sont d'ailleurs sulfatés acides en raison de leur origine fluviomarine. Ceci pourrait peut-être expliquer l'extrême pauvreté en minéraux des pailles de riz,

L'acidité est donc surtout responsable des carences du sol. Il existe une exception pour le molybdène beaucoup plus soluble avec l'élévation du pH. Son rapport avec la teneur en molybdène total, De plus, les oxydes hydratés sont plus assimilables et plus facilement réductibles que les oxydes non hydratés. Certains auteurs (38) MnO_2 est pas assimilable et MnO est très assimilable.

Un pH élevé favorise également la carence en zinc et s'obtient à la suite de chaulages excessifs. Le pH à ne pas dépasser est d'environ 6,4 selon DATTINER cité par PERIGAUD (94). Les sols pauvres en zinc ne sont pas uniquement associés à des types géopédochimiques définis,

Les sols sélénifères sont alcalins selon UNDERWOOD (112). Les formes disponibles pour les végétaux sont les sélénites et sélénates.

A.4.3 - L'excès d'eau

Il caractérise les sols hydromorphes. En effet, l'excès d'eau solubilise les minéraux et les rend alors assimilables par la plante au moment où ces mêmes conditions du milieu sont incompatibles au bon développement du végétal. Lorsque l'eau se retire, les minéraux restent de nouveau "bloqués" dans les précipités ferriques.

8,464 - La matière organique

Elle joue un rôle très important car la teneur des plantes en phosphore dépend de la présence simultanée d'acide phosphorique et d'azote (110).

Les sols sénégalais sont pour la plupart pauvres en matière organique. Les teneurs admises varient de 1,5 à 2 pour 100 (24).

A.4.5 - L'équilibre entre les ions

Les ions H^+ et Al^{3+} sont constitutifs des argiles et colloïdes du sol. et jouent un rôle essentiel dans l'acidité des sols puisqu'ils sont en équilibre avec ceux de la solution du sol. Par exemple, à pH bas, il y a antagonisme fer, aluminium et phosphore. La conséquence est qu'un élément se trouvant pourtant en quantité suffisante peut être bloqué sous une forme inaccessible aux plantes.

A.4.6 - Le prélèvement par les végétaux

La culture continue provoque rapidement une acidification importante et, en l'absence d'apport compensateur des exportations par la plante, les réserves du sol peuvent s'épuiser.

En conclusion, la carte des sols carencés à l'échelle 1/1.000.000^e (Annexe II) ne permet pas de poser un diagnostic précis. A cette échelle, on ne peut parler que de risque de carence. En effet, la connaissance de la teneur totale d'un sol en un minéral donné ne permet pas de préjuger de sa disponibilité pour les plantes car de nombreux facteurs interviennent dont, entre autres, les saisons, l'espace et la luminosité.

Aussi, de nombreux auteurs (62, 94) estiment que l'analyse de sol n'offre pas un intérêt majeur pour la détection des carences chez les animaux. La liaison entre la teneur en minéraux du sol et des plantes ne répond pas à une loi simple et un grand nombre de facteurs propres au sol ou à la plante provoquent des modifications de la teneur en minéraux des fourrages.

De même, il n'est guère aisé pour nos pays de relier un type de sol à une carence donnée, observée dans le troupeau. En effet, l'élevage étant de type extensif transhumant, il paraît pratiquement impossible de relier une carence à une zone précise et d'ailleurs cette transhumance peut être un excellent moyen pour prévenir les carences minérales du bétail.

B - PROPHYLAXIE DES CARENCES

B.1 - L'approche de la question

Cette étude fait le point sur la problématique des carences minérales au Sénégal. Elle aura surtout permis de confirmer des carences d'apport ou carences primaires en phosphore, calcium, sodium, cuivre et zinc.

Il est à prévoir que ces carences primaires soient potentiellement aggravées par diverses interférences : faible digestibilité des fourrages en raison de leur forte lignification, contaminations avec de la terre souvent déposée par les vents de sable, interactions entre minéraux présents dans la ration.

L'intérêt d'un apport en minéraux n'est plus à démontrer et il n'est pas d'ailleurs méconnu par les éleveurs qui font faire périodiquement une cure à l'écuelle aux animaux. Cependant, le problème est assez complexe car il faut connaître les besoins de nos races et savoir à quel moment, comment et qu'est-ce-qu'il faut apporter dans le complément. En d'autres termes, il s'agit du problème d'adaptation bromatologique de la production le complément minéral face aux différentes situations locales (exemple, pendant l'hivernage, une source d'apport en magnésium est superflue dans la zone sylvo-pastorale pour un animal consommant du tapis herbacé).

Certes, des enquêtes analytiques de ce genre se poursuivent (21), nos recherches de longue haleine sont entreprises pour connaître les besoins des races tropicales, mais les animaux ne peuvent pas attendre. Pour dégrossir le problème, il paraît indispensable d'exploiter les connaissances déjà acquises afin d'instaurer une prophylaxie systématique et adéquate.

La prévention des carences par amendement du sol c'est-à-dire par l'épandage de sels minéraux au sol ne nous paraît pas envisageable dans le contexte sahélien extensif, elle pourrait se concevoir dans le cadre de la production intensive de Culture fourragère.

L'apport de sels minéraux sous forme de blocs ou pierres à lécher, parallèlement au rééquilibrage énergétique et azoté de la ration est indispensable pour améliorer les productions animales.

B.2 - Complémentation minérale

B.2.1 - Sources de minéraux

Les phosphates minéraux susceptibles d'être employés en alimentation animale figurent au tableau n° 20. Pour ce qui concerne le phosphate naturel produit au Sénégal, de nombreux facteurs militent en sa défaveur (faible solubilité dans l'acide citrique, teneurs en alumine, fer et fluor élevées) et des essais de distribution discontinue sont en cours au C.R.Z. de Dahra pour préconiser un mode de complémentation phosphocalcique inoffensif et efficace.

Il existe des sources plus spécifiques de calcium (cf. tableau n° 19). Le chlorure de sodium et la magnésie sont les matières premières les plus communément utilisées pour une complémentation en sodium et magnésium.

Pour la prévention de carences en oligo-éléments, tous les sels peuvent être employés, exemple : sulfate de zinc, ^{de}cuivre, ^{de}cobalt, ^{de}manganèse. Les oxydes sont en général inassimilables sauf l'oxyde de zinc et de manganèse (55).

B.2.2 - Critères d'un bon complément minéral

Ils sont de Mc DOWELL (1979) et rapportés par LEONARD (74).

- 1 - Le mélange minéral doit contenir un minimum de 6 à 8 pour 100 de phosphore total. Dans les aires où les fourrages contiennent moins de 2 pour cent de phosphore, un supplément minéral contenant 8 à 10 pour 100 est souhaité.
- 2 - Le rapport phosphocalcique ne doit pas dépasser sensiblement 2.
- 3 - Le complément doit apporter une proportion significative c'est-à-dire 50 pour 100 des besoins en oligo-éléments : cobalt, cuivre, iode, manganèse, et zinc. Dans les régions où les carences sont connues, il faut apporter 100 pour 100 des oligo-éléments spécifiques.

.../...

- 4 - Le composé minéral doit être constitué de sels minéraux d'excellente qualité et biologiquement disponibles, Il doit renfermer un minimum d'éléments toxiques (Eviter les phosphates trop riches en fluor),
- 5 - La formulation doit être suffisamment appétable pour permettre une consommation adéquate pouvant satisfaire les besoins.
- 6 - La taille des particules doit permettre un mélange homogène.
- 7 - La fabrication du complément doit être confiée à une fabrique de renommée : avec des garanties de contrôle de qualité précisées sur l'étiquette.

R.3 -- Exemples de formules adaptées aux résultats analytiques existants

B.3.1 - Calcul pour un bovin de Tessékéré consommant 6 kg de matière sèche (M.S.) + 8 % de tourteau d'arachide

a) Estimation du déficit en minéraux majeurs

Teneur (en g/kg MS) de la ration	Besoins (en g/kg MS)	Apports	Déficit journalier à couvrir
Ca : 2,76	5,5*	16,65	16,44
P : 0,82	3,5*	4,96	16,04
Mg : 1,7	2	10,2	1,8
Na : 0,36	2	2,16	9,84

Un apport journalier de 72 g de phosphate bicalcique (29 % Ca, 22 % P), 25 g de chlorure de sodium (39,3 % Na) et 3 g de magnésie MgO (60 % Ca) pourra couvrir les besoins,

.../...

TABLEAU N° 20 : PHOSPHATES MINÉRAUX UTILISÉS DANS L'ALIMENTATION ANIMALE
 -(D'après GUEGUEN, 1970-72)

PRODUITS MINÉRAUX	Ca %	P %	CUD moyen(adulte) %	Autres
A+				
Phosphate bicalcique hydraté	24-25	17,5	60-65	
Phosphate bicalcique anhydre	29	22	60	
Phosphate monobicalcique	24	20	60-70	
Phosphate monocalcique	17	23	60-70	
Tripolyphosphate sodique		25	60-70	Na : 31
Phosphate disodique anhydre ,		22	70-75	Na : 32
Phosphate disodique hydraté		9	70-80	Na : 13
Phosphate monosodique anhydre		25	70	Na : 19
Phosphate monosodique hydraté		20	70-80	Na : 16
Acide phosphorique			80	
Phosphate monopotassique		31,6	70-80	K : 28
Phosphate dipotassique		17,6	70-80	K : 44
Phosphate mono-ammonique		27	70-80	N : 12
Phosphate diammonique		23	70-80	N : 21
Triphosphate ammonique		12219	60-70	N : 17 à 28
Pyrophosphate ammonique		25	60-70	N : 20
Pyrophosphate sodique		23	60-70	N : 22
Phosphate triple sodium-calcium-magnésium	9	17	60-70	N : 34 Na : 12, Mg : 1
B+				
Phosphate tricalcique pur	38	20	50-60	
Phosphate tricalcique d'os	27-33	13,75	50-55	
Farine de viande osseuse	12-16	6-8	50-55	
Phosphate tricalcique naturel	20-24	10-17	20-50	
Silicophosphate de calcium et sodium	32	18	40-60	Na : 5
Phosphate de calcium	31	24	20	
Métaphosphate de calcium	13	20	20	
Phosphate alumino-ferro'calcique	6	15	20-40	Al : 19, Fe : 6

* CUD Phosphore : 1) A : > 60 % et 2) B < 60 %

TABLEAU N° 20 (suite)

SOURCES SPECIFIQUES DE CALCIUM

PRODUITS MINERAUX	Ca %	AUTRES MINERAUX %	REMARQUES
Carbonate de calcium	40	CO ₃ : 59,93	Bonne utilisation zootechnique, emploi très fréquent craie : '93 pour 100 os : 7-10 pour 100 des matières minérales
Sulfate de calcium	29	SO ₄ : 70,75	augmente l'élimination urinaire de phosphore et calcaire
Chlorure de calcium	36,1	Cl : '63,3	Goût amer

SOURCES SPECIFIQUES DE SODIUM

PRODUITS MINERAUX	Na %	AUTRES MINERAUX %	REMARQUES
Chlorure de sodium (NaCl)	' 39,3	Cl : 60,7	Solution 36 g/ 100 ml
Bicarbonate de sodium (NaHCO ₃)	27,3	HCO ₃ : 72,6	
Sulfate de sodium (Na ₂ O ₄)	' 32,4	SO ₄ : 67,6	

SOURCES SPECIFIQUES DE MAGNESIUM

PRODUITS MINERAUX	Mg %	AUTRES MINERAUX %	REMARQUES
Oxyde de magnésium (MgO) "magnésie"	60		Bien absorbés, n'entravent pas l'utilisation des autres minéraux.
Hydroxyde de magnésium Mg (OH ₂)	40		
Carbonate de magnésium (MgCO ₃)	29	CO ₃ : 71	10 pour 100 des matières minérales de l'os, disponibilité du Mg < MgO
Chlorure de magnésium (MgCl ₂ , 6 H ₂ O)	12	Cl : 3 5	amer, laxatif
Sulfate de magnésium (MgSO ₄)	20	SO ₄ : 79,8	
Sulfate de magnésium hydraté (MgSO ₄ , 6 H ₂ O)	10	SO ₄ : 39	

La formule est donc la suivante :

phosphore bicalcique 72 %
 chlorure de sodium 25 %
 oxyde de magnésium 3 %

b) Estimation du déficit en oligo-éléments

Teneur de la ration (en ppm)	Besoins de l'animal (en ppm)	Apports	Déficit journalier
Cuivre	14*	36,6	47,4
Zinc 39,8	75*	23898	211,2

Forme de sel	Proportion de l'élément dans le sel	Facteur de multiplication	Quantité à apporter dans 100 g de CM	Quantité à apporter dans 1 kg de complément minéral (C.M.)
$50_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1/4	4	189,6 mg	1 896 mg ou 1,886 g/kg CM
$50_4\text{Zn} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1/4	4	544,8 mg	5 448 mg ou 5,448 g/kg CM

* Les besoins sont surestimés. Il est tenu compte d'une faible digestibilité des fourrages et des contaminations fréquentes par de la terre (78).

La formule précédente devra également renfermer :

sulfate de cuivre 2 g/kg de C.M.
 sulfate de zinc 3,5 g/kg de C.M.

.../...

B.3.2 = Calcul pour un bovin de Doli nourri au pâturage en raison de 6 kg MS/jour

a) Estimation du déficit en minéraux majeurs

Teneur (en MS) de la ration	Besoins (en g/kg MS)	Apports	Déficit journalier à couvrir
Ca : 4,45	5,5*	26,7	6,3
P : 0,62	3,5*	3,72	17,28
Na : 0,1672	2	1,0032	10,99

Un apport journalier de 75 g de phosphate monocalcique (17 % Ca, 23 % P) et 28 g de chlorure de sodium (39,3 Na) pourra satisfaire les besoins de l'animal.

b) Estimation du déficit en oligo-éléments

Teneur de la ration (en ppm)	Besoins de l'animal (en ppm)	Apports	Déficit journalier à couvrir
Cuivre	14*	30,6	53,4
Zinc	75*	140,4	309,6

Forme de sel	Proportion de l'élément dans le sel	Facteur de multiplication	Quantité à apporter dans 100 g de CM	Quantité à apporter dans 1 kg de complément minéral
SO ₄ Cu, 5H ₂ O	1/4	4	213,6 mg	2 136 mg ou 2,136 g
SO ₄ Zn, 7H ₂ O	1/4	4	1 238,4 mg	11 238,4 mg ou 11,238 g

La formule est la suivante :

phosphate bicalcique	75 %
chlorure de sodium	28 %
sulfate de cuivre	2,5 g/kg
sulfate de zinc	12,5 g/kg

B. 4 - Limites de la complémentation

-- Les recommandations minérales pour les races tropicales sont encore trop approximatives.

- Le libre-service en minéraux se traduit par des consommations très irrégulières.

- Il est difficile de rendre optimum l'apport d'oligo-éléments pour les animaux ayant une faible consommation et de ne pas provoquer des intoxications chez les animaux ayant les consommations les plus élevées. Autrement dit, il est impossible de traiter chaque bête individuellement. Un contrôle limité dans le temps s'impose pour contrôler le niveau de la consommation des blocs à lécher, non exempts de toxicité.

- Les recommandations qui permettent d'élaborer les blocs intègrent la notion d'apport et de digestibilité de l'élément considéré sans prendre en compte les différentes interférences susceptibles de modifier les besoins.

Il n'est pas tenu compte de la faible digestibilité des minéraux due à la richesse en fibres des fourrages et à la contamination par de la terre déposée par les vents de sable.

- Noter que les quantités ingérées de bloc peuvent dépendre beaucoup plus de l'appétibilité que des qualités nutritionnelles ou digestives.

- Il faut une grande souplesse dans les unités de production de manière à fabriquer des pierres à lécher adaptées aux spécificités des pâturages et aux spéculations d'élevage. Préférer des blocs de 1 ou 2 kg au lieu de 5 kg en raison du faible pouvoir d'achat des éleveurs et veiller à ce que la supplémentation soit bon marché pour rester rentable.

-- La législation française (41) interdit d'incorporer du Sélénium dans le complément minéral, par conséquent les animaux carencés en sélénium seront traités individuellement. On peut prévoir; des formes injectables : 3 mg par veau une fois vers 15 jours et 0,6 mg par agneau une fois vers 15 jours ; rémanence 2,5 mois.

- D'autre part, l'administration du zinc par os est à revoir dans le traitement de la carence en zinc. En effet, LAMAND et Coll. (67) ont remarqué, sur des ovins carencés, que la supplémentation du régime à 50 ou 100 mg de zinc par kg, de MS n'a pas supprimé la carence. En revanche, l'injection de zinc a restauré la zincémie en 10 jours,

B.5 - Contrôle des matières premières et des mélanges minéraux

B.5.1 - Textes législatifs ,

- Le décret 74-1003 du 30 octobre 1974 relatif à la nomenclature et au commerce des aliments pour animaux définit les produits d'origine minérale comportant les divers sels minéraux et leurs composés destinés à l'alimentation des animaux d'élevage.

- L'article 2 du décret 68-507 du 7 mai 1968 précise que l'autorisation de vente ne peut être délivrée que par le Ministre du Commerce et que cette "autorisation ne peut être donnée qu'après dépôt au service de la répression des fraudes et analyse de 4 échantillons témoins comportant l'indication de la composition du produit, de son prix de revient, du nom et de l'adresse du fabricant.

- L'article 5 de la loi 66-48 du 27 mai 1966 prévoit pour l'autorisation de vente des produits importés, une procédure simplifiée, s'ils sont en vente dans leur pays d'origine et contrôlés dans les conditions de droit et de fait jugées satisfaisantes par les autorités sénégalaises.

- L'article 4 de ce même décret 68-507 du 7 mai 1968 précise les normes d'étiquetage des aliments et exige les mentions suivantes pour les produits destinés aux animaux :

- indication des produits entrant dans leur composition
- les taux garantis de matières protéiques, matières grasses, cellulose, vitamines et minéraux, ainsi que le mode d'emploi.

- L'article 14 du décret 74-1003 du 30 octobre 1974 fixe les conditions d'utilisation des aliments fluorés : "sont considérés comme impropres à la consommation des animaux".

- Les phosphates minéraux vendus en l'état aux éleveurs renfermant une teneur en fluor supérieure à 0,30 pour 100 de la matière sèche.
- Les composés minéraux contenant plus de 0,30 pour 100 de fluor par rapport à la matière sèche, s'ils sont destinés aux animaux des espèces ovine et bovine.

B.5.2 - Insuffisances

Elles sont nombreuses :

- Absence de normes précises d'utilisation des substances minérales et des laboratoires comme 1; notre peuvent contribuer à l'établissement et à la fourniture de ces normes dont l'absence anihile tous les efforts de contrôle, aux services de la répression des fraudes.
- Les normes d'étiquetage ne sont pas respectées. Rares sont les phosphates importés sur lesquels figure le C.U.D. pourtant exigé en France,
- Trois sources de phosphates naturels existent au Sénégal et des dosages effectués par notre Laboratoire à Dakar et celui de l'IEMVT en France (*) (tableau n° 20) donnent les valeurs suivantes :

.../...

(*) IEMVT : Institut d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux.

Tableau n° 21 : Résultats d'analyse

Sources	Phosphore en %	Calcium en %	Fluor en %	Solubilité dans l'eau en %	Solubilité dans l'acide de citrique en %
Phosphate de Taïba	13,75 13,91*	32,09 30,39*	3 - 3,5	0,16	44,35*
Phosphate de Matam	7,24 7,16*	31,13 31,24*	2,5	0,06*	55,08*
Phosphate de Thiès	10,8 12,62*	6,21 5,43*	0,7	0,05*	0,32*
Poudre d'os SERAS	10,8 9,75*	16,56 20,14*	-	0,11*	82,33*
CMV de Sanders def composition inconnue	3,75 2,73*	17,82 16,47*	-	0,54*	14,39*

Selon la législation donc, les phosphates naturels du Sénégal ne doivent pas être utilisés en alimentation animale, or dans la conjoncture actuelle, des raisons économiques doivent guider notre choix et des expériences récentes en cours préconisent une possibilité de distribution discontinue qui permet l'élimination du fluor (pas de problème d'insalubrité publique).

D'autre part, le polyphos de la SMT (Société d'Etudes et d'Applications des Minerais de Thiès) est extrait du gisement de Thiès qui contient très peu de phosphore disponible. Les modalités d'enrichissement en phosphore sont... précises et surtout il appartient au service de la répression des fraudes de procéder à l'échantillonnage et aux analyses qui s'imposent afin de démontrer la qualité nutritionnelle de ce produit importé en quantité importante par la SSEPC (Société sénégalaise d'Engrais et de Produits chimiques) comme source de phosphore utilisable en alimentation animale,

.../...

B"5.3 - Critères d'appréciation d'un complément minéral

Les méthodes "in vivo" utilisent comme support l'animal et sont onéreuses.

Les méthodes "in vitro" (41) sont pratiques et adaptées à la routine. Elles ont pour but de reproduire au laboratoire, de manière fiable, les résultats obtenus sur animaux.

a) Solubilité dans l'eau

Les phosphates solubles dans l'eau sont de "bonnes sources de phosphore pour les animaux, Cependant, cette quantité n'est pas une condition nécessaire à la bonne utilisation d'un sel minéral. En effet, dans certaines parties de l'estomac du monogastrique, le pH est très acide (2 à 3) et des phosphates insolubles y sont facilement mis en solution et absorbés,

b) Extraction par le citrate d'ammonium (41)

Cette méthode d'évaluation, surtout utilisée pour les engrais phosphatés, fait l'objet de nombreuses controverses.

Dans le contexte de l'alimentation animale, alors que l'extraction du phosphore atteint 100 pour 100 pour le phosphate bicalcique, elle ne dépasse guère 10 pour 100 pour les phosphates tricalciques et l'hydroxyapatite de la poudre d'os et est presque nulle pour certaines fluorapatites défluorisés pourtant bien assimilés par les animaux. Par contre, la valeur d'extraction avec les citrates neutres pour le métaphosphate de calcium (faiblement utilisé par l'organisme) est aussi élevée que celle obtenue pour l'orthophosphate de sodium. De plus, les citrates alcalins extraient 70 à 80 pour 100 du phosphore du phosphate aluminocalcique pratiquement non assimilé par les animaux,

Cette méthode présente donc l'inconvénient majeur de ne pas reproduire fidèlement les résultats obtenus sur animaux.

c) Solubilité dans l'acide chlorhydrique dilué

De nombreux auteurs ont tenté de classer les phosphatés en fonction de leur solubilité dans l'acide chlorhydrique à 0,4 pour 100 ou à 0,25 pour 100.

Les conditions d'acidité sont ainsi assez proches de celles de l'estomac et la classification obtenue est plus valable que celle fournie par le citrate d'ammonium.

Les phosphates insolubles dans l'acide chlorhydrique dilué sont en général de mauvaises sources de phosphore pour les animaux. Il y a cependant au moins une exception puisque le pyrophosphate de calcium, totalement inassimilable par l'animal est extrait à 97 pour 100 par HCl à 0,4 pour 100.

d) Extraction par l'acide citrique à 2 pour 100

La "solubilité" citrique à 2 pour 100 est actuellement l'une des meilleures méthodes d'évaluation des sources de phosphore. Les résultats sont pour la plupart en accord avec les coefficients d'utilisation digestive réelle (C.U.D.r) obtenus sur animaux.

Comparaison des "solubilités" citriques à 2 pour 100 de divers phosphates minéraux à celles des C.U.D.r. sur animaux (GUEGUEN) (41)

	Pourcentage extrait de 1 g de P dans 100 cm ³	Pourcentage extrait de 250 mg de P dans 100 cm ³	C.U.D.r moyens de P
Phosphate monocalcique	100	100	60 - 70
Phosphate triple Na, Ca, Mg	100	100	60 - 70
Phosphates bicalciques	95 - 100	90 - 95	60 - 65
Silicophosphates de Ca et Na	90	80	30 - 60
Phosphate tricalcique pur	70	60	50 - 60
Farine d'os	85	50 - 60	50 - 60
Phosphates tricalciques naturels défluorés (apatites)	30 - 60	20 - 60	20 - 50
Métaphosphate de Ca	60	20 - 30	30 - 40
pyrophosphate de Ca	20	10	20
Phosphate aluminocalcique	10	8	20

Si l'estimation de la valeur nutritionnelle des matières premières est facile, les composés minéraux qui résultent du mélange de ces matières premières sont beaucoup plus difficiles à juger : d'une part leur formule brute est en général trop imprécise, d'autre part, les méthodes de contrôle valables pour chaque matière première ne le sont plus pour le mélange.

En l'absence d'aucune indication, un critère aussi grossier que la coloration ocre rouge permet de déceler la présence de fortes quantités d'oxyde ferrique et surtout de phosphate aluminoferrocalcique (riche en fer),

Au laboratoire, la proportion soluble dans l'eau des divers éléments est facile à déterminer et constitue une indication intéressante. C'est dans la fraction insoluble que se trouve la majorité du calcium et du phosphore et le problème devient délicat. En effet, la méthode d'extraction à l'acide citrique à 2 pour 100 décrite dans les cas des phosphates seuls n'est pas valable dans le cas d'un mélange de phosphate calcique et de carbonate de calcium. Ce dernier est totalement soluble dans l'acide citrique à 2 %. Il y a donc sous-estimation de la "solubilité" citrique du phosphore dans les composés minéraux pauvres en phosphore et riches en calcium.

CONCLUSION GENERALE

Les **carences minérales** existent au Sénégal et leur importance économique est **considérable**. En effet, une nutrition **minérale inadéquate limite** sévèrement les productions animales en réduisant l'efficacité des **rations consommées**, quoique l'impact réel sur les performances zootechniques et l'économie du troupeau soit difficile à mesurer.

La **détection** clinique de **telles** affections est difficile et une carte des carences est un excellent **commémoratif** pour leur diagnostic.

Les sols **sénégalais** sont généralement pauvres, en **minéraux** et l'importante quantité de fer et d'**alumine** qui les **caractérise** accentue le déficit minéral en formant des complexes insolubles inassimilables par la plante.

Aucune correction du **déficit** (surtout en phosphore) ne peut être envisagée avec les eaux d'**abreuvement**.

Le diagnostic biochimique **confirme** la carence en **cuivre** au Sénégal mais il connaît des limites et ne doit être envisagé qu'à l'échelle d'un troupeau suspect.

Dans les fourrages **étudiés**, le phosphore, le calcium et le **sodium** sont présents en quantité insuffisante. Les accidents induits par une **carence** d'apport en magnésium et en potassium sont sans doute rares car très peu de fourrages sont insuffisamment pourvus. Les ligneux constituent une importante source de nourriture et sont broutés pendant toute l'**année**, surtout pendant la saison sèche ; en raison de leur richesse en calcium, ils jouent un rôle palliatif dans l'**insuffisance** en cet élément. La carence en cuivre et ^{en} **zinc** est **générale** et prolongée (surtout dans la zone sylvo-pastorale). Mais c'est particulièrement vers la fin de la saison sèche (chute de la teneur en **minéraux** de bon nombre de fourrages, qui y a des risques de manifestations **sévères** de carence.

.../...

La qualité minérale des fourrages varie suivant leur teneur, leur ingestibilité et leur digestibilité qui conditionne celle des minéraux, mais, dans tous les cas, la connaissance de la teneur en minéraux des fourrages de la région reste encore le meilleur moyen d'appréciation des risques de carence minérale et, surtout, oriente la prophylaxie,

Malheureusement, une réglementation inadaptée anihile tous les efforts de vulgarisation, de distribution du complément minéral approprié pour satisfaire les besoins des animaux et prévenir les risques d'insuffisance minérale et selon GUEGUEN (41) "la législation doit être plus exigeante c'est-à-dire non pas limitative mais plus descriptive parce que destinée, non pas à entraver le fabricant mais à éclairer l'acheteur et à faciliter son choix".

1. The first step in the process of the development of a new product is the identification of a market need. This is done by conducting market research and analyzing the needs and wants of potential customers. Once a market need has been identified, the next step is to develop a concept for a product that will satisfy that need. This involves brainstorming ideas and selecting the most promising one. The third step is to develop a detailed plan for the product, including its features, benefits, and pricing. This plan is then used to secure funding and begin the development process.

2. Development

2. The second step in the process of the development of a new product is the development of a prototype. This involves creating a physical model of the product that can be used to test its functionality and appearance. The prototype is then used to gather feedback from potential customers and make any necessary adjustments. Once the prototype has been refined, the next step is to develop a detailed plan for the production of the product. This plan includes the materials, equipment, and labor required to manufacture the product. The final step is to begin the production process and bring the product to market.

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - ADEMOSUM (LA.), MUNYABUNTU (C.M.) - Sheep : metabolic interactions of copper with iron, molybdenum and sulphur, International Goat and Sheep Research, 1982, 2 (1) : 13-21.
- 2 - AHOKPE (B.), GUERIN (ii.) et CISSE (Nd. M.) - Mise au point de bloes à lécher "mélasse-urée-minéraux" pour la complémentation au pâturage des ruminants de l'élevage extensif : premiers essais et protocole d'étude. Réf. n°112/Alim. Nut., LNERV/ISRA, décembre 1984,
- 3 - AMBOULOU (D.), LAMAND (M.) - Effect of grinding and pelleting of hay on copper metabolism in sheep. Studies with radioactive copper. Ann.Rech.Vét., 1977, 8 (2) : 121 - 127.
- 4 - BARLET (J.P.) - Influence de la teneur en soufre du foin utilisé dans les déshydratateurs sur le métabolisme calcique de l'agneau recevant le fourrage ainsi séché. Bull.Tech.CRZV Theix, INRA, 1977 (28) : 17-18.
- 5 - BELLANGER (J.) - Relations entre les taux de cuivre sanguin, hépatique et pileux chez 250 bovins d'abattoirs. Rech.Vét., 1978, (1) : 127-139.
- 6 - BELLANGER (J.), PERIGAUD (S.) et LAMAND (M.) - Carences en oligo-éléments chez les ruminants en France. III - Eléments d'enquête obtenus par les analyses de fourrages. Ann.Rech.Vét., 1973, 4 (4) : 565-598,
- 7 - BELONJE (P.C.), BERG (A.) et VAN DEN - Failure of bone phosphorus levels to indicate dietary intake of phosphorus in sheep. Onderstepoort journal of veterinary research, 1983, 50 (1) : 1-2.
- 8 - BIEFET (V.), HENNAUX (A.), HENDE (V.A.), COTTENIE (A.) et LOMBA (F.) - Nutrition et infécondité chez les bovins. Extr. Ann.Méd.Vét., 1965, VII : 488-542.

- 9 - BIENFET (V.), LOMBA (F.), VAN DEN HENDE (A.), COTTENIE (A.), CHAUVATEAUX (G.), BINOT (H.) et HENNAUX (L.) - Le problème de la carence en cuivre. IIème part
partie : Analyses et résultats. Extrait des "Annales de Médecine vétérinaire",
1965, Fascicule V : 313-375.
- 10 - BOUCHET (J.P.), et GUEGUEN (L.) - Constituants minéraux majeurs des fourrages
et des aliments concentrés. In "Prévision de la valeur nutritive des aliments
des Ruminants". INRA, XIème Journées du Grenier de Theix, 1979 : 189-202.
- 11 - BOUCHET (J.P.) et GUEGUEN (L.) - Particularités de la nutrition minérale
Bull.Tech.CRZV Theix, INRA, 1983, (53) : 85-99.
- 12 - B.R.G.M. (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) - Carte géologique
du Sénégal à l'échelle du 1/500.000è, 2è éd., 1962.
- 13 - BROCHARD (M.) - Intérêt du dosage des minéraux dans le poil des bovins
Communication présentée au 5è Congrès international de Nutrition, du 1er
au 7 septembre 1980, Washington.
- 14 - BROCHARD (M.), LARVOR et VISSAC (B.) - Influence de quelques facteurs
montaires, saisonniers et endocriniens sur le métabolisme du calcium, phos-
phore, sodium chez deux couples de jumelles bovines univitellines.
Ann.Zoot., 1960, 9 : 5-68.
- 15 - CALVET (H.) - Les maladies nutritionnelles du bétail en Afrique Noire.
Econ.Méd. Ann., 1971, 12, 2.
- 16 - CALVET (H.), FRIOT (D.) et CHAMBRON (J.) - Influence des suppléments
minéraux sur le croît et sur certains témoins biochimiques du métabolisme
minéral chez des bovins tropicaux. Rev.Elev.Méd.Vét.Pays trop., 1972, 25
(3) : 397-408.

- 17 - CALVET (H.), FRIOT (D.) et GUEYE (I.S.) - Supplémentations minérales alimentaires et pertes de poids des zébus sahéliens en saison sèche. Rev.Elev.Méd.vet.Pays trop., 1965, 18 (5) : 249-282.
- 18 - CALVET (H.), PICART (P.), DOUTRE (M.P.) et CHAMBRON (J.) - Aphasphorose et botulisme au Sénégal. Rev.Elev.Méd.vet.Pays trop., 1965, 18 (5) : 249-282.
- 19 - CHRISTOFFEL (J.) - La promotion de la production locale de pierres à lécher en Afrique tropicale. A.I.D.R. (Association Internationale pour le Développement Rural) - Bruxelles.
- 20 - CISSE (Nd.M.) - Carence en minéraux : exploitation des résultats acquis pour l'ébauche d'un calendrier et d'une carte des carences au Sénégal. Réf. n°27/PHYSIO./LNERV-DAKAR, février 1984.
- 21 - CISSE (Nd.M.) et FALL (S.T.) - Protocole d'étude des carences minérales en Moyenne-Casamance. Réf. n° 59/ALIM.NUT/LNERV-DAKAR, juin 1984.
- 22 - COHEN (R.D.H.) - Phosphorus nutrition of beef cattle. IV, The use of faecal and blood phosphorus for the estimation of food intake. Aust.J.of Exp.Agric. and Anim.Husb., Vol. 14, décembre 1974 : 709-715.
- 23 - CUMBA (J.T.) et EMERITUS (Si.) -- Mineral needs of goats. Dairy goat J., 1982, Vol* 60 (1) : 32-33.
- 24 - DABIN (B.) - Résumé des valeurs caractéristiques de l'analyse des SOLS (valable pour les sols tropicaux). ORSTOM - Service de Pédologie (chimie des sols).
- 25 - DEMARQUILLY (C.) et JOURNET (M.) - Valeur alimentaire des foin condensés. Influence de la nature du foin et de la finesse de broyage sur la digestibilité et la qualité ingérée. Ann.Zootech., 1967, 16 (2) : 123-150.
- 26 - DIALLO (I.), NGOMA (A.) et DIOP (B.) - Utilisation de blocs solides "mélasseurée" comportant trois sources de phosphates naturels (Thiès, Taïba, Matam) dans un essai de complémentarité destiné à des génisses Gobra en élevage extensif. Réf. n° 03/Val./CRZ Dahra, février 1985 - Projet de protocole.

- 27 - DIENG (A.) - Utilisation des sous-produits agricoles et agro-industriels disponibles le long du Fleuve Sénégal (République du Sénégal), Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du grade d'ingénieur agronome, Orientation : Elevage, Année académique 1983-1984.
- 28 - DUCHAÏFOIR - Précis de Pédologie. Masson et C^{ie}, Editeurs, 1970.
- 29 - DURAND (M.) - Métabolisme minéral. Bull.Tech. CRZV, INRA, 1981, (46) 67-72.
- 30 - ELLIS (W.C.) PFANDER (W.H.), MUHRIER (ME.) et PICKETT (E.E.) - Molybdenum as a dietary essential for lambs. J. of An. Science, 1958, 17 (1) 180-185.
- 31 - ENGELS (E.A.N.) - Mineral status and profiles (blood, bone and milk) of the grazing ruminant, with special reference to calcium, phosphorus and magnesium. South African Journal of Animal Science, 1981, 11 (2) : 171-182.
- 32 - FALL (S.T.) - Contrôle biochimique de l'état général et des principaux métabolismes du troupeau de, Sangalkam. Mémoire de confirmation, juin 1983 LNERV-DAKAR.
- 33 - FIELD (A.C.) - Maintenance requirements of phosphorus in sheep. Journal of Agricultural Science, 1982, 100 (1) a 231-233.
- 34 - FRIOT (D.) - Rapport sur l'analyse chimique des eaux de forages profonds. Convention 20/C/66/A, 1970,
- 35 - FRIOT (D.) et CALVET (H.) - Etude complémentaire sur les carences minérales rencontrées, dans les troupeaux du Nord Sénégal. Rev.Elev.Méd.Vét.Pays trop., 1971, 24 (3) : 393-407.
- 36 - FRIOT (D.) et CALVET (H.) - Biochimie et élevage au Sénégal. Rev.Elev.Méd.Vét.Pays trop., 1973, 26 (4) : 75a-98a.
- 37 - GITTER (M.), BOARER (C.), HOWARD (D.A.) et HUBERT (C.N.) - Blood mineral levels of cattle in Kenya. Trop.Anim. Hlth Prod., 1975, (7) : 95-104.

- 38 - GREENE (L. W.), FONTENOT (J. P.) et WEBB (K. E. J.) - Effect of dietary potassium on absorption of magnesium and other macroelements in sheep fed different levels of magnesium. J. of Animal Science, 1933, 56 (5) : 1208-1213.
- 39 - GUEGUEN (L.) - Valeur comparée des phosphates minéraux comme sources de phosphore pour les animaux, Ann.Zootech., 1961, 10 (3) : 177-196,
- 40 - GUEGUEN (L.) - La variabilité de l'utilisation digestive du phosphore chez l'animal, Influence des facteurs alimentaires. Extrait du Bulletin de la Société scientifique d'hygiène alimentaire de l'association des Techniciens de l'alimentation animale et de l'Association française de Zootechnie, 1966, 54 (10 IL 12) : 282-292.
- 41 - GUEGUEN (L.) - Les critères de qualité nutritionnelle des compléments minéraux en alimentation animale. Extrait du Bulletin de la Société scientifique d'hygiène alimentaire de l'A.F.T.A. et de l'A.F.Z., 1970, 53 (7-8-9) : 116-129.
- 43 - GUEGUEN (L.) - Etude de quelques facteurs nutritionnels influant sur l'accrétion osseuse et l'excrétion urinaire du calcium, In "Physiologie comparée des échanges calciques", D. PANSU, 1973, 198 p., Sumep. Ed., 69, Villeurbanne.
- 43 - GUEGUEN (L.) - Les phosphates sont chers. Evitez donc les excès de 'phosphore ! Extrait de "l'Elevage", 1974, (30) : 41-46.
- 44 - GUEGUEN (L.) - Alimentation des ruminants : les macroéléments. INRA, 1978, éditions INRA publication, Route de Saint-Cyr.
- 45 - HACKER (J.B.) - Nutritional Limits to animal production from pastures . Farnham Royal : CAB, 1982, XI, 536 p. : 259-283.
- 44 - HANSARD (L.S.) - Micromineral for Ruminant Animals. Nutrition Abstracts and Reviews - Série B, 1983, : 53 (1) :

.../...

- 47 - HEINIS (V.) - Etude de la composition minérale des pâturages naturels du Tchad. Mémoire présenté pour le D.E.A. de nutrition à l'Université de Paris VI, Pierre et Marie Curie. IEMVT, septembre 1984.
- 48 - HOGUE (D.E.) - Selenium. Journal of Dairy Science, 1970, 53 (8) : 1155-1157.
- 49 - HOLM (A.M.R.) et PAYNE (A.L.) - Effects of mineral supplementation on the performances of steers grazing birdwood grass (*Cenchrus setiger*) pastures in North Western Australia.
- 50 - INRA - Alimentation des Ruminants, 1978, Ed. INRA Publications.
- 51 - KESSLER (J.) - Eléments minéraux majeurs chez la chèvre. Données de base et apports recommandés "Symposium International sur les Productions caprines : Nutrition et Systèmes d'alimentation, Tours, du 12 au 15 mai 1981, : 149-203
- 52 - KESSLER (J.) - Les besoins minéraux des caprins. In "Elevage bovin, ovien, caprin", 1981 (111) : 49-51.
- 53 - KIATOKO (M.), Mc DOWELL (L.R.), FICK (K.R.), FONSECA (H.), CAMACHO (J.), LOOLI (J.K.) et CONRAD (J.H.) - Mineral status of cattle in the San Carlos region of Costa Rica. J. of Dairy Sci., 1978, 61 (3) : 324-330.
- 54 - KOLBE - Physiologie des animaux domestiques. VIGOT Frères - Editeurs, 1971.
- 55 - LAMAND (M.) - Syndrome "myopathie - dyspnée". Influence de la prophylaxie par le sélénium sur la composition biochimique du plasma chez le veau. Ann.Biol.Anim., Bioch., Biophys., 1965, 5 (2) : 309-315.
- 56 - LAMAND (M.) - Causes, conséquences biochimiques, pathologiques et prophylaxie des carences en oligo-éléments chez les ruminants. Bull. de la Soc. d'hyg. Alim. de l'A.F.Z., 1971, 59 (2) :
- 57 - LAMAND (M.) - Diagnostic des carences en oligo-éléments chez l'animal. Ann.Nutr.Alim., 1972, (26), B 379-B 410.

- 58 - LAMAND (M.) Maladies de carence en oligo-éléments. Les maladies animales. Regards sur la France, Ed. S.P.E.I. Paris, 1972 : 261-270.
- 54 - LAMAND (M.) - Ethio-pathogénie des carences en oligo-éléments dans les ensilages de maïs enrichis en urée et en soufre. Ann.Rech.Vét., 1974, 5, (3) : 281-289.
- 60 - LAMAND (M.) - Symptômes de carence et rôle des oligo-éléments chez l'animal, diagnostic clinique; Supplément Bull. Tech.CRZV Theix, numéro spécial, 1975. VIIèmes Journées d'information du Grenier de Theix.
- 61 - LAMAND (M.) - Diagnostic des carences en oligo-éléments. Extr. Point Vét. "Les minéraux et les vitamines", 16 et 17 octobre 1975.
- 62 - LAMAND (M.) - Le diagnostic des carences en oligo-éléments : l'analyse du sol ou de la plante. Bull.Techn.CRZV Theix - INRA, 1979, (35) : 27-36.
- 63 - LAMAND (M.) - Les recherches sur les maladies nutritionnelles au CRZV de Theix. Bull. Techn. CRZV Theix-INRA, 1979, (38) : 5-10.
- 64 - LAMAND (M.) - Le rapport sol - plante - pathologie animale, In "Milieu, pathologie et prévention chez les Ruminants", INRA. Publ., 1981 : 111-121.
- 65 - LAMAND (M.) La carence en zinc chez les ruminants, Bull.Techn.CRZV de Theix-INRA, 1983, (52) : 9-13.
- 66 - LAMAND (M.) et BELLANGER (J.) - Teneurs en oligo-éléments de quelques aliments complémentaires pour Ruminants. Bull. Techn, CRZV de Theix - INRA, 1976, (26) : 15-19.
- 67 - LAMAND (M.) et BELLANGER (J.) - Stratégie du dosage des oligo-éléments dans les fourrages et les aliments composés, interprétation des résultats. In "Prévision de la valeur nutritive des Ruminants, INRA. Publ., 1981 : 203-212.

- 68 - LAMAND (M.), LAB (C.), MIGNON (PI.) et TRESSOL (J.C.) - Régime carencé en zinc pour Ruminants : diagnostic et traitement de la carence.
Ann. Rech. Vét., 1983, 14 (3) : 211-215.
- 69 - LAMAND (M.), LAB (C.), TRESSOL (J.C.) - Intérêt comparé de la zincémie et de la phosphatase alcaline dans le diagnostic de la subcarence en zinc chez le mouton In - Biologie prospective - 5ème Colloque international de Pont-de-Mousson - Masson éd., 1983 : 1141-1144.
- 70 - LAMAND (M.), PERIGAUD (S.) et BELLANGER (J.) - Enquête sur la fréquence et la répartition géographique des carences en oligo-éléments en France
Cah. Méd. Vét., 1973, 42 (4) : 155-175.
- 71 - LAMAND (M.) et PERIGAUD (S.) - Méthodes de complémentation, Extrait du Point vétérinaire "les minéraux et les vitamines", 16 et 17 octobre 1975. Tome I 169-185.
- 72 - LA VIE MEDICALE 1984, n° 83 : Rôle du magnésium.
- 73 - LEBDOSOEKOJO (S.), AMMERMAN (C.B.), RAUN (N.S.), GOMEZ (J.) et LITTLE (D.A.)
Minéral Nutrition of beef cattle grazing native pastures on the eastern plains of Colombia. J. of Animal Science, 1980, 51 (6) : 1249-1260.
- 74 - LEONARD (K.C.) - Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. International feedstuffs Institute Utah Agricultural Logan, Utah-USA, 1982.
- 75 - "Les acquisitions récentes sur les carences en oligo-éléments du sol aux ruminants". VIIèmes Journées d'information du Grenier de Theix.
Suppl. spécial Bull. Techn., CRZV de Theix, 1975.
- 76 - LITTLE (D.A.) - Factors of importance in the phosphorus nutrition. of beef cattle in Northern Australia. Aust. Vét. J., 1970, Vol. 46 : 241-243.
- 77 - LITTLE (D.A.) - Mineral utilization. Farnham royal : CAB, 1982, XI, 536 p. 259-283.

78 - LNERV - Rapport annuel sur les recherches en alimentation - Nutrition 1983
Ref n° 822 Alim/Nut Avril 1984 - .../...

- 77 - LOSSOUARN (J.) Alimentation des vaches laitières. Sans réf.
- 78 - MAHIN (L.) et LAMAND (M.) - Similitude de certains aspects cliniques de la malnutrition protéino-énergétique avec les carences en cuivre, zinc et cobalt chez les ruminants. Ann.Rach.Vét., 1982, 13 (2) : 171-175,
- 81 - MBAYE (Nd) et FRIOT (D. j - Note technique SUR la supplémentation minérale du bétail : les oligo-éléments. Service de Physio-*Nutrition, LNERV, septembre 1983, Dakar,
- 82 - Mc DOWELL (L.R.) - Geographical distribution of Nutritional Diseases in Animals. Chapter in "CRC Handbook of Nutrition and food", Institute of food and Agricultural Science, Center for Tropical. Agriculture, University of Florida, 1977.
- 83 - Mc DOWELL (L.R.), CONRAD (J.H.), THOMAS (J.E.), HARRIS (L.E.) et FICK (K.R.) Nutritional composition of Latin American forages. Trop.Anim.Prod., 1977, 2 . 273-279.
- 84 - MENDES (M.G.) - Mineral status of beef cattle in the Northern part of Mato Grosso, Brazil, as indicated by age, season, and sampling technique. A dissertation presented for the degree of doctor of philosophy, University of Florida, 1977.
- 85 - MILLER (W.J.) - Zinc nutrition of cattle : A Review. Journal of Dairy Science, 1970, 53 (8), 1123-1135.
- 86 - MONGONDIN (B.) et TACHER (G.) - Les sous-produits agro-industriels utilisables dans l'alimentation animale au Sénégal. Convention FAC. DSPA, IEMVT, 1979.
- 87 - NTIMUNI (J.P.), CONRAD (J.H.), Mac DOWELL (L. R.) - Effect of season ON mineral concentration in beef cattle in Malawi. South.Af.J. Of An.Science, 1983, 13 (1) : 1 - 2,

- 88 - NAIK (A.H.) - Mineral status of grasses and soils of part of Mbula Plains of Tanzania in relation to animal health. E.Afr.Agric.For J., 1965, 30 (2) : 175-182.
- 89 - NDIAYE (C.) - Etude d'une graminée fourragère irriguée et fertilisée dans la région du Cap-Vert (Sénégal). Productivité et valeur alimentaire la plus élevée possible. Mémoire de fin d'études, juin 1982, E.N.S.S.A.A., Dijon.
- 90 - NDIAYE (B.) - Productivité et valeur alimentaire d'une graminée fourragère, Brachiaria mutica. Mémoire de fin d'études, juin 1983, E.N.S.S.A.A., Dijon.
- 91 - O.M.S. : Normes internationales pour l'eau de boisson. 3ème édition, 1971.
- 92 - ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer)... Carte pédologique du Sénégal à l'échelle de 1/1.000.000, 1965..
- 93 - PEELER (H.T.) - Biological availability of nutrients in feeds available to ruminants of major mineral ions. Journal of An. Science, 1972, (35) : 695-712.
- 94 - PERIGAUD (S.) - Liaisons carencielles entre sels, végétaux et animaux. Ann. Nutr. Alim., 1972, 26 : B 327- B 378,
- 95 - PERIGAUD (S.) - Variation de la composition en oligo-éléments des fourrages. Colloque "les minéraux et les vitamines", Paris, octobre 1975, Ed Le point vétérinaire.
- 96 - PERIGAUD (S.) et COPPENET (M.) - Diagnostic géochimique. Interférences avec la culture fourragère et son intensification. Suppl. Bull. Tech. CRZV Theix, numéro spécial, 1975, IIIèmes Journées d'information du Grenier de Theix.
- 97 - PERIGAUD (S.), LAMAND (M.), BELLANGER (J.) et RIBET (M.) - Les carences en oligo-éléments chez les ruminants en France. Résultats d'enquête. Suppl. Bull., Techn. CRZV Theix, numéro spécial, 1975, IIIèmes Journées d'information du Grenier de Theix.

- 98 - PETRA (P.), HARDEBECK (H.), SOMMER (R.) et PFEFFER (E.) - Investigations into the effect on the feed on calcium and phosphorus contents in the bloodserum and saliva of wathers. Sans réf.
- 99 - FIEL (H.P.) - La teneur en iode de foin de prairie permanente/coupe récol-
tés en France, Bull. Techn. CRZV Theix. INRA, 1978, (34) : 5-10. de première
- 100 - FIEKRI (C.) - L'acidification d'un sol dior cultivé du Sénégal et ses consé-
quences agronomiques. CNRA Bambey, IRAT, mars 1974.
- 101 - RAHIM (A. G.) - The relation-ship between the concentrations of serum copper
and the activites of the serum enzyme copper (oxidase (Caeruloplasmin) in
Sudaneoe Zebu type dairy cows. World Review of Animal Production, 1982, 18,
(3) : 53-56.
- 102 - *... l'analyse de la relation entre la teneur en azote et la teneur en...*
... LNERV, DAKAR.
- 103 - RIVIERE (R.) et LAMAND (M.) - Compte rendu de mission d'appui IENVT - GERDAT
au LNERV-Dakar du 21 novembre au 6 décembre 1977.
- 104 - ROBERGE (G.) - Analyse des croissances et des teneurs en azote de 2 plantes
irriguées : Le Panicum maximum K167B et le Brachiaria mutica.
Réf. n° 36/C.F. - LNERV, mars 1985.
- 105 - ROCHE (P.), GRIERE (L.), BABRE (D.), CALBA (H.) et FALLAVIER (P.) - Le phos-
phore dans les sols intertropicaux : appréciation des niveaux de carence et
des besoins en phosphore. IMPHOS - GERDAT, Publication scientifique n° 2,
décembre 1980.
- 106 - RYSEN (J.B.), VAN (J.), EOTHA (W.S.) et STIELAW (W.) - Effect Of A high
cooper intake and different levels of molybdenum on the health of the sheep.
Journal of thr South Af. Vet. Association, 1982, 53 (3) : 167-170.

- 107 - SAFWATE (A.) et BARLET (J.P.) - Influence d'un apport important de potass à des génisses d'élevage. Bull, Techn. CRZV Theix - INRA, 1981, (43), 31-32,
- 108 - STOLKOWSKI (J.) et LEFEVRE (M.) - Essais de contrôle du sexe chez les bovins sous l'influence de la nutrition minérale. Recueil Méd. Vét. d'Alfort, 1977, 153 (1) : 33-40.
- 109 - THERIEZ (M.), LAMAND (M.) et BRUN (J.P.) :- Effet d'une carence en oligo éléments sur les performances de l'agneau de bergerie. Bull. Techn. CRZV Theix - INRA, 1977, (27) : 19-22.
- 110 - THIONGANE (Y.) - Contribution à l'étude de l'alimentation minérale des bovins au Sénégal. Les macroéléments. Thèse n° 23, EISMV, Dakar, 1982.
- 111 - TRESSOL (J.C.) - Le dosage du cobalt : la carence en cobalt en France. Méthode d'apparition et traitement de la carence chez le mouton, D.E.S. n° 749, avril 1978, Université de Clermont II.
- 112 - UNDERWOOD (E.J.) - The mineral nutrition of livestock. Farnham Royal Slough, CAB, 1966, XVII, 237 p.
- 113 - VALDIVIA (R.) et AMMERMAN (C.B.) - Effect of dietary aluminium and phosphorus on performance, phosphorus utilisation and tissue mineral composition in sheep. In Journal of Animal Science, août 1982, 55 (2) : 402-413.
- 114 - ZANTE (P.) et DIEYE (Kh.) - Caractéristiques hydriques des sols de trois types de parcours du Ferlo sableux. ORSTOM - LNERV, janvier 1985.

TEXTES LEGISLATIFS CONSULTÉS

Contrôle économique, Division de la répression des fraudes,

- 1 - Loi n° 66-48 du 27 mai 1966 portant sur le contrôle des produits alimentaires et à la répression des fraudes,
J.O.R.S. n° 3829 du 25 juin 1966.

- 2 - Décret 68-507 du 7 mai 1968 réglementant le contrôle des produits destinés à l'alimentation humaine ou animale.
J.O.R.S. n° 3962 du 25 mai 1968.

- 3 - Décret 68-508 du 7 mai 1968 fixant les conditions de recherche et de constatation des infractions à la loi 66-48 du 27 mai 1966.
J.O.R.S. n° 3962 du 25 mai 1968.

- 4 - Décret 74-1003 du 30 octobre 1974 relatif à la nomenclature et au commerce des aliments pour animaux d'élevage.
J.O.R.S. n° 4394 du 14 décembre 1974.

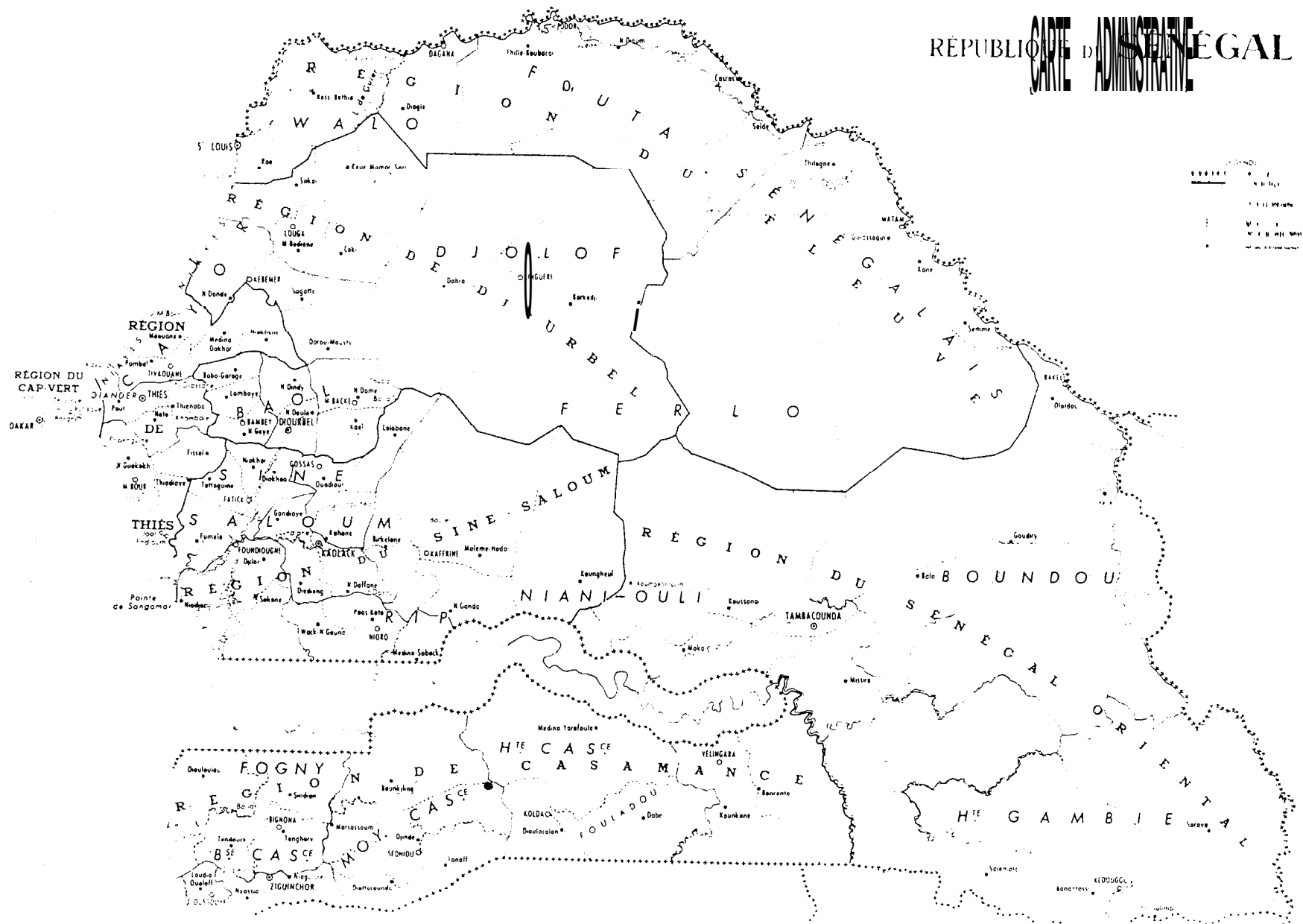
A N N E X E I

EBAUCHE D'UNE CARTOGRAPHIE DES FOURRAGES
PAUVRES EN MINERAUX

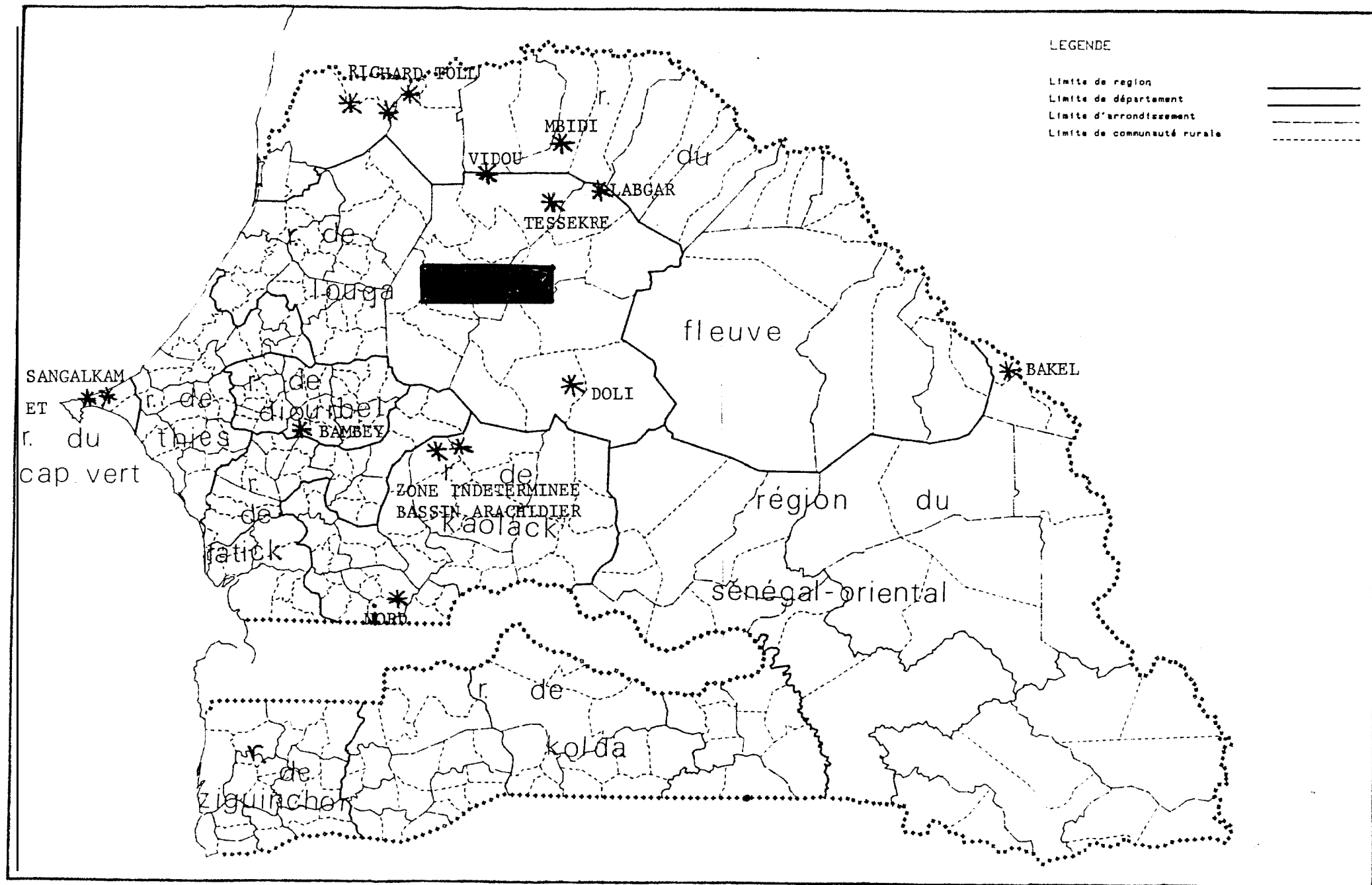
ANNEXE II

ESQUISSE D'UNE CARTOGRAPHIE DES SOLS CARENCES EN MINERAUX

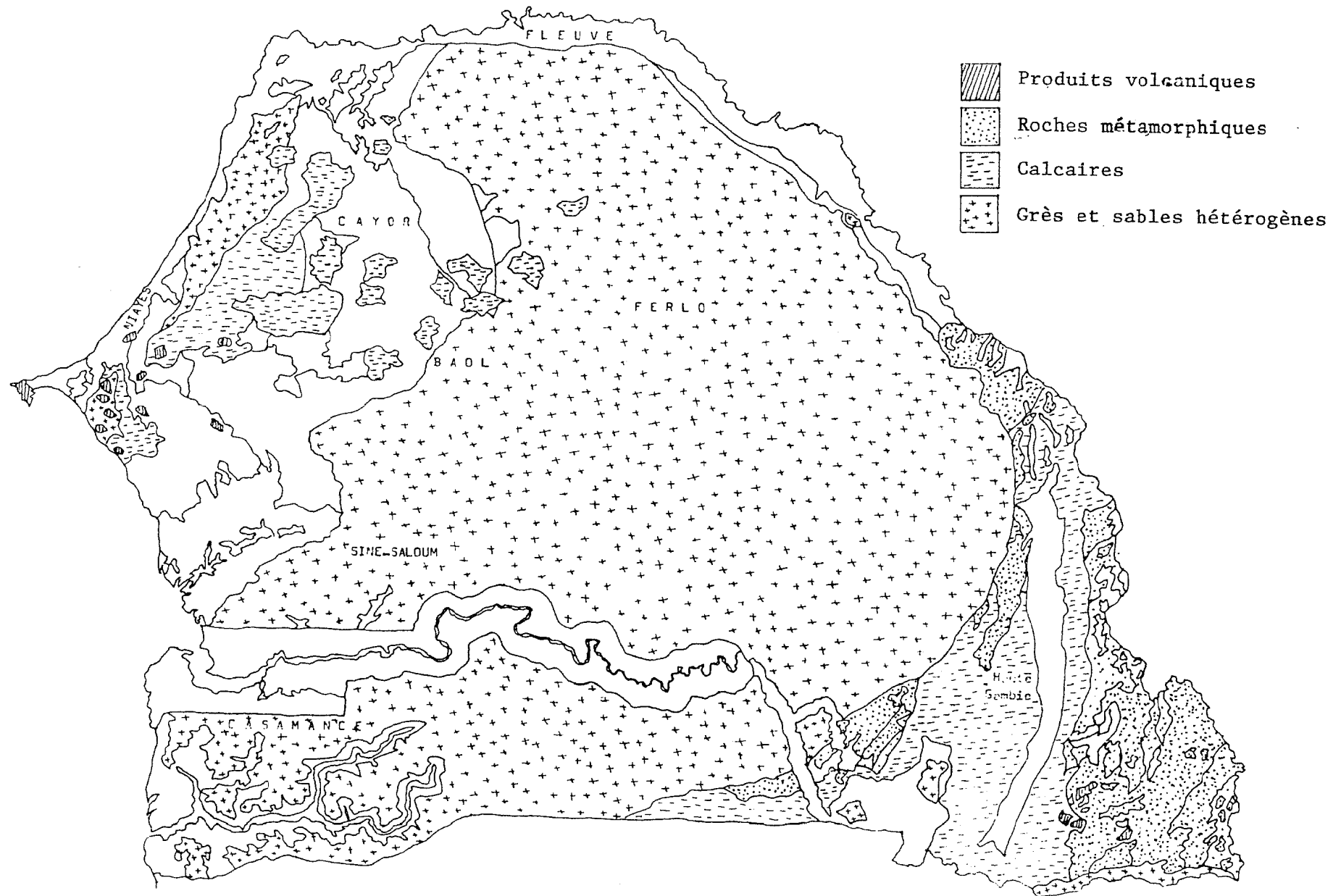
RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



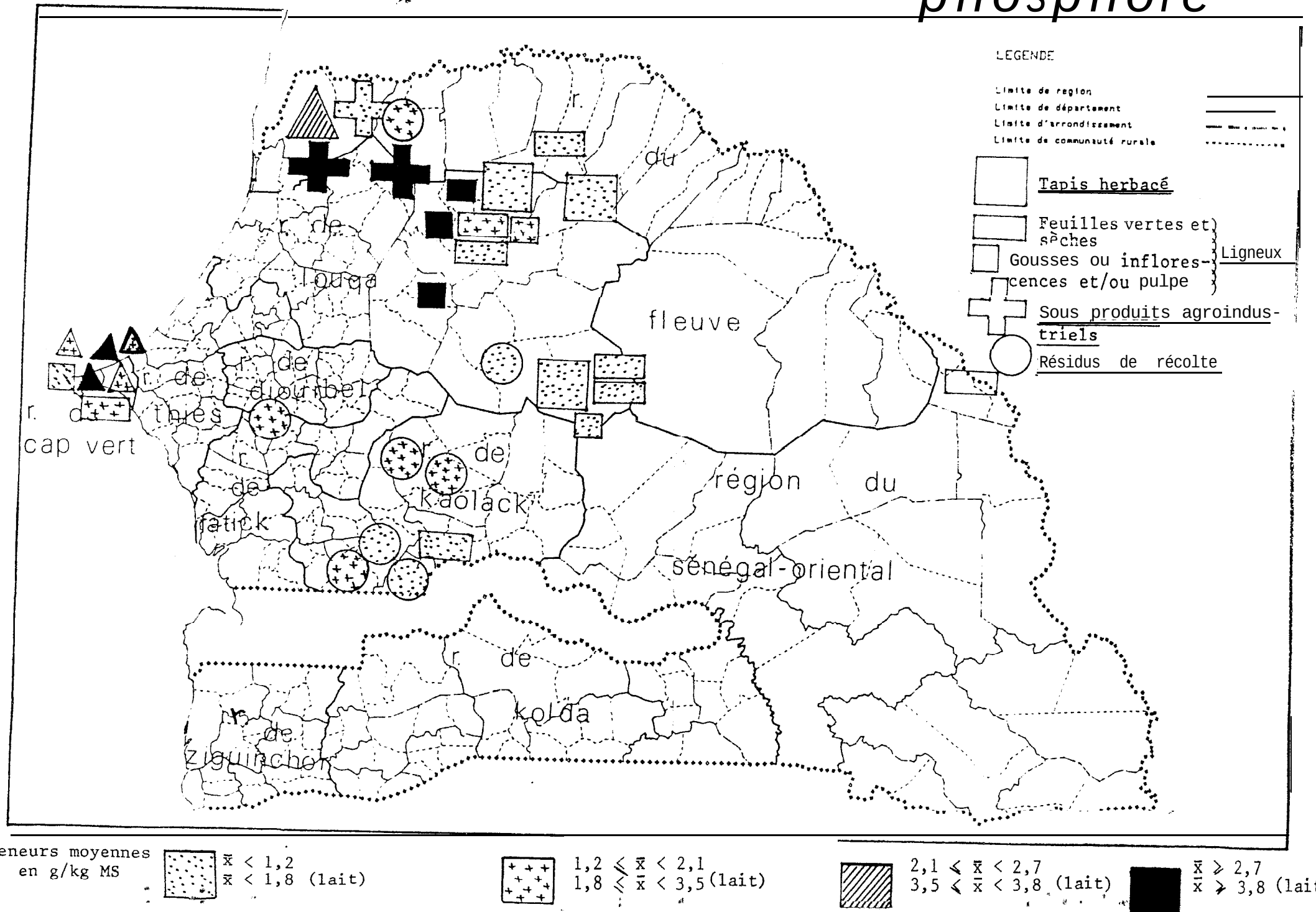
CARTE DE SITUATION



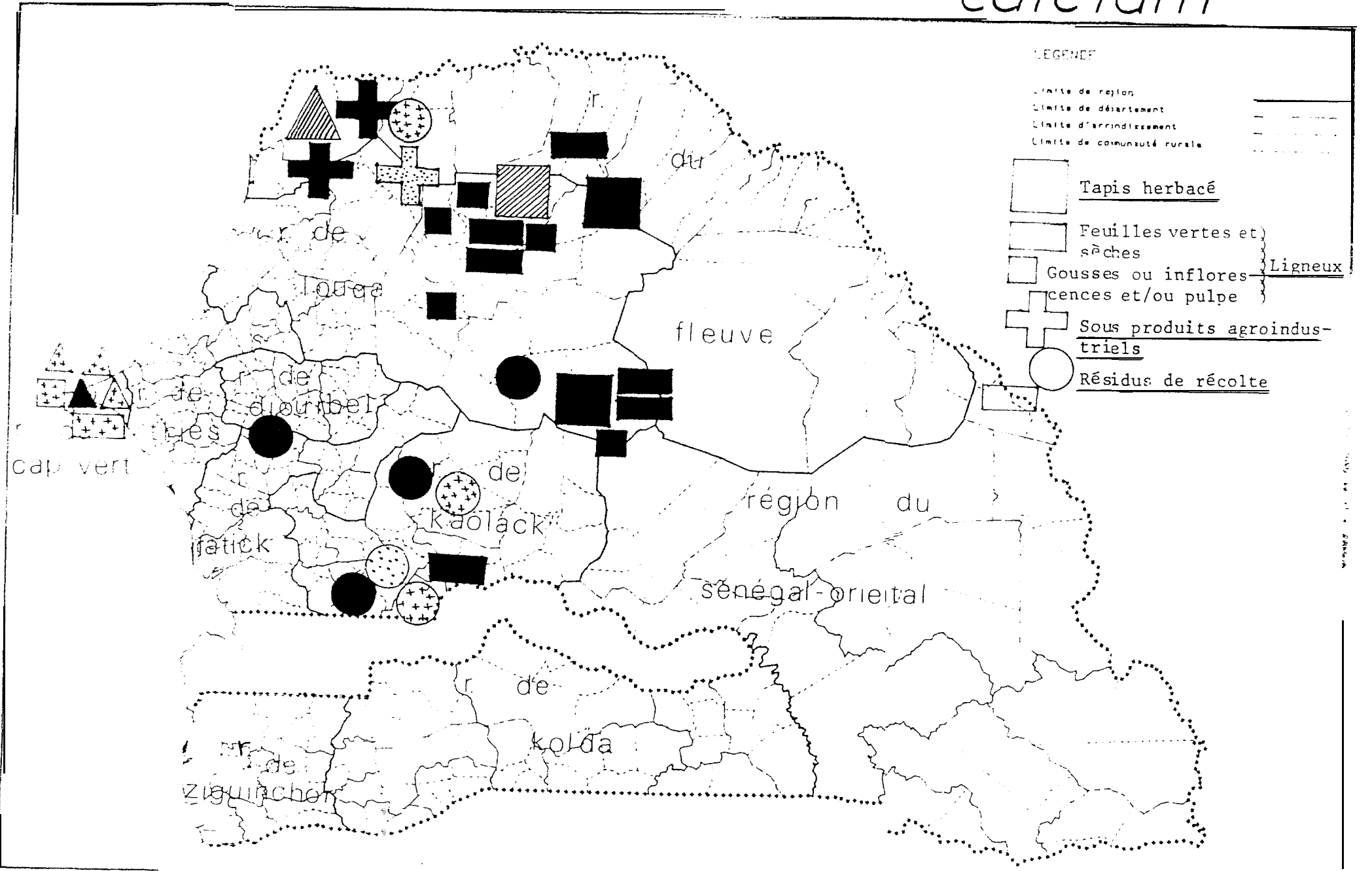
carte des roches pauvres en oligo éléments



phosphore



calcium



Teneurs moyennes
en g/kg MS



$\bar{x} < 1,8$

$\bar{x} < 2,4$ (lait)



$1,8 \leq \bar{x} < 3,1$

$2,4 \leq \bar{x} < 5,5$ (lait)



$3,2 \leq \bar{x} < 4,2$

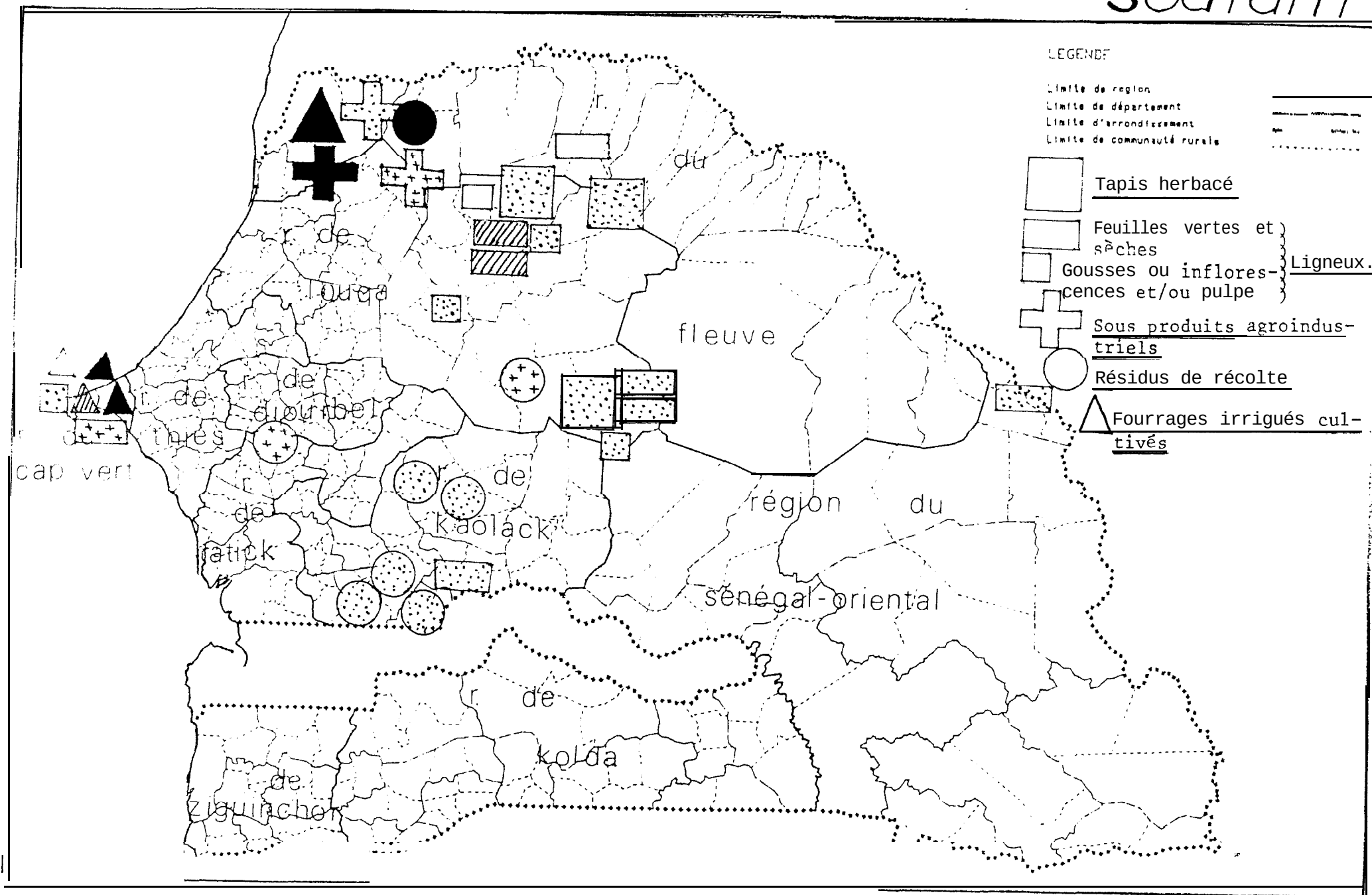
$5,5 \leq \bar{x} < 7,0$ (lait)



$\bar{x} \geq 4,2$

$\bar{x} \geq 7,0$ (lait)

sodium



teneurs moyennes
en g/kg/MS



$\bar{x} < 0,5$



$0,5 \leq \bar{x} < 1$

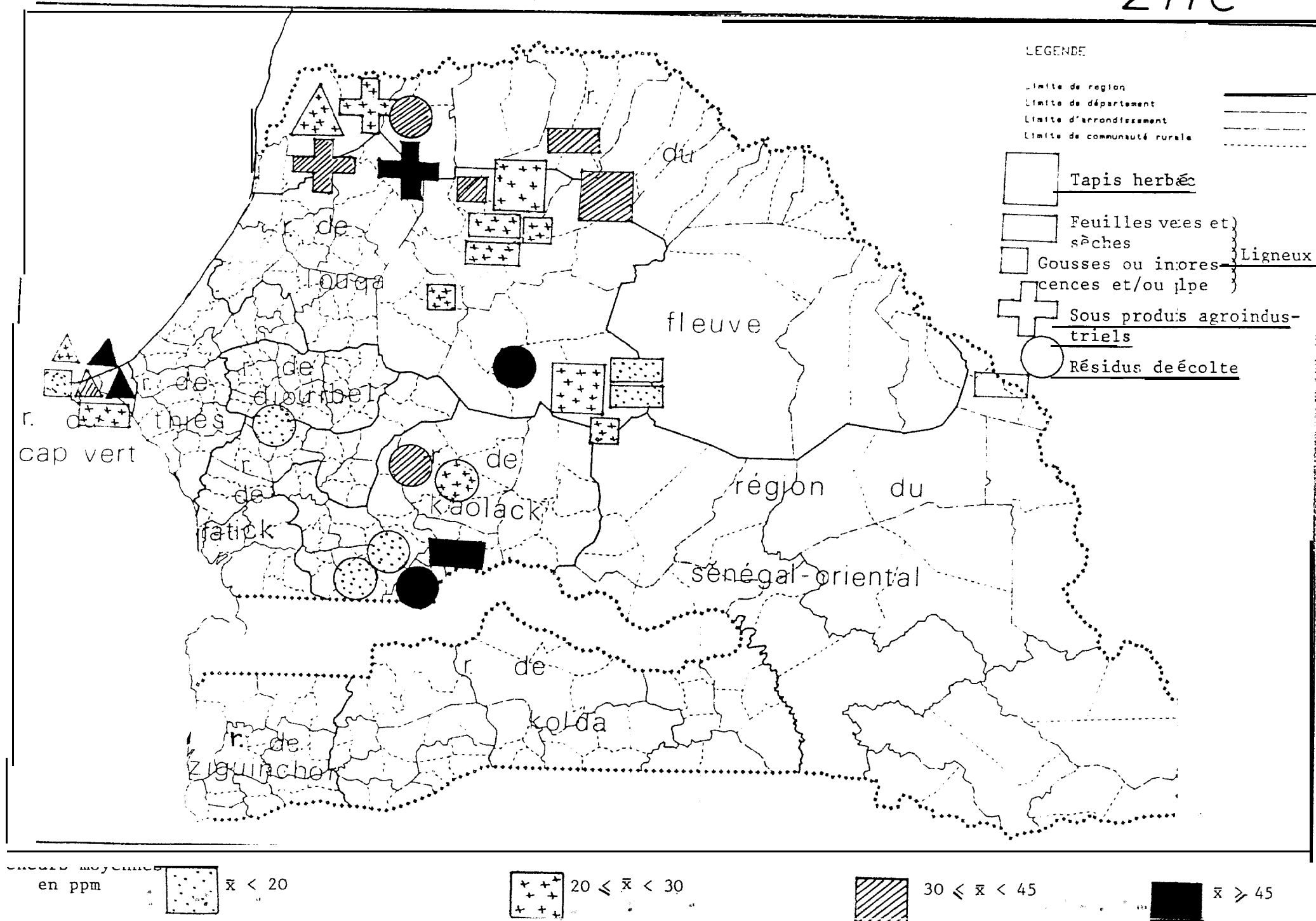


$1 \leq \bar{x} < 2$

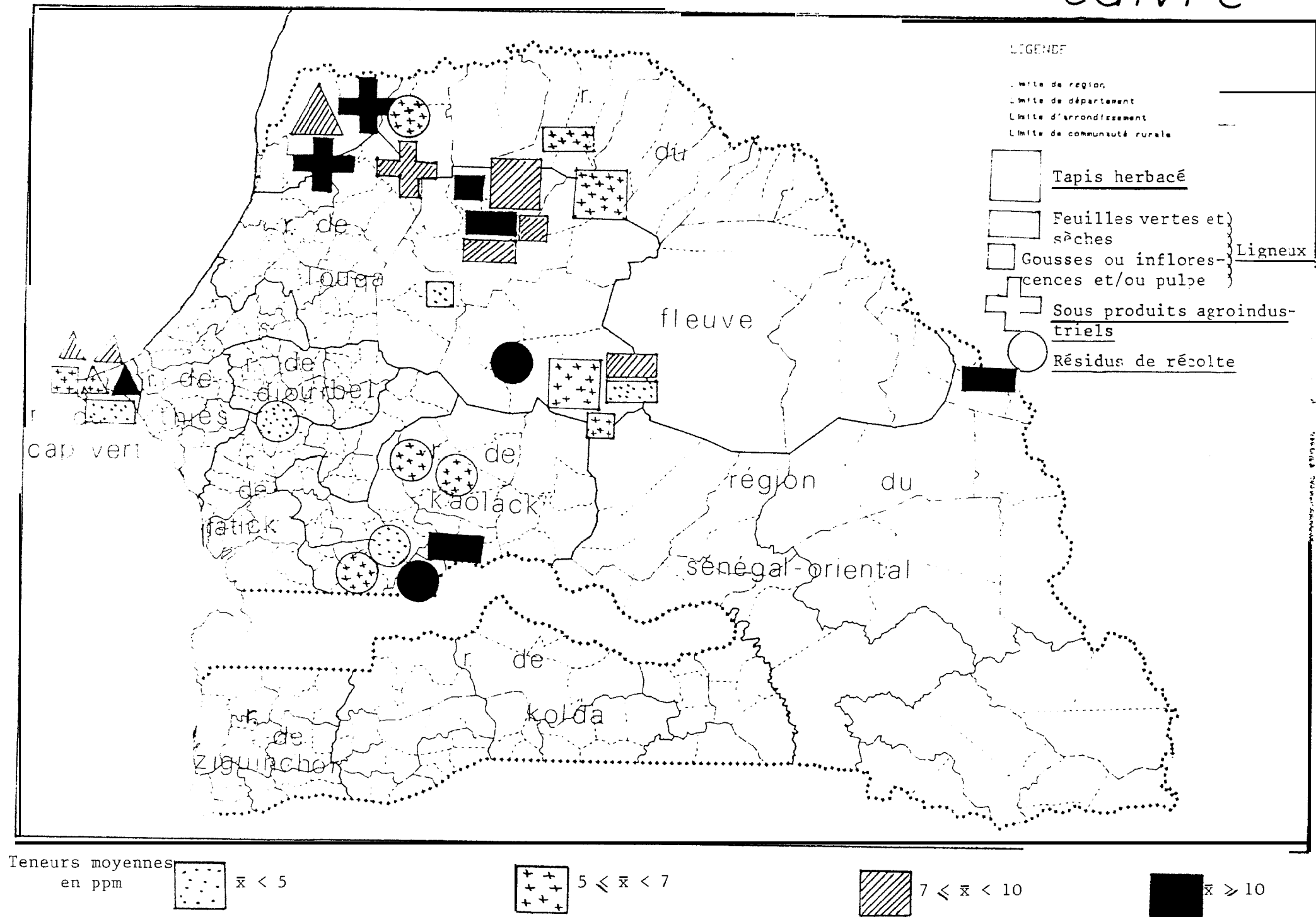


$\bar{x} \geq 2$

ZINC



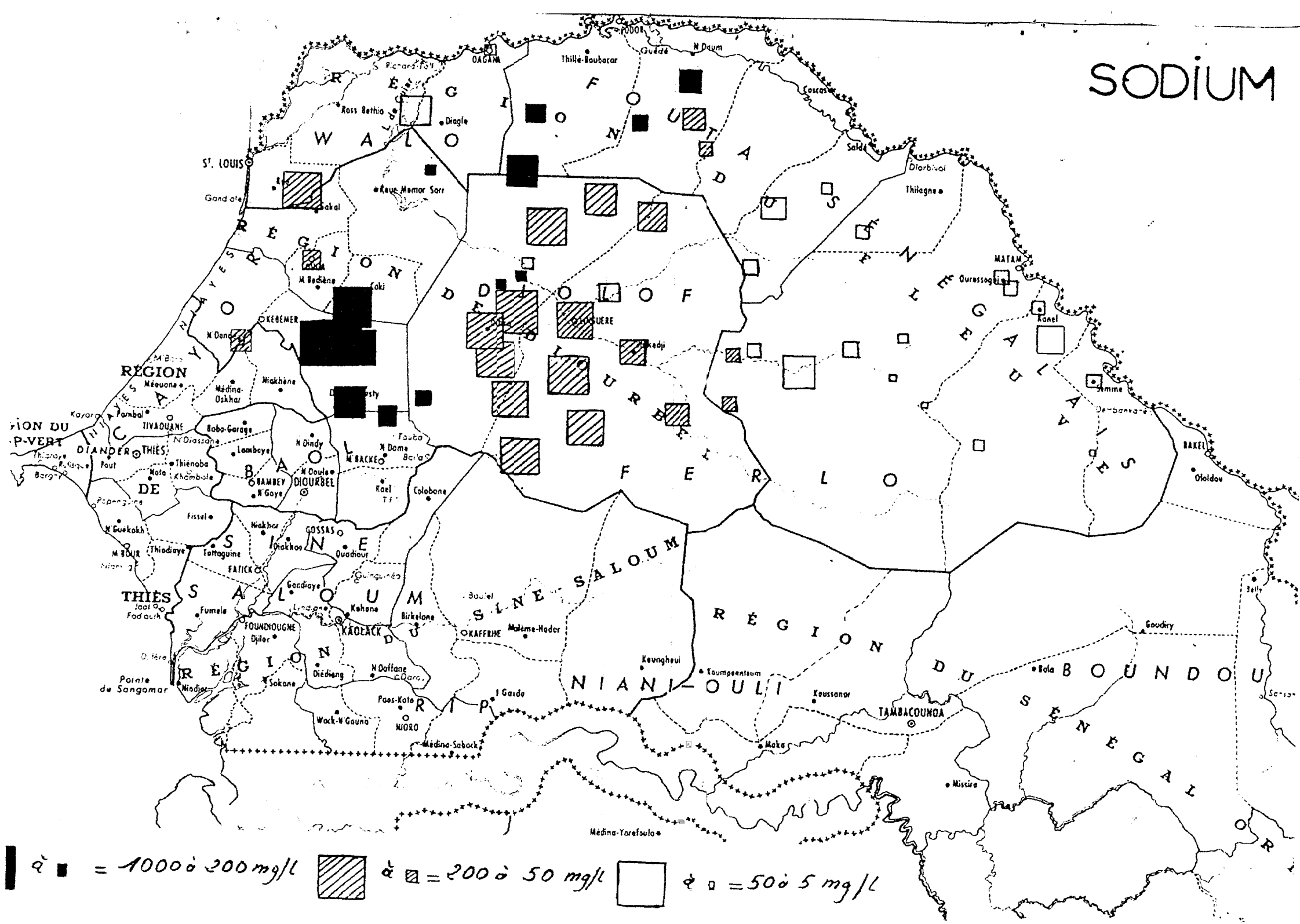
cuivre



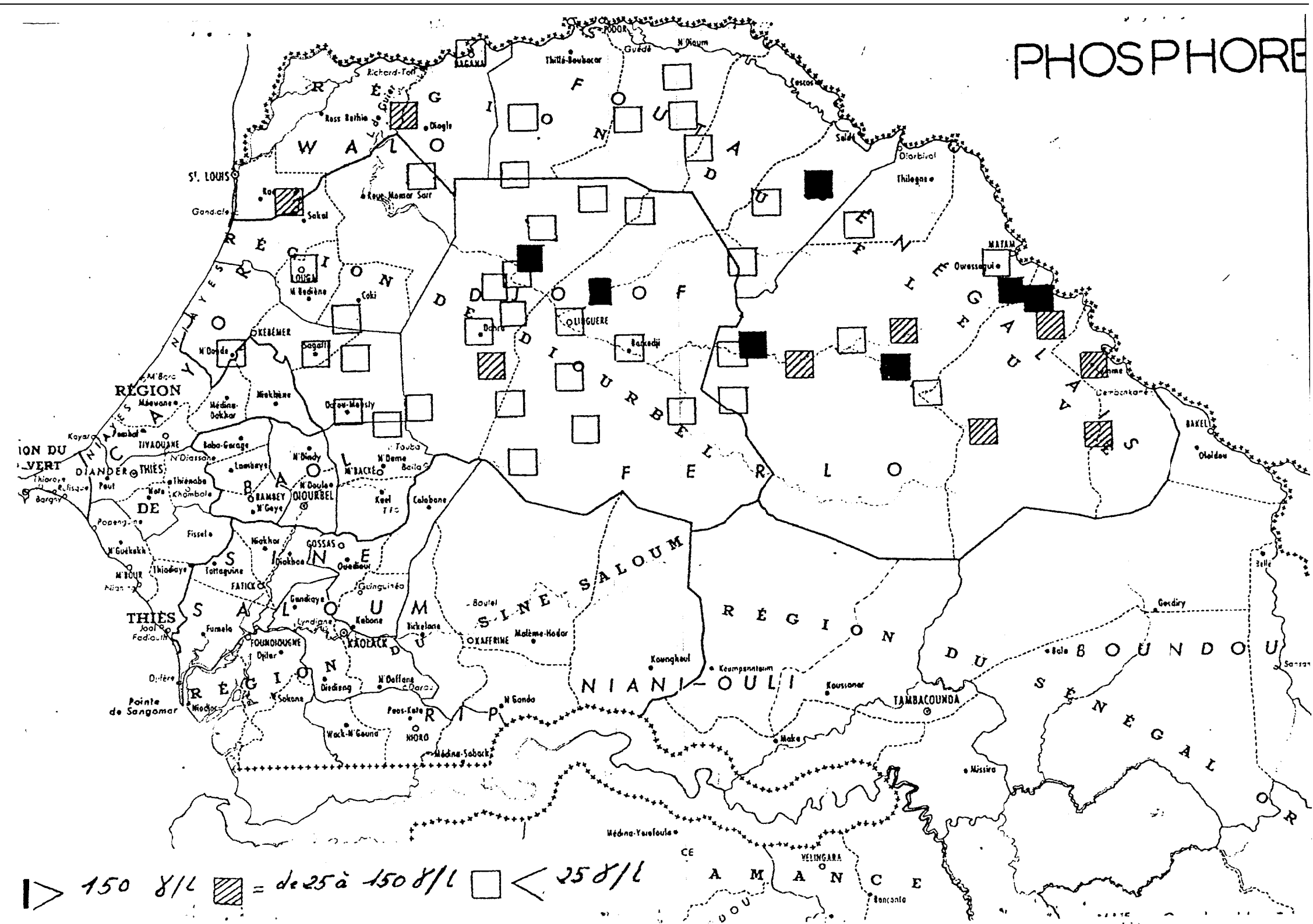
A N N E X E I

CARTOGRAPHIE DES TENEURS EN MINERAUX DES POINTS
D'ABREUVEMENT AU FERLO
d'après FRIOT (34)

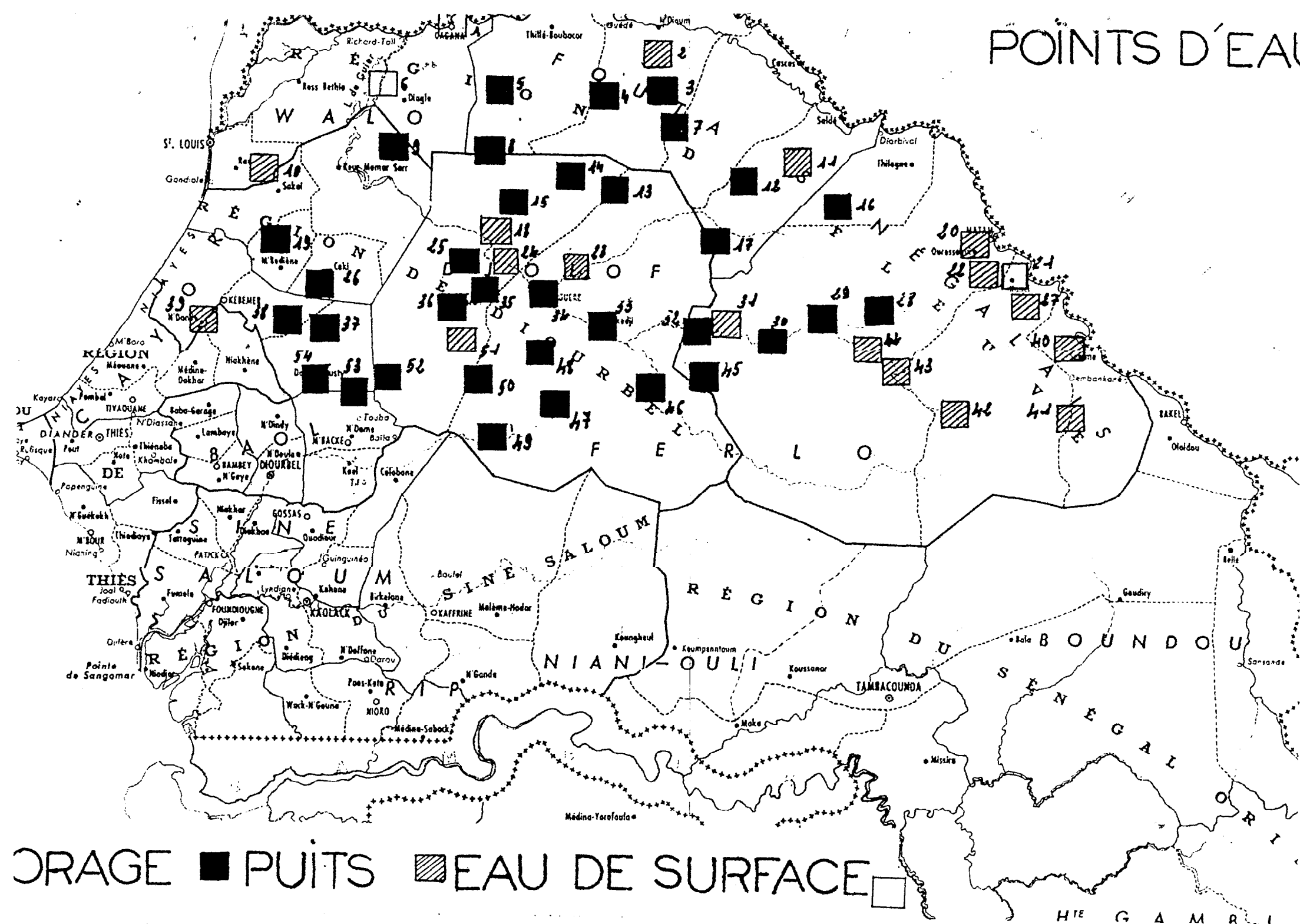
SODIUM



PHOSPHORE



POINTS D'EAU



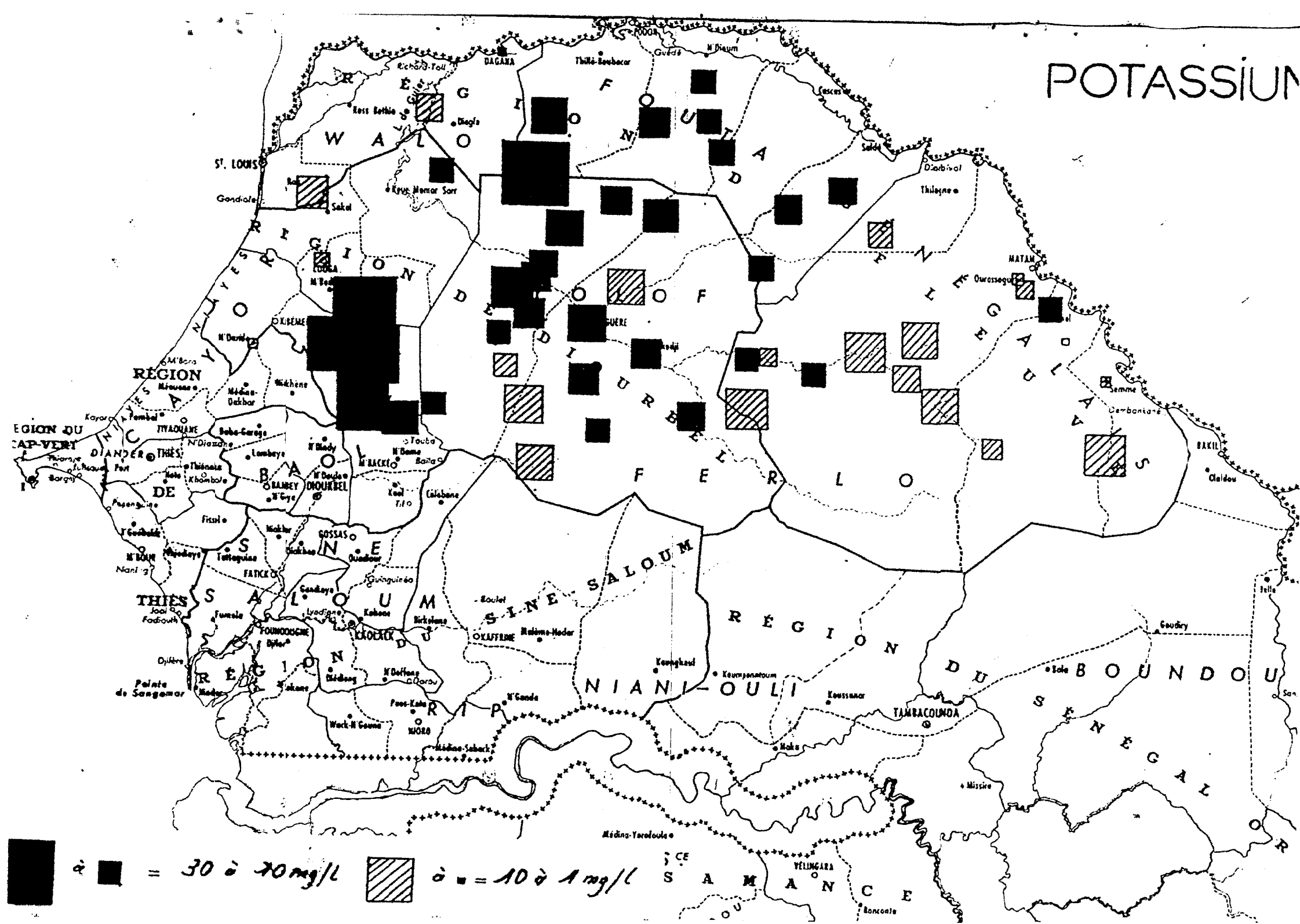
ORAGE ■ PUIITS ■ EAU DE SURFACE

H T E G Δ M R

POTASSIUM

LEGEND:

- = 30 à 70 mg/l
- ▨ = 10 à 30 mg/l



$\dot{Q} = 30 \div 70 \text{ mg/l}$

$$\dot{v} = 10 \dot{v} \text{ } 1 \text{ mg/l}$$