

ÉTUDE SUR LES VARIATIONS DES TENEURS EN MATIÈRES AZOTÉES ET EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DE LA FÊTUQUE DES PRÉS

L. GUEGUEN et G. FAUCONNEAU

Avec la collaboration technique de Madeleine FORIGNON et de Valérie FRANÇOIS-GOUJON

*Service de Biochimie et de Nutrition,
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine et Oise).*

SOMMAIRE

Les variations des teneurs en matières azotées et en éléments minéraux (P, Ca, K, Na, Mg) d'une graminée fourragère, la Fétuque des prés, ont été étudiées après séparation des différentes parties de la plante : limbes, gaines, tiges, fleurs et débris. La Fétuque a été récoltée à trois stades de développement différents durant plusieurs cycles de végétation au cours de l'année 1959.

Cette étude complète des travaux effectués en 1957 et 1958 sur le Dactyle et la Fétuque et permet de confirmer quelques lois générales déjà énoncées.

Au cours du premier cycle, les variations de la composition chimique des plantes sont étroitement liées à l'évolution du rapport limbes/gaines + tiges et aux translocations provoquées par la floraison. Les variations de la composition des plantes du premier cycle semblent peu sensibles aux facteurs externes (climat, sol...).

Au cours des cycles suivants la Fétuque est constituée principalement de limbes et les variations de la composition chimique de la plante sont beaucoup plus sensibles aux facteurs climatiques.

La comparaison des résultats obtenus sur le Dactyle en 1958 (année très humide) et sur la Fétuque en 1959 (année très sèche) a permis de mettre en évidence une influence climatique prépondérante sur les teneurs en matières azotées et en phosphore des plantes (considérablement diminuées par la sécheresse) et une influence saisonnière prépondérante sur les teneurs en calcium et en magnésium (qui augmentent au cours de l'année).

Les plantes du premier cycle ont en général la plus faible valeur nutritive en matières azotées et en éléments minéraux.

Dans le cadre des travaux entrepris sur la composition chimique des espèces pures de plantes fourragères, nous avons étudié les variations des teneurs en matières azotées et en éléments minéraux de la Fétuque des prés (*Festuca pratensis*), en fonction du stade de développement et du cycle de végétation, après séparation des différents organes de la plante. Cette expérience complète une étude antérieure sur le premier cycle de végétation d'un dactyle et d'une fétuque en 1957 (GUEGUEN, 1959) et suit un travail identique effectué en 1958 sur le Dactyle (GUEGUEN et FAUCONNEAU, 1960).

Répartition et désignation des prélèvements de fétuque des prés (Nombre de jours de croissance.)

	1 Début épiaison <i>avant le 15/10</i>		2 Montaison		3 Floraison	
1 ^{er} CYCLE						
2 ^e CYCLE	41 (30 j)	42 (44 j)	43 (58 j)	21 (23 j) / 22 (43 j) / 23 (55 j)	31 (25 j)	32 (48 j) / 33 (68 j)
3 ^e CYCLE	111 (32)	112 (46)	113 (63)	134 (27) / 133 (69)	311 (37) / 312 (50) / 313 (73)	331 (30) / 332 (49) / 333 (63)
4 ^e CYCLE	1 121 (35) / 1 122 (50) / 1 123 (62)	1 321 (30) / 1 322 (49) / 1 323 (63)	3 121 (27) / 3 122 (50) / 3 123 (63)			

TABLEAU I

Pourcentages, en poids de matière sèche, des différentes parties de la plante par rapport à la plante entière

Cycle	1 ^{er} Cycle			2 ^{es} Cycles								3 ^{es} Cycles			
	D. E.	M.	F.	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Stade															
N ^o prélèvement ...	1	2	3	11	12	13	21	22	23	31	32	33	411	412	413
Limbes	76,7	33,5	21,0	77,8	67,4	78,4	59,4	83,5	84,1	68,1	65,3	68,9	94,1	88,9	75,4
Gaines + tiges	23,3	60,0	62,6	18,7	24,5	16,6	40,6	7,5	6,8	3,3	7,1	3,5	5,9	4,5	11,2
Inflorescences		6,5	16,4	3,5	8,1	5,0		10,0	9,1	28,6	27,6	27,6		6,6	13,4
Débris															

Cycle	3 ^{es} Cycles			4 ^{es} Cycles			
	4	6	8	4	6	8	4
Stade							
N ^o prélèvement ...	131	132	133	311	312	313	331
Limbes	75,0	82,9	69,2	65,3	68,2	67,4	64,6
Gaines + tiges	8,7	5,6	11,2	6,2	11,4	8,6	12,3
Débris	16,3	11,5	19,6	28,5	20,4	24,0	23,1

(D. E. = Début épiaison / 4 = 4 semaines de croissance
 M. = Montaison / 6 = 6 " " " "
 F. = Floraison / 8 = 8 " " " "

Début épiaison
 C1 10000
 460000

La comparaison de ces trois essais permet déjà de mettre en évidence l'influence de la saison et des conditions climatiques extrêmes sur les teneurs de certains constituants dans la plante.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel expérimental :

L'espèce étudiée est une fétuque des prés semée au printemps 1958 sur une parcelle du C. N. R. Z. (sol argilo-calcaire), ayant reçu une forte fumure azotée (80 unités par hectare et par coupe) et récoltée durant l'année 1959 à trois stades de développement durant plusieurs cycles de végétation. Les trois stades de récolte choisis correspondent pour le premier cycle au début de l'épiaison, à la montaison et à la floraison et, pour les cycles suivants à trois durées de croissance : 4 semaines, 6 semaines et 8 semaines.

Le protocole expérimental, le mode de prélèvement des échantillons et la nomenclature adoptée pour désigner les coupes sont détaillés dans l'étude effectuée sur le dactyle (GUEGUEN et FAUCONNEAU, 1960). Nous avons résumé dans le tableau suivant la répartition et la désignation des prélèvements (1).

Traitement des échantillons et méthodes d'analyse :

Après séparation des limbes, gaines, tiges, fleurs et débris, les proportions relatives de ces divers organes par rapport à la plante entière ont été déterminées en matière sèche après passage au four à circulation d'air à 60-70°C. Les échantillons sont finement broyés et conservés en chambre froide à 0-2°C. La teneur en matière sèche est déterminée avant les différents dosages par séjour à l'étuve à 102-105°C pendant environ 15 heures. Les matières azotées ($N \times 6,25$) ont été obtenues par la méthode de Kjeldahl et les éléments minéraux ont été dosés après calcination du produit à 530°C : le phosphore par la méthode colorimétrique au phosphovanadomolybdate d'ammonium et le calcium, le potassium, le sodium et le magnésium par spectrophotométrie de flamme (GUEGUEN et ROMBAUTS, 1961).

RÉSULTATS

INTERPRÉTATIONS PHYSIOLOGIQUES

Comme dans le cas du Dactyle, les plantes du premier cycle diffèrent profondément, du point de vue morphologique, des plantes des cycles suivants ; ces dernières sont constituées exclusivement de limbes et d'une très faible proportion de gaines. Ainsi, les variations de la composition chimique des plantes du premier cycle sont étroitement liées d'une part à l'évolution rapide du rapport limbes/gaines + tiges et d'autre part aux translocations provoquées par la floraison. En revanche, au cours des cycles suivants, les variations de la composition de la plante entière sont parallèles aux variations de la composition des limbes. Dans le cas de la Fétuque, étudiée en année sèche, le rapport limbes/gaines est très élevé (tableau 1). Par contre, pour le dactyle étudié en année humide, la proportion de gaines n'était pas négligeable (15 à 20 p. 100) et justifiait la séparation préalable des organes pour l'interprétation des résultats.

L'action de la sécheresse (en moyenne 11 mm de pluie par mois de mai à octobre) a considérablement diminué l'efficacité des engrais azotés et les rendements obtenus après le premier cycle ont été très inférieurs à ceux fournis par le dactyle en 1958 (figure 1).

(1) *Exemple* : la coupe numérotée 332 a été récoltée au 2^e stade de développement (6 semaines de croissance), fait partie d'un 3^e cycle de végétation, repousse d'une coupe effectuée au 3^e stade d'un second cycle provenant lui-même du 1^{er} cycle interrompu au stade floraison.

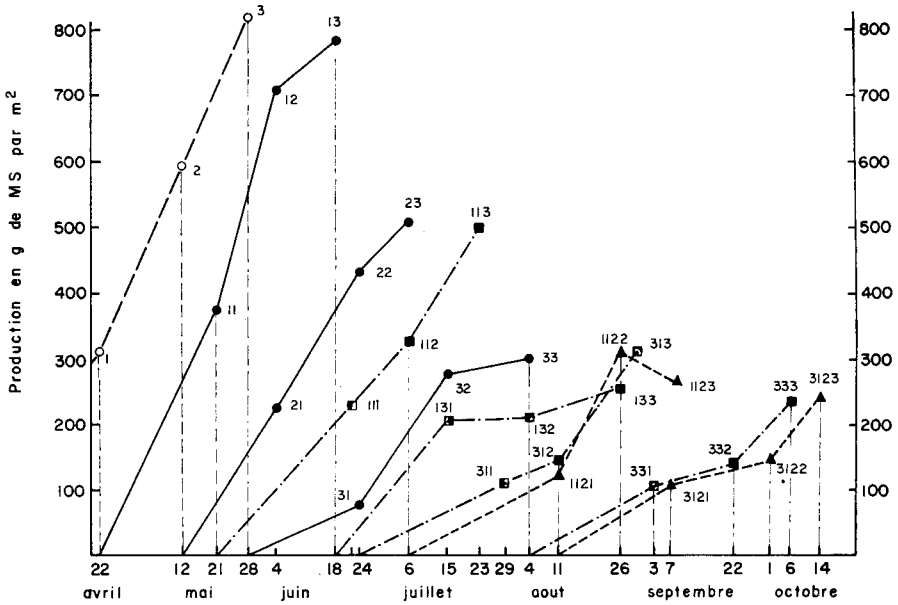


FIG. 1. — Production de matière sèche par la fétuque des prés au cours des différents cycles.

- — 1^{er} cycle
- — 2^e »
- — 3^e »
- ▲ — 4^e »

Légende commune à toutes les figures.

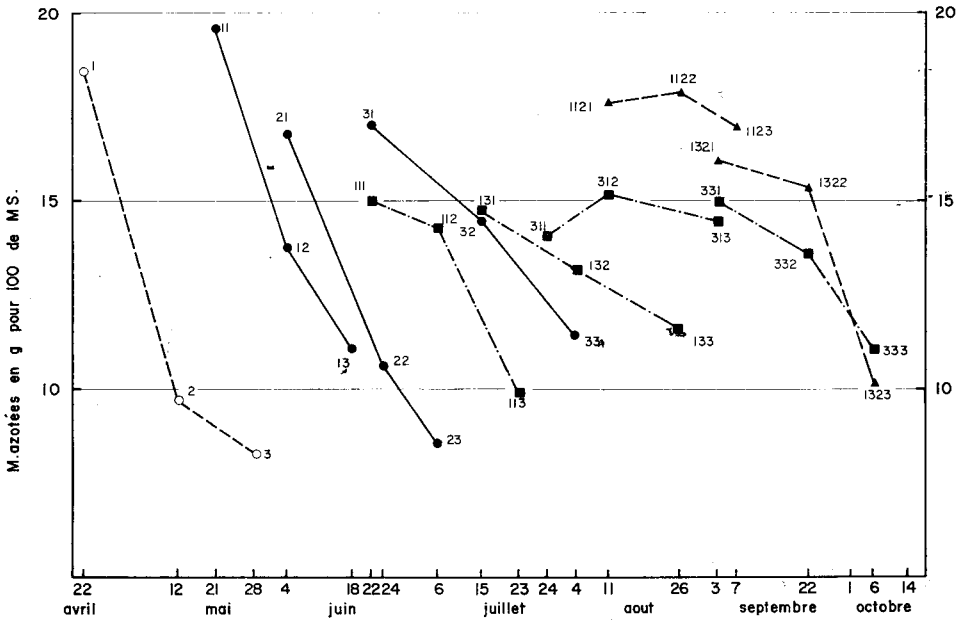


FIG. 2. — Evolution de la teneur en matières azotées ($N \times 6,25$) de la fétuque des prés.

TABIEAU 2
Variations des teneurs en matières azotées de la fûtique
 (en g pour 100 g de M. S.)

Cycle	1 ^{er} Cycle			2 ^{es} Cycles								3 ^{es} Cycles			
	D. E.	M.	F.	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
N ^o prélèvement ...	1	2	3	41	42	43	21	22	23	31	32	33	111	112	113
Limbes	20,5	14,4	11,7	24,2	15,4	12,1	22,1	11,1	8,9	17,5	15,4	11,7	15,6	14,6	10,7
Gaines + tiges	11,9	6,0	5,4	11,0	7,6	5,8	9,0	4,6	4,5	6,6	6,4	5,2	5,4	7,4	4,6
Plante entière	18,5	9,7	8,3	19,5	13,7	11,1	16,8	10,6	8,6	17,0	14,5	11,4	15,0	14,3	9,9

Cycle	3 ^{es} Cycles			4 ^{es} Cycles											
	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8			
N ^o prélèvement ...	131	132	133	311	312	313	331	332	333	1 121	1 122	1 123	1 321	1 322	1 323
Limbes	15,7	13,7	12,6	14,9	16,5	15,6	16,6	14,1	12,6	18,1	19,3	18,1	17,1	14,5	11,1
Gaines + tiges	5,9	5,9	5,4	5,6	7,7	6,1	6,3	6,1	5,5	8,1	8,3	6,9	6,4	6,1	5,2
Plante entière	14,7	13,2	11,6	14,1	15,2	14,5	15,0	13,6	11,1	17,6	17,9	17,0	16,1	15,4	10,2

TABLEAU 3
Variations des teneurs en phosphore de la fétuque
 (En g par kg de matière sèche)

Cycle	1 ^{er} Cycle			2 ^{es} Cycles						3 ^{es} Cycles					
	D. E.	M.	F.	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Stade															
N° prélèvement ...	1	2	3	41	42	43	21	22	23	31	32	33	411	412	413
Limbes	3,83	2,65	2,72	3,80	2,73	2,52	3,28	2,44	2,13	4,04	2,47	1,99	2,73	2,11	2,12
Gaines + tiges	3,67	2,54	2,12	3,57	2,24	1,82	2,33	1,80	1,80	2,75	2,42	1,62	1,93	1,72	1,74
Plante entière	3,79	2,72	2,59	3,76	2,69	2,44	3,22	2,39	2,10	3,98	2,43	1,97	2,68	2,09	2,07
Cycle				3 ^{es} Cycles						4 ^{es} Cycles					
Stade															
N° prélèvement ...	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Limbes	131	132	133	311	312	313	331	332	333	1121	1122	1123	1321	1322	1323
Gaines + tiges	2,35	1,77	1,76	2,17	1,89	1,82	2,21	1,73	1,55	2,08	2,34	1,93	2,21	1,65	1,43
Plante entière	1,81	1,44	1,49	1,70	1,55	1,30	1,55	1,20	1,42	1,41	1,87	1,23	1,33	1,17	1,04
	2,29	1,75	1,72	2,13	1,88	1,76	2,10	1,70	1,52	2,05	2,28	1,86	2,13	1,64	1,37

TABLEAU 4
Variations des teneurs en calcium de la fétuque
 En g par kg de matière sèche

Cycle	1 ^{er} Cycle			2 ^{es} Cycles								3 ^{es} Cycles			
	D. E.	M.	F.	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Stade															
N° prélèvement ...	1	2	3	11	12	13	21	22	23	31	32	33	111	112	113
Limbes	4,13	4,58	5,39	4,25	3,60	4,00	3,34	4,28	3,69	5,52	5,57	6,31	4,83	4,61	5,14
Gaines + tiges	1,63	1,24	1,52	2,26	1,74	1,90	2,73	2,32	2,26	3,76	2,85	2,36	2,35	3,17	4,95
Plante entière	3,69	2,35	2,54	3,85	3,11	3,67	3,30	4,12	3,58	5,44	5,30	6,12	4,68	4,54	4,70

Cycle	3 ^{es} Cycles				4 ^{es} Cycles			
	4	6	8		4	6	8	
Stade								
N° prélèvement ...	131	132	133		1121	1122	1123	1321
Limbes	5,08	6,77	5,98	6,65	7,94	6,44	6,05	6,81
Gaines + tiges	3,19	2,29	2,00	2,58	2,55	2,14	2,17	3,06
Plante entière	4,88	6,49	5,42	6,33	7,85	5,95	5,27	6,49

TABLEAU 5

Variations des teneurs en magnésium de la fétuque
En g par kg de matière sèche

Cycle	1er Cycle			2es Cycles						3es Cycles		
	D. E.	M.	F.	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Stade												
N° prélèvement ...	1	2	3	11	12	13	21	22	23	31	32	33
Limbes	2,47	2,00	2,09	2,42	2,02	2,01	2,33	1,83	1,73	2,06	2,04	1,88
Gaines + tiges	1,71	1,39	1,39	2,31	1,68	1,63	2,08	1,41	1,42	1,78	1,71	1,56
Plante entière	2,06	1,57	1,58	2,36	1,89	1,92	2,31	1,79	1,71	2,05	2,00	1,86

Cycle	3es Cycles			4es Cycles					
	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Stade									
N° prélèvement ...	131	132	133	1121	1122	1123	1321	1322	1323
Limbes	2,13	2,15	2,14	2,15	2,26	2,31	2,31	2,08	4,76
Gaines + tiges	1,71	1,57	1,47	2,00	1,88	1,66	1,79	1,81	1,34
Plante entière	2,09	2,11	2,05	2,14	2,21	2,24	2,29	2,07	1,69

TABLEAU 6
Variations des teneurs en potassium de la fétuque
 En g par kg de matière sèche

Cycle	1 ^{er} Cycle			2 ^{es} Cycles						3 ^{es} Cycles					
	D. J.	M.	F.	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Stade															
N° prélèvement ...	1	2	3	41	42	43	21	22	23	31	32	33	411	412	413
Limbes	35,4	32,6	31,9	39,4	32,6	31,9	35,4	27,8	26,7	25,9	29,3	26,7	30,9	29,8	27,6
Gaines + tiges	34,8	28,0	28,7	43,1	32,8	30,8	30,7	18,2	18,6	24,9	20,3	17,4	19,1	25,4	15,2
Plante entière	35,3	28,4	27,4	39,1	31,0	33,4	35,1	27,0	26,1	25,9	28,5	26,3	30,2	29,6	26,0
Cycle				3 ^{es} Cycles						4 ^{es} Cycles					
Stade															
N° prélèvement ...	4	432	433	344	342	343	331	332	333	1 421	1 422	1 423	1 321	1 322	1 323
Limbes	29,3	25,6	24,7	27,9	25,7	26,9	30,8	28,2	24,2	24,5	30,1	28,8	32,7	26,7	23,3
Gaines + tiges	21,1	17,2	17,6	17,7	21,3	19,2	19,1	21,1	15,5	24,7	26,3	21,0	21,7	23,2	14,9
Plante entière	28,4	25,1	23,7	27,1	25,6	26,0	28,9	27,9	22,5	24,5	29,6	28,0	31,7	26,6	22,0

TABEAU 7
Variations des teneurs en sodium de la fétuque
 En g par kg de matière sèche

Cycle	1 ^{er} Cycle			2 ^{es} Cycles								3 ^{es} Cycles			
	D. E.	M.	F.	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Stade															
N ^o prélèvement ...	1	2	3	11	12	13	21	22	23	31	32	33	111	112	113
Limbes	0,21	0,24	0,27	0,19	0,20	0,41	0,13	0,26	0,21	0,16	0,17	0,24	0,12	0,36	0,31
Gaines + tiges	0,22	0,24	0,30	0,38	0,26	0,43	0,22	0,26	0,22	0,23	0,17	0,26	0,18	0,48	0,27
Plante entière	0,21	0,23	0,27	0,22	0,21	0,40	0,14	0,26	0,21	0,16	0,17	0,24	0,12	0,35	0,30

Cycle	3 ^{es} Cycles			4 ^{es} Cycles								
	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Stade												
N ^o prélèvement ...	131	132	133	311	312	313	331	332	333	1121	1122	1123
Limbes	0,25	0,29	0,28	0,18	0,18	0,25	0,24	0,34	0,24	0,38	0,19	0,35
Gaines + tiges	0,29	0,27	0,29	0,16	0,15	0,17	0,22	0,28	0,20	0,44	0,24	0,30
Plante entière	0,25	0,29	0,28	0,18	0,18	0,24	0,24	0,34	0,23	0,38	0,20	0,34

1. — *Les matières azotées* ($N \times 6,25$)*Composition des divers organes et de la plante entière.*

Les limbes, essentiellement constitués de parenchymes chlorophylliens (MITCHELL et SOPER, 1956), sont toujours beaucoup plus riches (2 à 2,5 fois) en matières azotées que les gaines et les tiges dans tous les cycles (tableau 2) ; les inflorescences sont assez riches (20 à 13 p. 100 de la matière sèche).

Les plantes des 2^e, 3^e et 4^e cycles sont toujours plus riches en matières azotées que celles du 1^{er} cycle : en moyenne les fétuques âgées de 6 semaines contiennent 13 à 14 p. 100 de matières azotées au lieu de 9,5 p. 100 (1^{er} cycle).

Influence du stade de développement.

Tous les organes s'appauvrissent régulièrement avec l'âge quel que soit le cycle : les matières azotées des limbes diminuent de 20 à 10 p. 100 (de M. S.) en quatre semaines. Au cours du premier cycle, les teneurs en matières azotées de la plante entière diminuent d'abord rapidement (par suite de la diminution importante de la proportion des limbes), puis plus lentement (par suite de l'importance grandissante des inflorescences). Au cours des cycles suivants les teneurs en matières azotées de la plante entière diminuent régulièrement comme dans les limbes (90 p. 100 à 95 p. 100 de la plante entière).

2. — *Le Phosphore**Composition des divers organes et de la plante entière.*

Nous retrouvons des règles générales énoncées antérieurement : les teneurs en P sont toujours plus élevées dans les limbes que dans les gaines et les tiges ; les inflorescences sont particulièrement riches en P.

A stade botanique équivalent, limbes et gaines s'appauvrissent considérablement en P au cours de l'année (tableau 3). Ceci ne semble pas dû à une évolution physiologique normale mais est vraisemblablement la conséquence des conditions extrêmes de sécheresse de l'année 1959. Ainsi, contrairement à ce que nous avons observé pour le dactyle (année 1958, très humide), les teneurs en P de la plante entière diminuent régulièrement au cours de l'année et sont particulièrement faibles en automne (figure 4).

Influence du stade de développement.

De façon très générale les teneurs en P diminuent dans tous les organes avec le stade de développement. Si cette diminution est normale au cours du cycle reproductif de la plante, elle peut seulement s'expliquer, à partir du 2^e cycle, par la forte sécheresse qui rend de plus en plus difficile la mobilisation du phosphore du sol par la plante âgée.

Au cours du premier cycle, la proportion croissante des inflorescences, très riches en P, contribue à freiner la chute brutale de la teneur en P de la plante entière (tableau 8).

3. — *Le Calcium*

Composition des divers organes et de la plante entière.

Les différences de teneurs entre organes sont également très accentuées, surtout au cours du 1^{er} cycle, et les limbes sont beaucoup plus riches en Ca que les gaines et les tiges (tableau 4). A stade de croissance équivalent, la teneur en Ca augmente très nettement dans tous les organes au cours de l'année (figure 4) : ce fait, déjà observé lors des expériences précédentes (1957 et 1958), semble donc indépendant des conditions climatiques. Ainsi, les plantes des derniers cycles sont environ deux fois plus riches en Ca que celles du premier cycle.

TABLEAU 8

Teneurs en éléments minéraux des inflorescences de la fétuque
En g par kg de matière sèche

cycle	1 ^{er} cycle		2 ^e cycle		
	M	F	4 sem	6 sem	8 sem
Stade					
N ^o	2	3	11	12	13
P	5,81	3,67	5,60	3,93	3,28
Ca	0,53	3,56	1,94	3,64	4,50
K	21,3	10,2	20,3	10,0	6,50
Na	0,11	0,10	0,13	0,14	0,20
Mg	1,42	1,49	1,55	1,46	1,42
Matières azotées g p. 100	20,1	16,2		17,0	13,1

Influence du stade de développement.

Au cours du 1^{er} cycle, comme nous l'avions déjà constaté en 1957, les teneurs en Ca augmentent considérablement dans les limbes. Au cours des cycles suivants l'évolution est plus irrégulière, mais les limbes âgés sont en général plus riches en Ca que les limbes jeunes. Les gaines, au contraire, ont tendance à s'appauvrir en calcium en vieillissant tandis que les inflorescences s'enrichissent considérablement (tableau 8). Par suite de ces variations opposées, l'influence du stade de développement est très irrégulière chez la plante entière : les teneurs en Ca passent par un maximum ou par un minimum au cours des différents cycles de végétation (figure 4).

4. — *Le Magnésium*

Nous retrouvons une règle générale déjà énoncée, à savoir que l'évolution du magnésium dans la plante est parallèle à celle du calcium. Les limbes sont toujours les organes les plus riches en Mg et, à stade de croissance équivalent, les teneurs en Mg

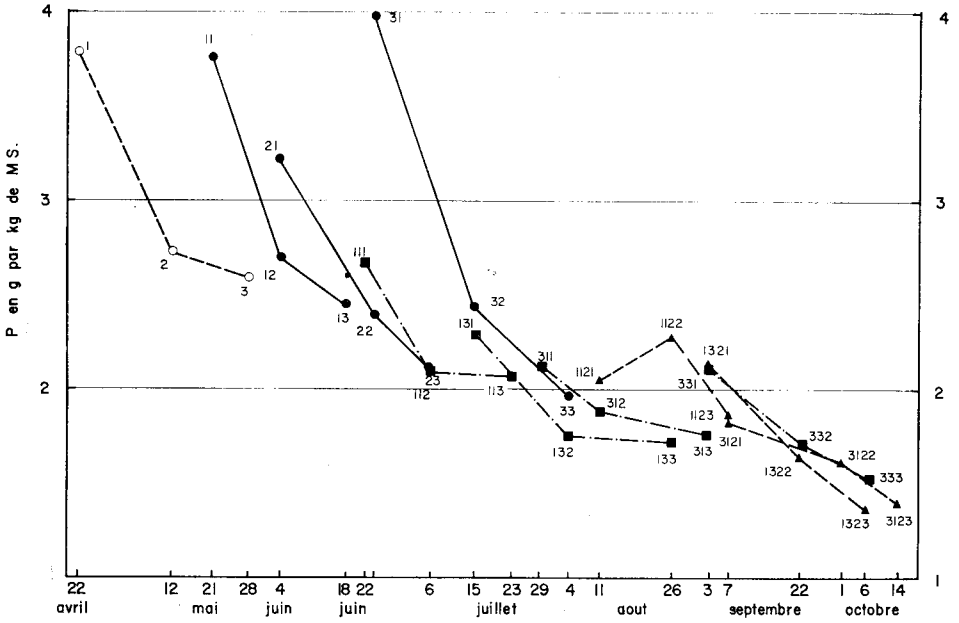


FIG. 3. — Evolution de la teneur en phosphore de la fétuque des prés.

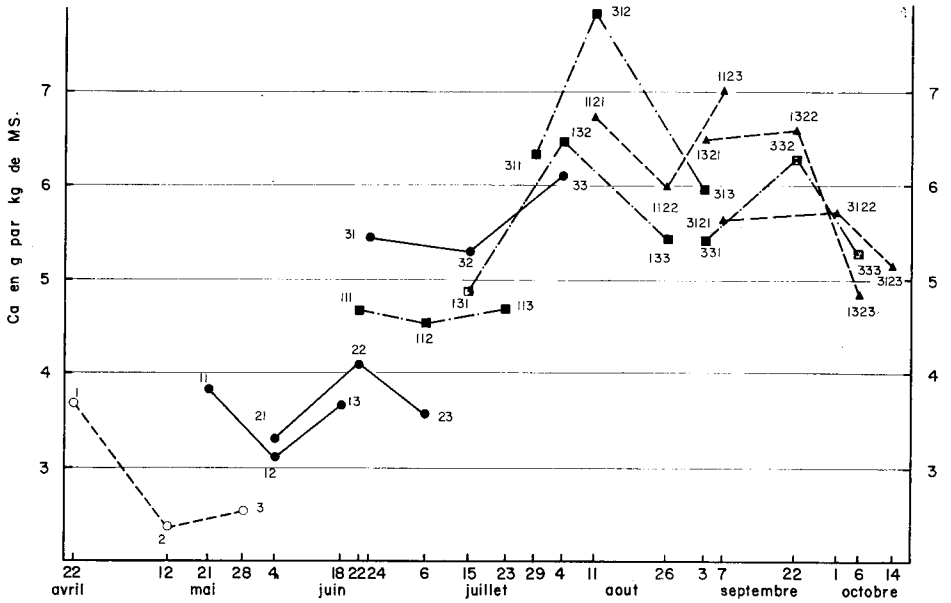


FIG. 4. — Evolution de la teneur en calcium de la fétuque des prés.

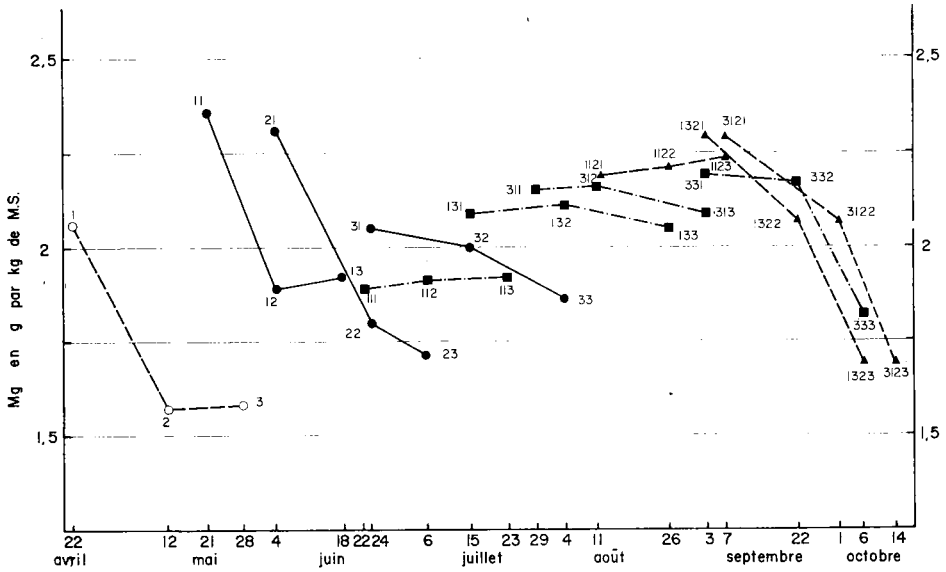


FIG. 5. — Evolution de la teneur en magnésium de la fétuque des prés.

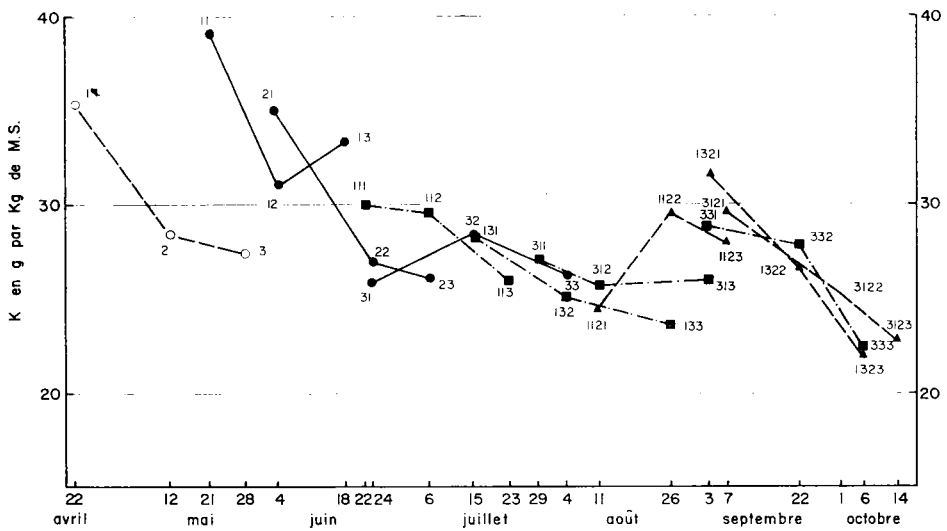


FIG. 6. — Evolution de la teneur en potassium de la fétuque des prés.

des limbes et de la plante entière augmentent sensiblement au cours de l'année. Les plantes âgées du 1^{er} cycle sont les plus pauvres en Mg.

L'influence du stade de développement est très accentuée durant les cycles de printemps et les derniers cycles d'automne, et se traduit par une diminution très nette de la teneur en Mg des plantes (tableau 7 et figure 7).

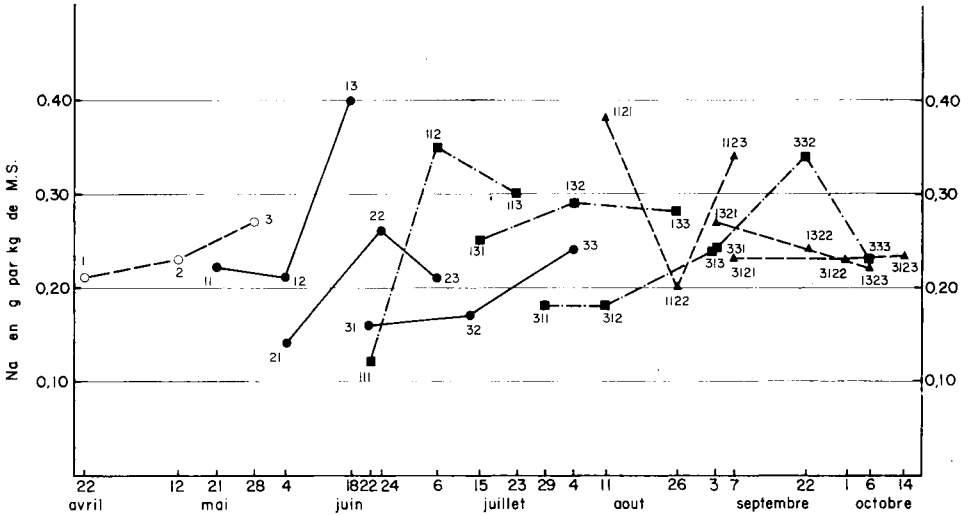


FIG. 7. — Evolution de la teneur en sodium de la fétuque des prés.

5. — Le Potassium

Les limbes sont toujours plus riches en K que les gaines et les tiges. A stade de développement équivalent, tous les organes s'appauvrissent en K au cours de l'année, et nous obtenons cette fois un minimum assez marqué à la mi-été, en accord avec STEWART et HOLMES (1953). Les plantes jeunes des premiers cycles sont toujours les mieux pourvues en K (figure 5).

L'influence du stade de développement est très régulière durant tous les cycles de végétation : les teneurs en K de la plante entière et de ses divers organes diminuent au cours du vieillissement de la plante. Les inflorescences âgées sont particulièrement pauvres en K (tableaux 5 et 8).

6. — Le Sodium

Nous constatons de nouveau (GUEGUEN, 1959) que la fétuque est très pauvre en sodium. En général les gaines sont légèrement plus riches que les limbes en Na, mais cette différence n'existe ici qu'au cours des premiers cycles de végétation (tableau 6).

Au cours de l'année, les variations des teneurs en Na de la plante entière et de ses divers organes sont très irrégulières et il n'existe pas de différence marquée entre le 1^{er} cycle et les cycles suivants. De même, bien que les teneurs en Na varient considérablement avec l'âge de la plante (les teneurs en Na peuvent doubler ou même tri-

pler d'un stade de croissance au suivant), l'influence du stade de développement (figure 6) ne provoque pas de variations systématiquement orientées.

DISCUSSION

Connaissant les différences spécifiques fondamentales entre le Dactyle et la Fétuque, étudiées simultanément durant le premier cycle en 1957, année normale du point de vue climatique (GUEGUEN, 1959), nous pouvons essayer de définir l'influence propre du climat ou de la saison sur les teneurs en matières azotées et en éléments minéraux du Dactyle étudié en 1958 (année très humide, en moyenne 73 mm de pluie par mois de mai à octobre) (GUEGUEN et FAUCONNEAU, 1960) et de la Fétuque étudiée en 1959 (année très sèche).

En général, seule l'influence conjuguée du climat et de la saison peut être observée. Toutefois, selon les constituants, nous pouvons constater une influence prépondérante : climatique sur les teneurs en matières azotées et en phosphore, saisonnière sur les teneurs en calcium, magnésium et potassium (avec également une action spécifique possible de la chaleur sur les concentrations en potassium).

Influence du climat. — La teneur en matières azotées des graminées est liée à leur croissance : quand celle-ci est ralentie par des conditions climatiques défavorables (sécheresse, froid, etc...) le vieillissement des organes s'accompagne d'une diminution importante des matières azotées. La différence entre le premier cycle et les cycles suivants est beaucoup moins accusée dans le cas de la fétuque 1959 que dans le cas du dactyle 1958 : la sécheresse a provoqué une diminution régulière et continue des teneurs en matières azotées, en particulier des limbes ; dans les plantes âgées de 6 semaines des 2^e, 3^e et 4^e cycles, ceux-ci contiennent 14-15 p. 100 de matières azotées contre 18-24 p. 100 dans les limbes du dactyle.

Contrairement au dactyle, la fétuque s'est appauvrie régulièrement en P au cours de l'année et ceci est manifestement dû à l'influence prépondérante des facteurs climatiques, la forte sécheresse ayant diminué la disponibilité de P_2O_5 du sol. Ainsi, nous ne trouvons pas l'écart considérable enregistré entre le premier cycle et les suivants dans le cas du dactyle. Cette action de la sécheresse sur les teneurs en P des plantes a été vérifiée par de nombreux auteurs, en particulier par HOMB (1953), ODELIEN (1948), WOODMAN et UNDERWOOD (1931). Ces derniers auteurs observent des teneurs en P beaucoup plus faibles en 1929, année sèche (en moyenne de 1,86 à 3,60) qu'en 1930, année humide (en moyenne de 4,02 à 5,17).

Enfin, pour ce qui concerne le potassium, il semble que deux facteurs, la chaleur et la sécheresse, puissent agir en sens inverse. Les températures élevées causeraient une augmentation des teneurs en K des plantes (DIJKSHOORN et HART (1957) ; nous constatons en effet que les teneurs moyennes en K des limbes de fétuque entre le début de l'épiaison et la floraison étaient respectivement de 33,3 g par kg en 1959 et de 26,7 g par kg en 1957. D'autre part, au cours des cycles suivants, les teneurs moyennes en K des limbes étaient de 25 à 30 g par kg pour la fétuque en 1959 contre 15 à 20 g par kg pour le dactyle en 1958, bien que les teneurs des limbes de ces deux espèces étaient voisines en 1957. Nous avons en outre constaté que les périodes particulièrement pluvieuses et chaudes de 1958 entraînaient un accroissement considérable des teneurs en K du dactyle : ceci est probablement dû à l'action simultanée

de la chaleur et de l'augmentation de la proportion de K assimilable du sol. En revanche, en 1959, l'action propre de la sécheresse, produisant une diminution de la disponibilité de K du sol, a été déterminante en fin de saison, où les teneurs en K deviennent plus faibles dans la fétuque.

Influence de la saison. — Indépendamment des conditions climatiques, les teneurs en Ca et Mg des plantes sont sujettes à des variations saisonnières très nettes et augmentent au cours de l'année. Cette influence de la saison a déjà été constatée par STEWART et HOLMES (1953) pour Ca et Mg, et par WALSHE et CONWAY (1960) pour Mg. Ces derniers auteurs trouvent également que les plantes sont les plus pauvres en Mg au printemps et en fin d'automne.

Quant aux différences enregistrées entre les deux espèces pour ce qui concerne les variations en fonction du stade de développement, elles seraient dues à l'enrichissement en Ca des limbes beaucoup plus rapide et plus accentué chez la Fétuque que chez le Dactyle (GUEGUEN 1959) ; c'est pourquoi l'appauvrissement régulier en fonction de l'âge de la plante ne s'observe pas dans le cas de la Fétuque.

Les teneurs en K des plantes semblent également sujettes à une influence saisonnière et diminuent régulièrement au cours de l'année quelles que soient les conditions climatiques.

Enfin, dans le cas du sodium, l'influence du climat et de la saison est toujours très irrégulière et les deux facteurs ne peuvent être dissociés. Il convient encore de souligner que le sodium est beaucoup plus abondant dans le Dactyle que dans la Fétuque (en moyenne 30 fois plus).

Conséquences nutritionnelles et conclusions.

Les expériences entreprises sur le Dactyle et la Fétuque durant ces trois années consécutives permettent de tirer un certain nombre de conclusions provisoires, d'une part sur les variations de la valeur nutritive de ces espèces fourragères, d'autre part sur les modes d'exploitation à adopter.

Au cours du premier cycle, les variations des proportions des différents organes de la plante et l'évolution de leur composition chimique semblent peu sensibles aux facteurs externes. Aussi peut-on tirer des lois générales des variations de la valeur nutritive de la plante en fonction du stade de développement qui est le principal facteur de variation : la valeur nutritive en matières azotées et en éléments minéraux diminue rapidement au cours du premier cycle. C'est pourquoi il importe de récolter le premier cycle avant la montaison.

Au cours des cycles suivants, les dactyles et les fétuques sont constitués principalement de limbes dont la croissance dépend essentiellement des conditions climatiques : la composition chimique des plantes est très sensible aux variations des facteurs externes. Toutefois, sauf en ce qui concerne le phosphore en année de grande sécheresse, les plantes du premier cycle ont toujours une plus faible valeur nutritive en matières azotées et en éléments minéraux. Nous constatons que les deuxièmes cycles précoces (provenant du premier cycle interrompu avant la montaison) ont toujours des rendements élevés (entre 5 et 7 tonnes de matière sèche à l'hectare). En conséquence, compte tenu des différences de rendement en matière sèche observées entre cycles (fig. 1), il importe de choisir un deuxième cycle de végétation pour récolter le maximum de fourrage de bonne valeur nutritive.

Reçu en avril 1961.

SUMMARY

STUDY OF THE VARIATIONS OF CRUDE PROTEIN AND
MINERAL CONTENTS OF MEADOW FESCUE.

The variations of the nitrogen and mineral (P, Ca, K, Na, Mg) contents of a forage grass, meadow fescue (*Festuca pratensis*), have been studied after the different parts of the plant were separated : leaf laminae, leaf sheaths, stems, inflorescences and debris. The fescue was cut at three different stages of development in the course of several vegetative cycles during the year 1959.

The nitrogen was determined by the Kjeldahl method. The minerals were determined after calcination of the product : phosphorus by the colorimetric method with vanadate and calcium, sodium, potassium and magnesium by flame spectrophotometry.

This study completes work carried out in 1957 and 1958 on cocksfoot (*Dactylis glomerata*) and fescue, and makes it possible to confirm certain general rules already set forth.

In the course of the first cycle, the variations in the chemical composition of the plants are closely linked with the evolution of the leaf laminae/leaf sheaths + stems ratio and with the translocations caused by flowering. The nitrogen and mineral contents are higher in the leaf laminae than in the other organs and decrease with the age of the plant (apart from the Ca content which increases in the leaf laminae). The variations in the composition of plants in the first cycle seem to be not particularly sensitive to external factors (climate, soil...).

During the following cycles, fescue is composed chiefly of leaf laminae and the variations of the chemical composition of the plant are much more sensitive to climatic factors. The influence of the stage of development is more irregular than during the first cycle (See figures).

The comparison of results obtained on cocksfoot in 1958 (a very wet year) and on fescue in 1959 (a very dry year) shows a preponderant climatic influence on the nitrogen and phosphorus contents of the plants (considerably decreased by drought) and a preponderant seasonal influence on the contents of calcium and magnesium (which increase during the year). The potassium content decreases regularly during the year in spite of the probable influence of high temperatures which would cause a passing increase of its concentration in the plants.

Plants in the first cycle have generally the lowest nutritive value in nitrogenous material and in mineral elements, and, taking into account the variations in yield observed, (fig. 1) it is best to choose an early second cycle to bring in the maximum of forage of high nutritive value.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DIJKSHOORN W., HART M. L., 1957. Effect of alteration of temperature upon the cationic composition in perennial ryegrass. *Neth. J. Agric. Sci.*, **5**, 18-36.
- FAUCONNEAU G., JARRIGE R., 1957. Composition chimique et valeur nutritive de l'herbe. *Bull. Tech. Ing. Ser. Agric.*, **118**.
- GUEGUEN L., 1959. Etude des variations de la composition minérale de quelques espèces fourragères. Influence du stade de développement et du cycle de végétation. *Ann. Zootech.*, **8**, 245-268.
- GUEGUEN L., FAUCONNEAU G., 1960. Etude sur les variations des teneurs en matières azotées et en éléments minéraux du dactyle. *Ann. Zootech.*, **9**, 157-179.
- GUEGUEN L., ROMBAUTS P., 1961. Dosage du sodium, du potassium, du calcium et du magnésium par spectrophotométrie de flamme dans les aliments, le lait et les excréta. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **1**, 80-97.
- HOMB T., 1952. Chemical composition and digestibility of grassland crops. *Norges Landbr. Foringsforsk. Beretn.*, **71**, 214 pp.
- OELIEN M., 1942. The phosphorus content in hay on farms with heavier and lighter manuring. *Tidsskr. Norske Landbr.*, **12**, 1-8.
- SOPER K., MITCHELL K. J., 1956. The developmental anatomy of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *N. Z. J. Sci. Tech.*, **37**, Sect. A, 484-504.
- STEWART A. B., HOLMES W., 1953. Manuring of grassland. I. Some effects of heavy dressings of nitrogen on the mineral composition of grassland herbage. *J. Sci. Food. Agric.*, **9**, 401-408.
- WALSHE M. J., CONWAY A., 1960. Hypomagnesaemia in ruminants. *Proc. of the eighth. Intern. Grassland Congress.* (Reading) 548-553.
- WOODMAN H. E., UNDERWOOD E. J., 1932. Nutritive value of pasture. 8. The influence of intensive fertilizing on the yield and composition of good permanent pasture (seasons 1 and 2). *J. Agric. Sci.*, **22**, 26-71.