

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 71 (1961)

Artikel: Etude du développement du trèfle blanc en relation avec les fluctuations de quelques substances organiques

Autor: Vez, Alexandre

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-50187>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Étude du développement du trèfle blanc en relation avec les fluctuations de quelques substances organiques¹

Par *Alexandre Vez*

Institut de production végétale de l'Ecole polytechnique fédérale, Zurich

Manuscrit reçu le 10 mars 1961

Table des matières

1. Introduction	119
2. Les essais	120
3. Méthodes	123
3.1. Prise d'échantillons et préparations du matériel pour l'analyse	123
3.2. La détermination des glucides	123
3.2.1. Détermination quantitative par colorimétrie avec l'anthrone	123
3.2.2. Les glucides utilisables du trèfle blanc	125
3.2.3. Extraction et dosage quantitatif des glucides utilisables totaux	125
3.2.4. Dosage des sucres réducteurs, du saccharose et de l'amidon	125
3.3. Dosage des protéines brutes	126
3.4. Dosage des acides organiques totaux	126
3.4.1. Extraction et purification de l'extrait	126
3.4.2. Dosage des acides organiques	126

Première partie

4. Le développement du trèfle blanc en relation avec les fluctuations de quelques substances organiques	
Résultats expérimentaux	127
4.1. Le développement du trèfle blanc	127
4.1.1. Parties aériennes	127
4.1.2. Les racines	128
4.1.3. Les stolons	132
4.1.4. Discussion	132
4.2. Les fluctuations des glucides utilisables	134
4.2.1. Dans les parties aériennes	134
4.2.2. Dans les organes de réserve	136
4.2.2.1. Accumulation automnale	138
4.2.2.2. Consommation au cours de l'hiver	139
4.2.2.3. Réserves au printemps et repousse	140
4.2.2.4. Mobilisation des glucides après la coupe	141
4.2.2.5. Les différents glucides utilisables	144

¹ Travail réalisé avec l'appui d'un subside de la Confédération.

4.3. Les fluctuations des protéines brutes	147
4.3.1. Dans les parties aériennes	147
4.3.2. Dans les organes de réserve	148
4.4. Les fluctuations des acides organiques	152

Deuxième partie

5. Influence de deux régimes de coupe et de la hauteur de la dernière coupe sur le développement du trèfle blanc	154
5.1. Généralités	154
5.2. Résultats et discussion	155
5.2.1. Rendements	155
5.2.2. Développement des racines et des stolons	157
5.2.3. Glucides utilisables et substances azotées des organes de réserve ..	158
5.2.4. Repousse printanière après le deuxième hivernage	159
5.3. Conclusion	162
6. Résumé	162
Zusammenfassung	164
Summary	167
Bibliographie	170

1. Introduction

Le trèfle blanc est une légumineuse qui prend une importance de plus en plus marquée sous nos conditions climatiques. Cette espèce, caractérisée par une bonne persistance ainsi qu'une excellente résistance à la coupe et à la pâture, fournit un excellent fourrage. Ces aptitudes culturales sont attribuées à la présence de stolons verts et de feuilles basses qui échappent à la coupe et permettent à la plante de reprendre rapidement une assimilation chlorophyllienne d'une certaine importance (Klapp 1942, Klapp et Schulze 1957).

Chez certaines variétés géantes, connues pour leur forte productivité, telles que le Ladino, la persistance laisse toutefois à désirer; cette variété est annuelle sous certains climats d'Amérique (Ahlgren et Fuelleman 1950); en Angleterre elle ne persiste guère plus de 2 ans (Davies 1958); elle semble toutefois mieux adaptée à nos climats (Guyer 1959).

Certaines substances organiques présentent une relation étroite avec le développement de la plante. Les substances élaborées qui ne sont pas consommées par la respiration ou utilisées pour la constitution de nouveaux tissus, sont accumulées temporairement dans certaines parties de la plante. Ces substances sont remobilisées par la suite lorsque la photosynthèse ne suffit pas à couvrir les besoins de la plante comme par exemple pour la repousse au printemps, ou après une coupe, ainsi que durant l'hiver pour la respiration.

Une faible teneur en substances de réserve se caractérise selon de nombreux travaux cités par Haffter (1959) par une vigueur déficiente, une faible résistance hivernale, une forte mortalité tout au cours de l'année, une mauvaise résistance aux insectes et un fort développement des plantes adventices.

Nous nous sommes proposés dans la première partie de ce travail de suivre, au cours de deux périodes de végétation, 3 types différents de trèfle blanc et d'examiner les points suivants :

1. le développement des racines, des stolons et des parties aériennes ;
2. les fluctuations des glucides de réserve et des protéines brutes dans les trois parties de la plante au cours du développement ;
3. l'importance des acides organiques totaux dans les différentes parties de la plante et leurs fluctuations au cours d'une saison.

Dans une seconde partie, nous avons examiné l'influence de 2 régimes de coupe et de la hauteur de la dernière coupe d'automne sur le rendement, le développement des racines et des stolons, la teneur en substances de réserve, l'hivernage et la repousse printanière.

Remerciements

Nous témoignons notre très vive gratitude à M. le Prof. Dr R. Koblet pour l'intérêt qu'il a porté à notre travail et pour l'appui que nous avons toujours trouvé auprès de lui.

Notre reconnaissance va également à M. le Dr F. Schwendimann, ainsi qu'à M. L. Hasenböhler, pour leurs aides et leurs conseils.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'Ecole d'agriculture du Strickhof qui a mis gracieusement du terrain à notre disposition.

Nous tenons enfin à exprimer notre gratitude pour le crédit de recherche accordé par la Confédération qui a permis la réalisation de ce travail.

2. Les essais

Les essais ont été poursuivis avec 3 variétés. Celles-ci présentent les caractéristiques suivantes :

Ladino lodigiano : Variété originale de la plaine du Pô, type géant, convenant pour la coupe, caractérisée par de larges feuilles, des stolons épais et charnus. Cette variété fournit au début de très forts rendements, mais sa persistance laisse à désirer.

S 100 : Variété de la station d'Aberystwyth (Angleterre), sélectionnée à partir de trèfles anglais, hollandais, néo-zélandais et irlandais. Cette variété est un type intermédiaire entre le type géant et commun ; elle se caractérise par une très forte densité du fourrage. Les pétioles très minces supportent parfois avec peine le poids des feuilles et ont tendance à se coucher. La persistance est bonne.

Wilkla : Type commun, variété provenant de Hollande, caractérisée par de petites feuilles et une croissance peu élevée, convient pour le pâturage. Bonne persistance.

Essai de Schwamendingen

But de l'essai

Suivre le développement de 3 types de trèfle blanc en relation avec les fluctuations de quelques substances organiques.

Dispositif expérimental

Cet essai établi à Schwamendingen sur un terrain de l'école d'agriculture du Strickhof (Zurich) comprend 3 répétitions des 3 variétés examinées. La surface de chaque parcelle est de 30 m².

Date du semis: 25.4.1958

Densité du semis: 1800 grains aptes à germer par m²

Durée de l'essai: printemps 1958 à printemps 1960

Régime de coupe: normal (4 coupes annuelles)

Nature du sol: argile sableuse pH environ 6,4

Conditions locales: altitude 475 m, précipitations annuelles moyennes 1050 mm

Essai du Rossberg

But de l'essai

Examiner l'influence de la fréquence des coupes et de la hauteur de la dernière coupe d'automne sur le développement du trèfle blanc et de la teneur en substances de réserve des racines et des stolons.

Dispositif expérimental

Cet essai établi à la ferme du Rossberg près de Kemptthal (Zurich) comprend 2 des 5 blocs d'un essai qui avait été conduit en 1958 pour examiner la palatabilité de différentes variétés de trèfle blanc (Vez, 1959). Chaque bloc comprend 4 répétitions de 7 variétés cultivées sur des parcelles de 30 m². Parmi les différentes variétés présentes, nous n'avons considéré que les 3 décrites auparavant.

Date du semis: 2/3.4.1958

Densité du semis: trèfle blanc: 1200 grains aptes à germer par m²
paturin des prés: 130 g à l'are

Durée de l'essai: printemps 1959 à printemps 1960

Régime de coupe: après une première coupe tardive (25.5.1959) pour favoriser une bonne régénération après l'hiver, 4 répétitions ont été soumises à une coupe fréquente (environ toutes les 3 semaines), les 4 autres n'ont été coupées que toutes les 6 semaines. Ces deux régimes de coupe ont été répartis au hasard parmi les 8 répétitions. Lors de la dernière coupe en automne 1959, chaque parcelle a été divisée, une moitié a été coupée à la faux, à une hauteur d'environ 2,5 cm, l'autre a été fauchée à 10 cm

Nature du sol: limon argileux de réaction faiblement acide à faiblement alcaline

Conditions locales: altitude 504 m, précipitations annuelles moyennes 1204 mm

Tableau 1
Relevé des conditions météorologiques durant l'essai
(données de l'Observatoire météorologique de Zurich)

Mois	Température (en °C)											
	Précipitations						Mensuelle moyenne					
	Somme mensuelle en mm			Nombre de jours avec précipitations sup. à 0,3 mm			Minima			Maxima		
Mois	1958	1959	1960	1958	1959	1960	1958	1959	1960	1958	1959	1960
1	69	136	62	14	21	13	0,1	0,0	-0,6	-7,5	-15,9	8,7
2	198	5	76	20	3	13	3,7	1,6	1,9	-7,9	-5,4	-12,0
3	48	76	63	13	11	0,9	7,3	5,7	-7,9	0,4	-1,7	15,9
4	112	71	76	15	13	16	5,7	9,8	7,5	-1,9	0,4	0,2
5	104	53	-	9	11	-	14,7	13,4	-	5,4	5,0	-
6	207	178	-	12	16	-	15,3	16,4	-	7,9	8,8	-
7	136	98	-	15	11	-	17,9	19,5	-	10,3	10,5	-
8	191	54	-	13	8	-	17,8	17,0	-	9,4	9,4	-
9	91	12	-	8	4	-	15,5	15,1	-	6,2	5,3	-
10	118	106	-	18	12	-	8,3	8,8	-	0,9	0,6	-
11	66	48	-	10	10	-	3,6	2,2	-	-0,2	-2,0	-
12	92	97	-	13	15	-	2,6	2,6	-	-5,7	-4,7	-
Total ou moyenne	1432	934	-	160	137	-	8,8	9,5	-	-	-	-

Conditions climatiques pendant la durée des essais

La somme des précipitations et la moyenne des températures mensuelles sont consignées au tableau 1. Ces chiffres mettent en évidence une année 1958 humide avec 1432 mm de précipitations; l'année 1959 par contre fut sèche (934 mm), en particulier les mois d'août et septembre. Les deux hivers ont été relativement doux; l'hiver 1959/60 fut marqué par quelques journées froides en janvier-février. Les cultures restèrent toutefois protégées pendant ces froids par une couche de neige.

3. Méthodes

3.1. Prise d'échantillons et préparations du matériel pour l'analyse

Le trèfle blanc s'étend très rapidement par la croissance de ses stolons. Il est par conséquent très difficile de suivre dans une culture en plein champ le développement des plantes individuelles. Nous nous sommes efforcé par contre de suivre les variations de la masse des stolons, racines et parties aériennes par unité de surface.

Les échantillons consistaient en blocs de 9 dm² et de 10 à 12 cm de profondeur découpés dans les parcelles à l'aide d'un cadre métallique et d'une bêche. A Schwamendingen, nous avons récolté lors de chaque prise d'échantillons 2 blocs au hasard dans chaque parcelle, soit 6 blocs par variété. Certaines précautions ont été prises cependant pour éviter de prendre au cours des saisons deux fois un échantillon au même endroit. Au Rossberg, nous avons récolté un échantillon par demi-parcelle.

Les blocs découpés ont été mis soigneusement dans des caissettes avec toute leur terre et maintenus au frais jusqu'au lavage. Tous les échantillons à l'exception de ceux du premier printemps et de la fin de l'automne ont été récoltés tôt le matin, lavés et mis sécher à l'étuve durant la même journée. Durant les journées courtes et froides du printemps et de l'automne, nous avons dû récolter les échantillons le soir et effectuer le lavage et le séchage le lendemain. Le lavage s'est effectué en gicant vigoureusement à l'aide d'un tuyau les blocs récoltés jusqu'à élimination complète de la terre; les plantes adventices présentes, ainsi que les parties mortes des plantes de trèfle ont été écartées. Les plantes lavées ont été séparées en racines, stolons et parties aériennes, et séchées. Une heure environ séparait le début du lavage du début du séchage d'un échantillon; l'hydrolyse fermentative des polysaccharides et leur respiration (Wylam 1953) étaient donc limitées. Le séchage a été effectué à l'étuve avec ventilation d'air chaud durant les deux premières heures à la température d'environ 90° à 100°C et ensuite poursuivis à 65°C (Humphreys Jones 1956). Les échantillons secs ont été pesés, ce qui a permis de déterminer la masse des racines, stolons et parties aériennes, et ensuite moulus à l'aide d'un moulin à marteau (grille de 1 mm). Après avoir été reséchés durant une nuit à 60°C, les échantillons ont été conservés à l'abri de l'air dans des emballages en plastic jusqu'au moment des analyses.

3.2. La détermination des glucides

3.2.1. Principe de la détermination quantitative par colorimétrie avec l'anthrone

L'anthrone en solution dans de l'acide sulfurique concentré réagit avec les glucides en développant une couleur bleue. Ce réactif est souvent employé pour la détermination qualitative et quantitative des glucides. Il présente l'avantage de réagir aussi bien avec les mono-

saccharides qu'avec les polysaccharides (McCready 1950, Yemm et Willis 1954). Ceci évite une hydrolyse toujours fastidieuse pour la détermination de l'ensemble des glucides des plantes. Selon Murphy (1958) ce réactif peut être employé directement sur l'extrait aqueux sans traitement préalable.

L'anthrone présente toutefois quelques inconvénients: il est instable (Zill 1956) et il ne réagit pas pareillement avec les différents sucres (Yemm et Willis 1954). Zill (1956) propose pour améliorer la stabilité de ce réactif d'employer un acide sulfurique pauvre en nitrate, de diminuer la concentration de l'acide sulfurique et d'ajouter de la thiourée au réactif.

La composition du réactif employé indiquée ci-dessous nous a été fournie personnellement par R. Dériaz, du Grassland Research Institute de Hurley (Angleterre).

760 ml H_2SO_4 (analytiquement pur)

340 ml H_2O

1 g anthrone

1 g thiourée

Ce réactif conservé en armoire frigorifique est stable pour une semaine.

La plupart des glucides de réserve des plantes fourragères sont des composés du glucose et du fructose; nous avons donc examiné dans quelles conditions ces 2 sucres donnent avec ce réactif une même intensité de coloration.

Dériaz ajoute à 2 ml de solution à déterminer 10 ml du réactif et après avoir bien brassé chauffe durant 12 min au bain-marie bouillant; la coloration développée est mesurée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 6200 Å. Nous avons constaté au colorimètre Coleman avec un filtre de 5900 Å que dans ces conditions le glucose et le fructose présentent des différences d'intensité de coloration. Selon Yemm et Willis (1954), les cétones réagissent plus rapidement que les aldoses, toutefois lorsque la coloration maximum est atteinte pour un composé, elle se détruit progressivement sous l'effet d'un chauffage prolongé. En étudiant l'effet de différentes durées de chauffage au bain-marie (tableau 2), nous avons constaté qu'en augmentant cette durée, la coloration du fructose diminue, celle du glucose est par contre beaucoup plus stable. Après 21 min de chauffage dans un bain-marie bouillant, les deux sucres présentent la même intensité de coloration. Dans ces conditions, d'autre part, la corrélation entre l'extinction lue au colorimètre et la concentration de la solution est linéaire pour le glucose et le fructose ainsi que pour leurs composés jusqu'à 120 γ, après quoi elle diminue progressivement.

Tableau 2

Influence de différentes durées de chauffage au bain-marie bouillant sur l'extinction d'une solution de 80 γ de fructose et de glucose
Coleman Filtre de 5900 Å

Durée de chauffage	80 γ Glucose	80 γ Fructose
10 min	0,28	0,43
12 min	0,31	0,41
18 min	0,32	0,35
21 min	0,31	0,31
24 min	0,30	0,28

3.2.2. Les «glucides utilisables» du trèfle blanc

Nous entendons par «glucides utilisables» les glucides qui peuvent être utilisés par la plante, soit pour l'élaboration de nouveaux tissus, soit pour la respiration; il s'agit chez le trèfle blanc d'amidon et de sucres solubles.

La présence d'amidon est notée dans les racines et les stolons (Stewart et Bear 1951) ainsi que dans les feuilles (Bailey 1958). Parmi les glucides solubles, Bailey note dans les feuilles et pétioles à côté de saccharose, fructose et glucose, la présence en faible quantité de xylose, d'un dissacharide réducteur, d'un trisaccharide, probablement un isomère du raffinose et d'un glucoside.

Nous avons effectué quelques analyses chromatographiques sur papier des extraits alcooliques des racines, des stolons ainsi que des feuilles et des pétioles selon la technique de Laidlaw et Reid (1952). Les extraits ont été déféqués par le sulfate de cadmium et l'hydrate de baryum. Les résidus ont été chromatographiés dans le mélange acétate d'éthyle-acide acétique - eau 3-1-3 durant 48 h. Nous avons utilisé le phosphate de p-anisidine (Mukkerjee et al. 1952) pour révéler l'ensemble des «spots» et le chlorhydrate de naphtoresorcinol (Dedonder 1952) pour déterminer les «spots» contenant du fructose.

Le glucose, le fructose et le saccharose sont présents dans tous les extraits. Ces 3 glucides sont les plus importants. Nous avons noté également dans les différentes parties de la plante les traces d'un triose de même valeur Rf que le raffinose de contrôle. Ce triose contient du fructose (réaction au chlorhydrate de naphtorésorcinol HC1); il s'agit probablement du raffinose. Nous n'avons pas pu identifier les autres glucides mentionnés par Bailey.

3.2.3. Extraction et dosage quantitatif des glucides utilisables totaux

300 mg de substance sèche sont soumis à l'action de la takadiastase à la température de 38° durant 44 h (Weinmann 1947, Haffter 1959). L'ensemble des glucides mis en solution après l'hydrolyse enzymatique a été, après filtrage, dosé par colométrie avec le réactif à base d'anthrone (3.1.1.).

3.2.4. Dosage des sucres réducteurs, du saccharose et de l'amidon

Les glucides solubles à l'alcool de 500 mg de substance sèche ont été extrait au Soxhlet à l'éthanol 80 % durant 7 h. Selon Laidlaw et Raid (1952) et Wylam (1954), ce traitement permet d'extraire tous les monosaccharides et oligosaccharides libres. Les extraits ont été déféqués par l'hydrate de baryum et le sulfate de cadmium. Après avoir écartés les produits précipités par filtrage, la somme des glucides solubles a été déterminée colorimétriquement avec l'anthrone (3.1.1.). Les sucres réducteurs ont été dosés par colorimétrie avec l'arsenmolybdate (Nelson 1944, Somogyi 1952). En déduisant de la somme des glucides solubles les sucres réducteurs, nous obtenons les oligosaccharides non réducteurs. Comme le saccharose forme largement la plus grosse partie de ceux-ci, selon l'analyse chromatogra-

phique, nous admettrons que cette différence exprime la teneur en saccharose. La teneur en amidon est déterminée en déduisant de la somme des glucides cytoplasmiques les glucides solubles à l'alcool.

Tous les dosages ont été faits par rapport à une solution standard de glucose et calculés sur cette base.

3.3. Dosage des protéines brutes

L'azote a été dosé selon la méthode en usage à l'institut de production végétale de l'EPF (Schwendimann 1955). Les protéines brutes ont été calculées en multipliant l'azote dosé par le facteur 6,25.

3.4. Dosage des acides organiques totaux

3.4.1. Extraction et purification de l'extrait

Les acides organiques ont été extraits à l'eau chaude. 2 g de substance sèche sont bouillis durant 1 h environ dans 100 cm³ d'eau distillée en brassant occasionnellement. L'extrait est filtré grossièrement sur de la ouate, il contient plus de 90 % des acides organiques. Le résidu subit une même extraction. La somme des deux extractions est ensuite condensée puis centrifugée pour écarter certaines substances colloïdales et obtenir une solution claire.

Les acides aminés présents dans l'extrait sont retenus en passant la solution dans une colonne de Dovex 50 (12 mm × 150 mm) saturée d'hydrogène (Hulme 1958). L'éluat contient les acides organiques, les glucides et les acides anorganiques.

3.4.2. Dosage des acides organiques

La solution est neutralisée avec du NaOH jusqu'à un pH de 7.8. Les acides organiques sont dosés globalement entre un pH de 7.8. et 2.6. avec du HNO₃ selon la méthode potentiométrique de Pucher et Vickery (1934) et employée par Fauconneau et Jarrige (1954) pour les dosages courants des acides organiques des fourrages. Cette analyse globale ne fournit toutefois qu'une donnée relative de la somme des acides organiques du fourrage; alors que l'acide oxalique n'est que partiellement déterminé, une partie des phosphates est dosée. (L'acide oxalique ne doit cependant pas être abondant dans l'extrait aqueux; les oxalates se trouvent souvent sous forme insoluble dans la plante. Fauconneau (1958) et Richardson et Hulme (1957) ne peuvent les identifier dans les extraits aqueux et alcoolique de la luzerne.)

PREMIÈRE PARTIE

4. Le développement du trèfle blanc en relation avec les fluctuations de quelques substances organiques (essai de Schwamendingen)

Résultats expérimentaux

4.1. *Le développement du trèfle blanc*

4.1.1. Les parties aériennes¹

Les parties aériennes comprennent chez le trèfle blanc les feuilles et les pétioles. La croissance est représentée à la figure 1. En première année, Ladino se caractérise par la plus forte production. Wilkla montre une mauvaise croissance automnale.

En seconde année, la reprise au printemps est très lente, la densité des plantes a fortement diminué, en particulier dans les parcelles de Ladino. L'essai est envahi par des plantes adventices. Nous en avons arraché la plus grande partie vers la fin d'avril pour éviter d'avoir à tenir compte par la suite du facteur «concurrence» qui aurait pris alors une importance particulière. La première coupe a lieu relativement tard pour favoriser une bonne régénération. S 100 fournit le plus fort rendement, Ladino présente la plus faible production en fourrage. Au cours des repousses suivantes, cette dernière variété grâce à sa bonne faculté de régénération, fournit à nouveau de bons rendements. (La production de la seconde coupe n'a pas pu être déterminée; à la suite d'une erreur, cet essai a été fauché avant que nous fassions nos déterminations.) Dès l'été, Wilkla

Tableau 3

Rendements en fourrages déterminés sur 5 coupes en kg de substance sèche à l'are
(Ces rendements sont légèrement supérieurs à ceux rapportés à la figure 1. Cette différence provient de la présence de plantes adventices qui ne sont pas considérées dans les résultats rapportés à la figure 1)

Dates		9.7.58	8.10.58	28.5.59	17.8.59	8.10.59	Total
Variété	Ladino	24,80	16,49	20,11	23,20	13,77	98,37
	S 100	21,13	17,92	30,32	22,27	12,63	104,27
	Wilkla	22,76	13,60	24,66	18,94	9,65	89,61
Différence significative P = 0,05							8,24

¹ Dans ce travail, les stolons qui sont rampants ne sont pas compris sous le terme «parties aériennes».

présente une plus faible croissance, cette variété est très éprouvée par la sécheresse de l'été et de l'automne 1959. Sur 5 des 7 coupes, les rendements ont été déterminés sur une surface de 4 m² (tableau 3).

S 100 et Ladino se distinguent significativement de la variété Wilkla, dont la plus faible production doit être probablement en partie due à la sensibilité de cette variété à la sécheresse.

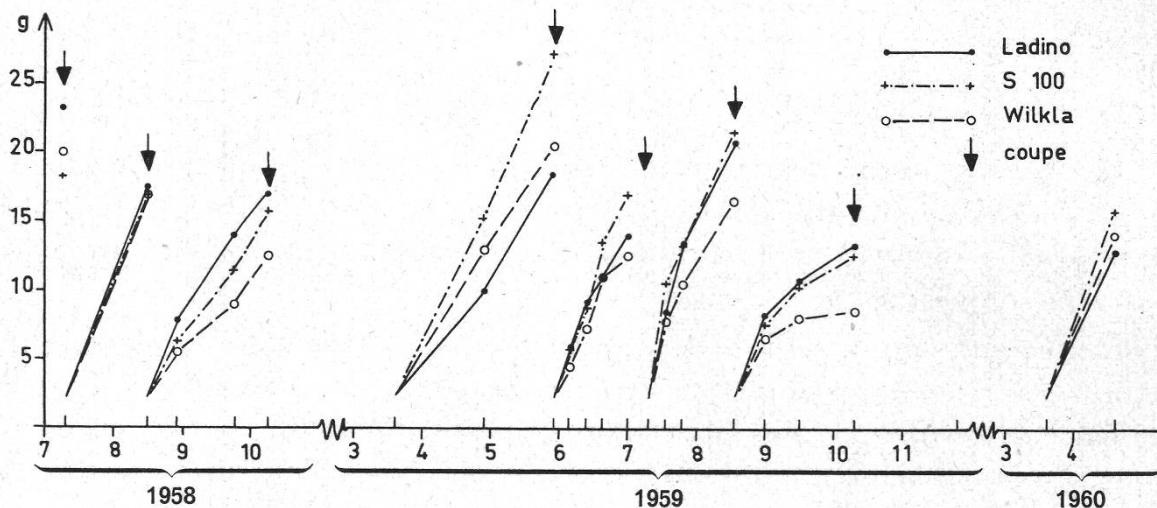


Figure 1

Variations de la masse des parties aériennes en g de substances sèches par 1000 cm²

4.1.2. Les racines

Les racines du trèfle blanc comprennent des racines principales et des racines adventices. Les premières sont les racines primaires de la plante, les adventices par contre sont émises au cours du développement sur les nœuds des stolons.

Les fluctuations de la masse des racines par unité de surface au cours des deux années de notre travail sont représentées à la figure 2. Les principaux résultats sont consignés au tableau 4. Sur le premier échantillon, deux mois et demi après le semis, les 3 variétés ont une masse radiculaire approximativement pareille. Ce ne sont presque que des racines principales, en particulier pour Ladino; Wilkla toutefois est déjà pourvu de nombreuses petites racines adventices. Au cours de l'été et de l'automne, la masse des racines augmentera, avant tout sur Ladino. Sur les deux autres variétés, la croissance automnale des racines est plus ou moins masquée par la mort prématuée des racines principales (tableau 5) due à une infection pathologique.

La variété Ladino n'a été affectée que plus tard et une forte diminution des racines s'est manifestée sur cette variété au cours de l'hiver (diminution de 57 %) (tableau 6).

Wilkla par contre, qui avait particulièrement souffert en automne, présente la plus faible mortalité hivernale (diminution de 14,8 %). Au prin-

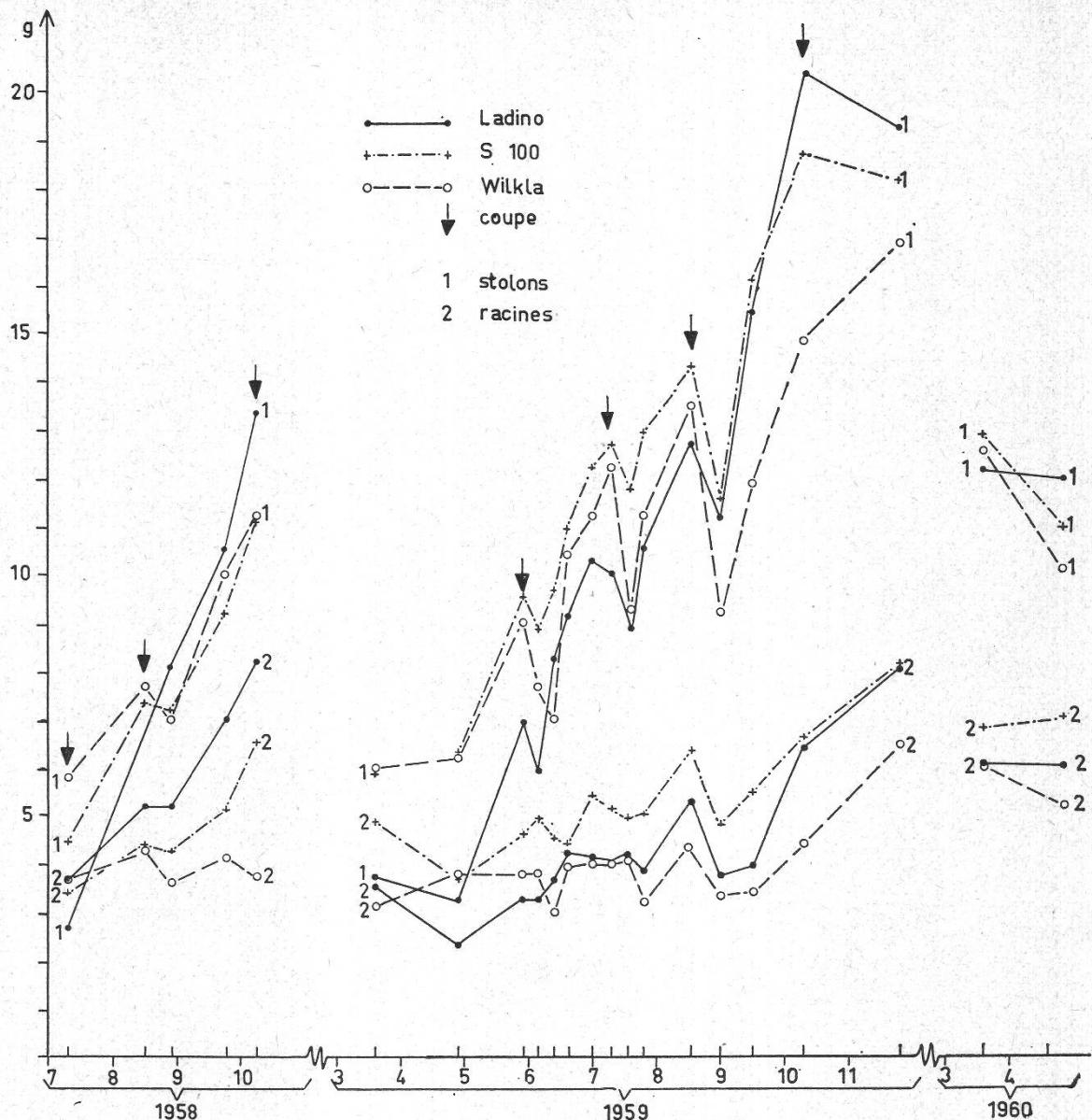


Figure 2

Variations de la masse des stolons et des racines en g de substances sèches par 1000 cm²

temps 1959, plus aucune racine principale n'est trouvée dans les échantillons. Cette infection pathologique se manifeste par des nécroses noirâtres locales sur les racines principales qui entraînent quelques semaines plus tard la mort de la racine. Westbrooks et Tesar (1955) font des observations semblables sur un Ladino; ils constatent la présence de divers *Fusarium* et *Rhizoctonia* sur les nécroses.

Au cours du premier printemps, la diminution se poursuit encore sur Ladino et S 100. Dès la fin d'avril et jusqu'à la dernière détermination du 25.11., la masse des racines augmente continuellement sur les 3 variétés. Les coupes occasionnent des diminutions momentanées. Durant cette période, S 100 se caractérise continuellement par la plus forte masse radi-

Tableau 4

Quelques relevés de la masse des racines et des stolons à différentes périodes de l'essai
 Résultats en g de matière sèche/1000 cm²

	Dates	8.10.1958	19.3.1959	28.5.1959	30.6.1959	17.8.1959	9.10.1959	25.11.1959	18.3.1960
Racines	Ladino	8,18	3,52	3,28	4,16	5,26	6,37	7,98	6,10
	S 100	6,56	4,88	4,62	5,38	6,35	6,57	8,08	6,80
	Wilka	3,71	3,16	3,80	4,03	4,33	4,41	6,42	5,98
∅		6,15	3,86	3,90	4,53	5,32	5,79	7,50	6,30
F		27,53**	12,18**	8,96**	11,78**	7,84**	82,81**	4,67*	0,95
P = 0,05		1,51	0,75	0,88	0,69	1,14	0,49	1,356	—
Stolons	Ladino	13,37	3,72	6,90	10,26	12,70	20,30	19,20	11,91
	S 100	11,10	5,85	8,50	12,20	14,30	18,85	18,12	10,90
	Wilka	11,21	5,96	8,99	11,21	13,49	14,76	16,83	10,08
∅		11,90	5,18	8,47	11,23	13,50	17,97	18,05	10,95
F		2,72	12,50**	6,31*	0,31	0,72	14,34**	3,20	0,29
P = 0,05		—	1,25	1,745	—	—	2,594	—	—

Tableau 5

Masse des racines principales et adventives le 8.10.1958 en g de matière sèche
par 1000 cm²

Variété	Masse des racines en g/1000 cm ²			% de racines principales
	Total	Principales	Adventives	
Ladino	8,18	4,86	3,32	59,4
S 100	6,56	2,55	4,01	38,9
Wilkla	3,71	0,79	2,92	21,3

Tableau 6

Diminution des racines et stolons au cours de l'hiver

Variété	Hiver 1958/59			Hiver 1959/60		
	Masse en g de matière sèche par 1000 cm ²		Diminution en %	Masse en g de matière sèche par 1000 cm ²		Diminution en %
	8.10.	19.3.		25.11.	18.3.	
Racines	Ladino	8,18	3,52	57,0	7,98	6,10
	S 100	6,56	4,88	25,6	8,08	6,80
	Wilkla	3,71	3,16	14,8	6,42	5,98
	Ø	6,15	3,85	37,4	7,50	6,30
Stolons	Ladino	13,37	3,72	72,2	19,20	12,11
	S 100	11,10	5,85	47,3	18,12	12,83
	Wilkla	11,21	5,96	46,8	16,83	12,50
	Ø	11,90	5,18	56,5	18,05	12,48
						30,8

culaire. Tous les écarts examinés sont significatifs à l'exception de celui du 18.3.1960 (tableau 4). Ladino, variété la plus éprouvée au printemps 1959, montre une excellente faculté de régénération et à nouveau une bonne croissance automnale. Wilkla par contre présente un développement plus lent de ses racines, en particulier durant l'été. Cette variété semble davantage affectée par la sécheresse que les deux autres. Son système radiculaire est non seulement plus faible mais aussi plus superficiel. L'hiver 1959/60 a moins éprouvé les plantes de notre essai (tableau 6).

Ladino est à nouveau la plus affectée (diminution de 23,6 %) et Wilkla la moins (diminution 6,9 %). Au premier printemps, de nouvelles nécroses sont présentes sur les plus vieilles racines de Wilkla et une certaine diminution est constatée sur l'échantillon du 18.4.

4.1.3. Les stolons

Les tiges du trèfle blanc sont rampantes et très courtes. Selon Erith (1924), les tiges principales n'atteignent guère plus de 2 à 3 cm. 1 mois et demi après le semis, elles commencent à émettre des ramifications, les stolons, qui peuvent s'étendre sur de très grandes surfaces.

D'une manière générale, le développement des stolons représenté à la figure 2 se caractérise par une très forte croissance durant l'été et l'automne, une grosse réduction au cours de l'hiver et une diminution momentanée après la coupe. Ces fluctuations sont beaucoup plus importantes que celles constatées sur les racines. La croissance estivale et automnale est plus marquée. La mortalité hivernale est aussi plus importante (tableau 6). Les différences de la masse des stolons entre les variétés ne sont significatives que sur les échantillons du printemps et de l'automne 1959 (tableau 4). Ladino se caractérise par une forte mortalité des stolons au cours de l'hiver et par un développement estival et automnal particulièrement marqué. Wilkla présente une bonne résistance hivernale, mais le développement des stolons au cours de la bonne saison est lent.

4.1.4. Discussion

D'une manière générale, la masse des racines est faible. Au cours de ces deux ans, elle a varié entre un minimum de 2,31 g/1000 cm² (Ladino 27.4.1959) et un maximum de 8,18 g/1000 cm² (Ladino 8.10.1958). Ces chiffres sont très nettement inférieurs à ceux constatés pour la plupart des plantes fourragères, qui sont de l'ordre de plusieurs dizaines de grammes de matière sèche par 1000 cm² (Troughton 1957, revue de littérature). Les données élevées obtenues par Klapp (1943) et Kmoch (1952) sur de vieilles prairies de trèfle blanc ne peuvent être prises en considération ici. Ces auteurs ont d'une part considéré les stolons avec les racines, d'autre part il s'agit, semble-t-il, non pas de culture pure de trèfle blanc mais de prairie à dominance en trèfle blanc. Schuurmann (1954) détermine 11,3 g/1000 cm² de racines sur un trèfle blanc d'une année. Young (1958) obtient 3,13 g/1000 cm² sur une prairie composée de 50 % de trèfle. Bien que dans notre essai le développement des racines ait été entravé par une infection cryptogamique, ces dernières données confirment nos conclusions. Le trèfle blanc dispose d'un système radiculaire faible, ceci rend la plante sensible à la sécheresse et à toutes maladies qui affectent le développement des racines. Toutefois, grâce aux racines adventives, les stolons peuvent continuer leur propre développement sans être trop entravés par

les parties malades de la plante. La masse des stolons est nettement plus élevée ; les maxima varient entre 16 et 20 g/1000 cm², selon les variétés. Ils constituent donc la partie la plus importante des organes de réserve.

La croissance estivale des racines semble assez exceptionnelle. Selon Troughton (1957), la plupart des plantes fourragères présentent un développement de leurs racines lorsque la croissance aérienne est faible, c'est-à-dire au premier printemps et en automne. Celle-ci se poursuit même parfois chez diverses graminées tout au long de l'hiver (Kauter 1933). Baker et Garwood (1959) constatent sur la luzerne une diminution du poids des racines au cours de l'été. Dans notre essai, les systèmes radiculaires, très réduits au printemps 1959, se composent avant tout de jeunes racines ; les tissus âgés ont été éliminés au cours de l'hiver. Si la destruction hivernale n'avait pas été si forte, il est possible que les vieilles racines, par leur disparition probable au cours de l'été, auraient masqué cette croissance estivale.

Après chaque coupe, nous avons constaté une réduction de la masse des organes de réserve. Møller et Lysgaard (1956) l'observent également sur la luzerne et l'attribuent à la diminution des réserves dans les racines après la coupe. Buttler (1959) rapporte que la coupe entraîne chez les légumineuses la mort des vieilles racines. La réduction des stolons semble être due toutefois en partie aux sectionnements de l'extrémité des stolons lors de la coupe, ceux-ci ont en effet souvent tendance à se redresser. Cette réduction est particulièrement marquée sur la variété Wilkla.

La sensibilité du trèfle blanc à l'hivernage est mise particulièrement en évidence par la forte réduction de la masse des organes de réserve au cours de l'hiver (tableau 6). Après les froids rigoureux de 1956, Caputa (1956) avait constaté que le trèfle blanc avait été un peu moins éprouvé que le trèfle violet mais plus que la luzerne, l'esparcette et le trèfle hybride. Semé en mélange, il hiverne mieux, la destruction résultant du soulèvement du sol est ainsi diminuée (Brown et Munsell 1941). La forte diminution des organes de réserve durant l'hiver 1958/59 est due en partie à des causes pathologiques. Le développement automnal des racines affecté, l'accumulation des réserves légèrement entravée (cf. 2.2.1.), la forte respiration des réserves durant l'hiver sous l'effet des agents cryptogamiques (cf. 2.2.2.) ont éprouvé très fortement les plantes.

Les réserves diminuant, les plantes deviennent en effet plus sensibles aux froids et aux champignons parasites. Jung (1959) constate que le trèfle violet et la luzerne perdent leur résistance aux froids lorsque la teneur en glucides de réserve est inférieure à 14 et 16 %. Westbrooks et Tesar (1955) constatent qu'à la fin de l'hiver, lorsque les réserves sont basses, la mortalité du Ladino sous l'effet des causes cryptogamiques est très forte.

Au cours des deux hivers, Ladino fut nettement la plus éprouvée. Cette sensibilité est très souvent constatée (Knoll et Hemmerling 1941; Ahlgren et Fuelleman 1950; Julen 1959). Elle a fait l'objet de divers travaux. Smith (1949) constate que les stolons du Ladino emprisonnés dans de la glace meurent plus rapidement que ceux des autres variétés. Il attribue ceci d'une part au large diamètre des stolons, d'autre part à la respiration très intense qui se manifeste sur les stolons du Ladino, rendant le milieu toxique par accumulation de CO_2 . Kreitlow (1949) ainsi que Boekholt et Heusser (1934) mentionnent la forte sensibilité de cette variété à la sclerotiniose qui entraînerait de grosses destructions hivernales.

4.2. Les fluctuations des glucides utilisables

4.2.1. Dans les parties aériennes

La teneur en glucides utilisables des parties aériennes du trèfle blanc est faible (tableau 7). Elle ne dépasse guère 11 %. Les fluctuations sont faibles. D'une manière générale, la teneur est plutôt basse sur les jeunes pousses (6 % à 9 %) et augmente avec le développement du fourrage pour arriver à un maximum lors de la coupe (9 % à 11 %). Durant le printemps et l'automne, les parties aériennes sont un peu plus riches en glucides utilisables. En juin et juillet, durant la période la plus intense de la floraison, la teneur est par contre légèrement plus basse. Jarrige (1954), Waite et Boyd (1953), De Man et De Heus (1949) constatent des fluctuations beaucoup plus importantes sur de nombreuses graminées fourragères. Ces dernières accumulent des glucides sous forme de fructosane dans leurs tiges. Ces réserves sont remobilisées lors d'une croissance intense ou en partie écartées lors de la coupe.

Parmi les différents glucides utilisables, le saccharose est le plus important. Sa teneur varie en général entre 3 % et 6 %. Ses fluctuations suivent étroitement les variations de la somme des glucides de réserve. En juin et juillet toutefois, la teneur est particulièrement basse. Les sucres réducteurs ont une teneur inférieure à 3 %. Les variations sont peu importantes. La teneur, en général basse sur les jeunes pousses, augmente légèrement avec le développement des parties aériennes. Selon Wilkins (1958), le 70 % des sucres réducteurs déterminés dans les parties aériennes serait contenu dans les pétioles, il s'en suit que la teneur en sucres réducteurs doit être influencée par les variations du rapport feuille/pétiole. La teneur en amidon n'est qu'exceptionnellement supérieure à 3 %. Les fourrages âgés sont en général plus riches que les jeunes pousses.

Parmi les variétés examinées, Ladino se caractérise par une teneur en glucides utilisables un peu supérieure aux deux autres.

Tableau 7

Les glucides utilisables des parties aériennes du trèfle blanc
Résultats en % de la matière sèche

Dates	Somme des glucides				Amidon				Saccharose				Sucres réducteurs				
	Ladino	S 100	Wilvla	∅	Ladino	S 100	Wilvla	∅	Ladino	S 100	Wilvla	∅	Ladino	S 100	Wilvla	∅	
8561	9. 7.	9,8	8,9	8,8	9,17	2,4	2,5	2,4	2,43	3,3	2,9	3,0	3,07	4,1	3,5	3,4	3,67
	15. 8.	9,1	8,6	8,2	8,63	1,6	2,0	1,8	1,80	5,0	4,8	4,93	2,5	1,6	1,6	1,90	
	27. 8.	6,5	7,0	6,7	6,73	2,4	2,3	2,5	2,40	2,5	3,0	2,83	1,6	1,5	1,4	1,50	
	23. 9.	10,9	8,7	8,0	9,20	2,4	2,0	2,2	2,13	5,7	5,4	5,0	5,37	2,8	1,3	1,0	1,70
	8.10.	11,0	9,9	8,8	9,90	2,5	2,2	2,7	2,47	5,5	5,0	5,0	5,17	3,0	2,2	1,6	2,26
	27. 4.	9,9	8,7	9,5	9,37	2,6	2,4	2,4	2,47	4,5	4,1	4,8	4,47	2,8	2,2	2,3	2,43
	28. 5.	10,8	10,5	9,4	10,23	2,4	2,1	2,1	2,20	6,3	5,7	5,5	5,83	2,1	2,7	1,8	2,20
	5. 6.	7,8	6,8	7,3	7,30	1,9	1,0	1,0	1,53	5,1	4,5	4,9	4,83	0,8	1,3	0,7	0,93
	12. 6.	8,7	7,6	7,9	8,07	3,2	2,5	3,6	3,10	3,9	3,8	3,3	3,67	1,6	1,3	1,0	1,30
	19. 6.	9,4	8,0	8,4	8,60	2,8	3,0	3,0	2,93	4,8	3,5	4,0	4,10	1,8	1,5	1,4	1,57
6561	30. 6.	9,6	9,7	8,8	9,37	3,1	3,4	2,3	2,93	3,4	3,3	3,2	3,30	3,1	3,0	3,3	3,13
	17. 7.	5,5	6,3	6,4	6,07	1,3	2,1	1,6	1,67	2,6	3,6	4,1	3,43	1,6	0,6	0,8	1,00
	24. 7.	10,0	9,5	8,5	9,33	1,4	1,9	1,4	1,57	6,3	6,0	6,0	6,10	2,3	1,6	1,1	1,67
	17. 8.	11,2	10,2	10,7	10,70	2,6	2,5	2,3	2,47	5,8	5,5	6,6	5,97	2,8	2,2	1,8	2,27
	1. 9.	10,0	8,3	8,8	9,03	2,6	2,6	2,3	2,50	5,1	5,1	5,4	5,20	2,3	0,6	1,1	1,33
	15. 9.	11,6	9,0	10,5	10,37	2,8	2,5	3,0	2,76	6,4	5,0	5,6	5,67	2,4	1,5	1,9	1,93
	9.10.	10,7	9,8	10,1	10,20	2,9	2,7	2,7	2,77	5,5	5,7	5,8	5,67	2,3	1,4	1,6	1,77
18.4.1960	6,0	6,4	5,5	5,97	1,2	1,8	1,5	1,5	1,5	3,6	3,6	3,4	3,53	1,2	1,0	0,6	0,93

(Les résultats imprimés en caractères italiques sont ceux des dosages effectués lors d'une coupe)

La faible teneur des parties aériennes en glucides utilisables et particulièrement en amidon ainsi que les fluctuations saisonnières peu importantes montrent qu'il n'y a que peu de réserves accumulées dans ces parties de la plante. En conséquence, la plus grande partie des réserves glucidiques échappent à la coupe; ceci peut être un des éléments qui influencent la résistance du trèfle blanc à ce traitement.

4.2.2. Dans les organes de réserve

Les fluctuations des glucides utilisables dans les stolons et racines représentées par les figures 3 et 4 mettent en évidence:

- une forte accumulation au cours de la saison de végétation et tout particulièrement en automne;
- une forte diminution hivernale;
- une baisse brusque et momentanée après chaque coupe.

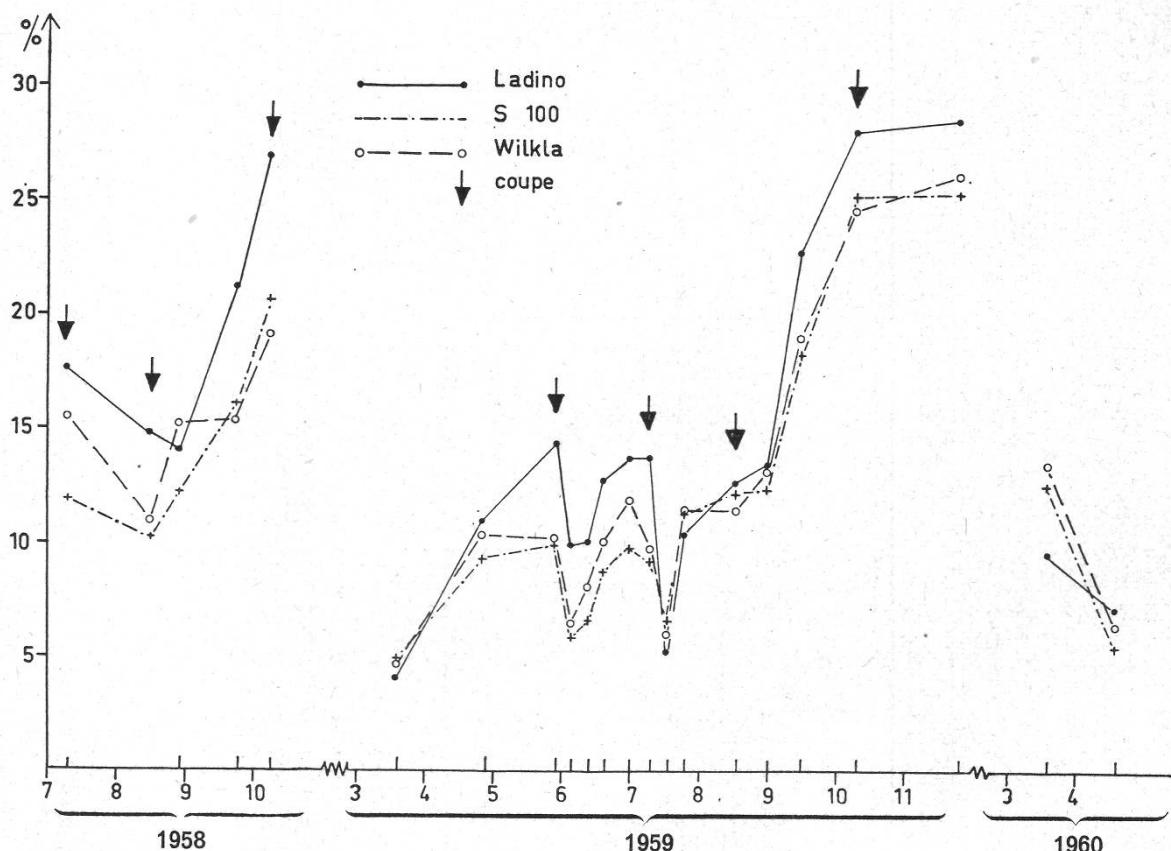


Figure 3

Fluctuations de la teneur en glucides utilisables des racines en % de la matière sèche

Ces fluctuations sont bien marquées sur les 3 variétés qui, d'une manière générale, ne se distinguent que peu nettement. Ladino toutefois se caractérise par une teneur en général un peu plus élevée en glucides de réserve avant les coupes.

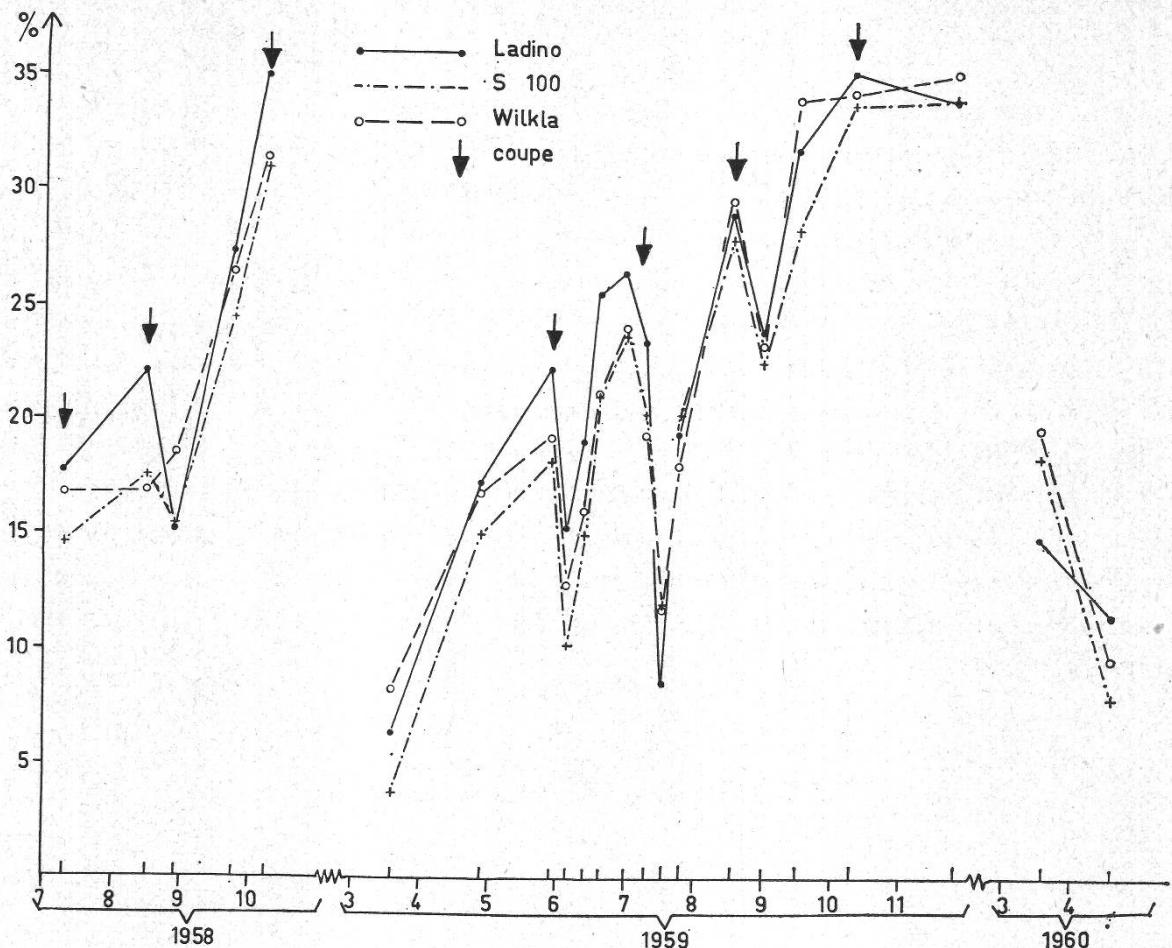


Figure 4

Fluctuations de la teneur en glucides utilisables des stolons en % de la matière sèche

Les variations de la teneur en glucides utilisables des racines et stolons présentent toutefois une image inexacte des fluctuations des réserves. La masse de ces organes subit comme nous l'avons vu d'importantes variations au cours de l'année. Le développement des racines et des stolons réagit au même facteur que ceux qui conditionnent l'accumulation des réserves. Il s'en suit que les variations en quantité présentent les mêmes tendances que celles énoncées plus haut, mais celles-ci sont encore plus accentuées. Nous avons représenté à la figure 5 les fluctuations en quantité de la somme des glucides utilisables accumulés dans les organes de réserve, ainsi que les quantités moyennes se trouvant dans les racines des 3 variétés. Cette figure met nettement en évidence l'importance des stolons; la plus grande partie des réserves glucidiques y sont accumulées et celles-ci sont fortement mobilisées pour la repousse après la coupe ou respirées durant l'hiver. La fluctuation des glucides utilisables exprimée en quantité montre des différences plus distinctes entre les variétés. Ladino présente nettement les plus fortes fluctuations saisonnières, variété la plus riche en réserves absolues en automne, elle en est la plus dépourvue au printemps.

4.2.2.1. Accumulation automnale

Au cours de l'automne, la richesse des stolons et des racines en glucides utilisables augmente très fortement (tableau 8). Ainsi du 27.8. au 8.10. 1958, la teneur moyenne des racines des trois variétés passe de 13,77 % à 22,14 % et celle des stolons de 16,3 % à 32,47 %; en 1959, durant approximativement la même période, elle augmente de 12,87 % à 25,77 % pour les racines et de 23,23 % à 34,43 % pour les stolons. A ce fort enrichissement en glucides s'ajoute un développement marqué de la masse des racines et des stolons; en quantité effective, l'augmentation est donc encore plus forte (de 1,80 g/1000 cm² à 5,30 g/1000 cm² en 1958 et de 2,98 g/1000 cm² à 7,69 g/1000 cm² en 1959). Les chiffres un peu plus bas obtenus en 1958 sont dus à l'infection cryptogamique qui a non seulement entravé le développement automnal des racines de Wilkla et S 100, mais semble avoir aussi affecté l'accumulation des glucides dans les racines de ces deux variétés.

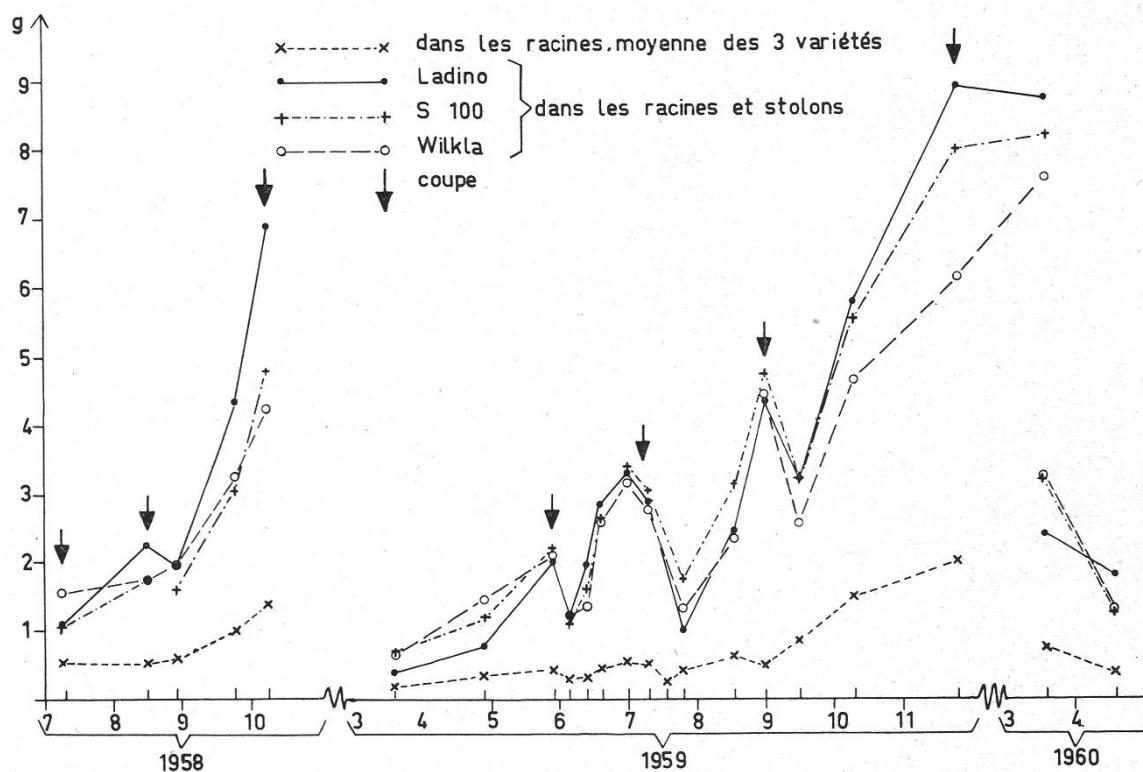


Figure 5

Variations en quantité des glucides accumulés dans les organes de réserve
(Résultats en g de glucides par 1000 cm²)

La variété Ladino se caractérise par les plus fortes accumulations automnales. Au cours de l'arrière-automne, les quantités de glucides de réserve augmentent encore, en particulier sur Wilkla. Ladino par contre

présente déjà une légère diminution due à une baisse de la teneur en glucides des stolons.

Tableau 8

Accumulation automnale des glucides utilisables dans les organes de réserve

Du 27.8. au 8.10.1958				Du 1.9. au 25.11.1959				
Dates	27.8.	8.10.	Différence	1.9.	8.10.	Différence	25.11.	
Glucides en % de la m.s.								
Racines	Ladino	13,9	26,9	+ 13,0	13,3	27,9	+ 14,6	28,4
	S 100	12,2	20,5	+ 8,3	12,3	25,0	+ 12,7	25,2
	Wilkla	15,2	19,0	+ 3,8	13,0	24,4	+ 11,4	26,0
	Ø	13,77	22,14	+ 8,37	12,87	25,77	+ 12,9	26,54
Stolons	Ladino	15,1	35,0	+ 19,9	23,9	35,2	+ 11,3	33,9
	S 100	15,3	31,0	+ 15,7	22,5	33,8	+ 11,3	34,0
	Wilkla	18,5	31,4	+ 12,9	23,3	34,3	+ 11,0	35,1
	Ø	16,30	32,47	+ 16,17	23,23	34,43	+ 11,20	34,33
Glucides en g de m.s. par 1000 cm ²								
Racines et stolons	Ladino	1,94	6,88	+ 4,94	3,19	8,92	+ 5,73	8,71
	S 100	1,62	4,78	+ 3,16	3,19	8,01	+ 4,82	8,20
	Wilkla	1,85	4,23	+ 2,38	2,57	6,14	+ 3,57	7,58
	Ø	1,80	5,30	+ 3,50	2,98	7,69	+ 4,71	8,16

4. 2. 2. 2. Consommation au cours de l'hiver

Au cours de l'hiver, une consommation très importante des glucides accumulés se manifeste (tableau 9). Celle-ci fut particulièrement marquée durant l'hiver 1958/59.

De nombreux auteurs (Graber 1927; Wood et Sprague 1952; Hodgson et Bula 1956; Bula et Smith 1954; Jung 1959; Haffter 1959) mentionnent une corrélation positive entre la résistance hivernale et la teneur en réserves glucidiques des racines en automne. Ladino, malgré sa richesse en glucides de réserve est cependant la plus touchée. L'interaction des caractères variétaux vient probablement masquer cette relation. Selon Bula et Smith (1954), la vitesse de l'activité métabolique

Tableau 9

Diminution des glucides utilisables au cours de l'hiver dans les organes de réserve

	Hiver 1958/59				Hiver 1959/60			
		8.10.	19.3.	Différence	25.11.	18.3.	Différence	
Glucides en % de la m.s.								
Racines	Ladino	26,90	4,10	—22,80	28,40	9,50	—18,90	
	S 100	20,50	5,00	—15,50	25,20	12,30	—12,90	
	Wilkla	19,00	4,70	—14,30	26,00	13,40	—12,60	
	∅	22,13	4,60	—17,53	26,53	11,73	—14,80	
Stolons	Ladino	35,00	6,30	—28,70	33,90	14,90	—19,00	
	S 100	31,00	7,80	—23,20	34,00	18,50	—15,50	
	Wilkla	31,40	8,20	—23,20	35,10	19,70	—15,40	
	∅	32,46	7,43	—25,03	34,33	17,70	—16,63	
Glucides en g de m.s. par 1000 cm ²				Diminution en %				Diminution en %
Racines et stolons	Ladino	6,88	0,38	94,50	8,77	2,38	72,90	
	S 100	4,78	0,69	85,60	8,20	3,22	60,70	
	Wilkla	4,23	0,64	84,90	7,58	3,26	57,00	
	∅	5,297	0,570	89,200	8,183	2,953	63,91	

pendant la période de léthargie serait inversement proportionnelle au degré de résistance développé. Cette observation se trouve confirmée dans notre essai. Ladino présente très nettement la plus forte consommation en glucides durant l'hiver. Wilkla et S 100, variétés plus résistantes, se caractérisent par des diminutions moins fortes.

4.2.2.3. Réserves au printemps et repousse

McCarty (1938), Smith et Graber (1948) constatent que les glucides présents à la fin de l'hiver dans les organes de réserve de *Bromus carinatus* et *Melilotus alba* sont fortement mobilisés lors de la reprise de la végétation. Il semble qu'il existe donc une relation entre la vigueur de la repousse et les réserves glucidiques. Celle-ci est évidente dans notre essai (tableau 10). En mars 1959, les réserves en glucides sont très faibles, les plantes manquent de vigueur; le départ de la végétation est très lent. A fin avril, la masse moyenne des parties aériennes n'est que de 12,64 g/

Tableau 10

Réserves en glucides utilisables à la sortie de l'hiver et croissance des parties aériennes au printemps

(Résultats en g de matière sèche par 1000 cm²)

Variétés		Ladino	S 100	Wilklia	Ø
1959	Réserve en glucides le 19.3.	0,38	0,69	0,64	0,570
	Masse en substance sèche des parties aériennes le 27.4.59	9,88	15,13	12,91	12,640
1960	Réserve en glucides le 18.3.	2,38	3,22	3,26	2,953
	Masse en substance sèche des parties aériennes le 18.4.60	12,70	15,84	14,01	14,190

1000 cm². Ladino, particulièrement dépourvu de glucides de réserve présente la plus faible croissance aérienne (9,88 g/1000 cm²). Au printemps 1960, les réserves sont nettement plus abondantes et sont fortement mobilisées pour la repousse. Le 18.4., la masse moyenne est déjà de 14,19 g/1000 cm². Ladino se caractérise à nouveau par la plus faible repousse (12,7 g/1000 cm²). S 100, variété la plus riche en réserves, présente au cours des deux printemps le plus fort développement des parties aériennes.

4. 2. 2. 4. Mobilisation des glucides après la coupe

Les glucides accumulés dans les organes de réserve sont fortement mobilisés après chaque coupe. Cette diminution a été souvent observée entre autres sur la luzerne (Møller et Lysgaard 1956), les ray gras anglais et les dactyles (Sullivan et Sprague 1943), (Sprague et Sullivan 1950) ainsi que sur le trèfle blanc Ladino (Moran, Sprague et Sullivan 1953).

Cette mobilisation est attribuée par Sullivan et Sprague (1953) et Weinmann (1947) davantage à la respiration qu'à l'élaboration de nouveaux tissus. Sullivan et Sprague (1943) constatent sur le ray gras anglais que ce n'est que 22 jours après la coupe que les produits de la photosynthèse dépassent les besoins de la plante et que l'accumulation recommence. Moran, Sprague et Sullivan (1953) observent sur le Ladino le minimum déjà 10 jours après la coupe. La réaccumulation des réserves semble être beaucoup plus rapide sur le trèfle blanc que sur les graminées. Nous avons rapporté au tableau 11 les variations de la teneur en glucides de réserve après les coupes ainsi que la repousse des parties aériennes. Des dosages ont été effectués 8, 15, 22 et 33 jours après la coupe du 28 mai 1959. La mobilisation est rapide, les teneurs les plus basses sont

Tableau 11

Variations de la teneur en glucides utilisables des racines et des stolons après les coupes en % de la matière sèche et repousse des parties aériennes

Date	Nombre de jours après la coupe	Racines				Stolons				Ø				Repousse des parties aériennes en g de m.s. par 1000 cm ²	
		Ladino	S 100	Wilklia	Ladino	S 100	Wilklia	Racines	Stolons	Ladino	S 100	Wilklia	Ø		
8961	15.8.	0	14,7	10,2	11,0	22,2	17,6	16,8	11,85	18,86	—	—	—	—	—
	27.8.	12	13,9	12,2	15,2	15,1	15,3	18,5	13,77	16,30	7,80	6,12	5,43	6,45	6,45
	23.9.	36	21,2	16,1	15,3	27,4	24,4	26,4	17,45	26,06	14,01	11,41	9,04	11,49	11,49
	28.5.	0	14,4	9,9	10,2	22,2	18,2	19,2	11,50	19,87	—	—	—	—	—
	5.6.	8	9,9	5,9	6,4	15,3	10,2	12,7	7,40	12,73	5,80	6,01	4,40	5,41	5,41
	12.6.	15	10,1	6,6	8,1	19,1	13,5	16,0	8,27	16,20	8,96	8,77	7,30	8,35	8,35
	19.6.	22	12,8	8,7	10,1	25,6	21,0	21,2	10,54	22,60	11,13	13,40	10,89	11,81	11,81
6961	30.6.	33	13,6	9,8	11,8	26,5	23,7	24,0	11,74	24,74	13,89	16,90	12,60	14,47	14,47
	9.7.	1	13,6	9,2	9,7	23,3	20,2	19,4	10,87	20,97	—	—	—	—	—
	17.7.	9	5,3	6,6	6,0	8,6	12,0	11,7	5,97	10,77	8,44	10,55	7,77	8,92	8,92
	24.7.	16	10,4	11,2	11,4	19,4	20,2	18,0	11,00	19,20	13,43	13,35	10,37	12,39	12,39
	17.8.	40 (0)	12,6	12,1	11,4	29,0	28,0	29,5	12,04	28,84	20,86	21,76	16,54	19,72	19,72
	1.9.	14	13,3	12,3	13,0	23,9	22,5	23,3	12,87	23,23	8,33	7,37	6,49	7,40	7,40
	15.9.	28	22,6	18,2	18,9	31,8	28,4	34,0	19,90	31,40	10,68	10,20	8,13	9,67	9,67

observées 8 jours après la coupe. Les réserves utilisées sont toutefois rapidement remplacées; 22 jours après la coupe, les stolons sont plus riches qu'auparavant, les racines présentent une teneur encore un peu inférieure. Les 3 variétés présentent les mêmes réactions. Sur la seconde coupe, la teneur en glucides utilisables a été déterminée 1, 9, 16 et 40 jours après la coupe. Aucune détermination n'a été faite lors de la coupe; toutefois si nous considérons les résultats obtenus le 30 juin, soit 9 jours plus tôt, nous constatons que les dosages effectués 1 jour après la coupe leur sont déjà légèrement inférieurs; une mobilisation a déjà eu lieu. 9 jours après la coupe, la teneur est très basse. Cette consommation extrêmement forte des réserves est accompagnée d'une croissance très rapide des parties aériennes. La masse moyenne de celle-ci, 9 jours après la coupe ($8,92 \text{ g}/1000 \text{ cm}^2$) est en effet légèrement supérieure à celle déterminée 15 jours après la coupe précédente ($8,35 \text{ g}/1000 \text{ cm}^2$). Quelques chaudes journées ont probablement aussi intensifié la respiration des plantes durant cette période. La variété *Ladino* se caractérise nettement par la plus forte mobilisation, sans pour autant que la repousse de ses parties aériennes soit plus marquée. 16 jours après la coupe les réserves mobilisées sont déjà en bonne partie remplacées. Le 17 août, 40 jours après la coupe, la teneur des racines n'a que faiblement augmenté; en quantité absolue toutefois, l'augmentation est forte par suite du développement des racines durant cette période (figure 5). La teneur en glucides des stolons s'est par contre fortement élevée.

Les coupes effectuées à la fin de l'été semblent occasionner une moins forte diminution de la teneur en glucides utilisables. La repousse des parties aériennes est aussi plus lente. Des dosages effectués 12 jours après la coupe du 15.8.1958 mettent en évidence une faible diminution dans les racines et stolons du *Ladino*, ainsi que dans les stolons de *S 100*. Une légère augmentation est par contre observée dans les racines de *S 100* ainsi que dans l'ensemble des organes de réserve de *Wilкла*. 14 jours après la coupe du 17.8.1959, nous n'avons constaté qu'une diminution sur les stolons des 3 variétés; la teneur est en augmentation dans les racines. Ces deux dosages ont été effectués toutefois un peu tardivement, il est probable que les glucides mobilisés aient été déjà en partie remplacés.

La mobilisation des glucides après la coupe calculée en quantité montre des variations plus amples (cf. figure 5) que celle de la teneur par suite de la diminution de la masse des organes de réserve. Ainsi après la coupe du 17.8.1959, la mobilisation des glucides est sensible alors que la teneur ne baisse que dans les stolons. Mais d'une manière générale, ces variations en quantité amènent les mêmes constatations que celles faites sur les fluctuations de la teneur en glucides de réserve après les coupes.

Les observations de Moran, Sprague et Sullivan, faites sur le *Ladino*, se trouvent confirmées sur les trois variétés de notre essai. La mobilisation

des réserves est importante et rapide après la coupe, la repousse est forte et immédiate, 3 semaines après la coupe, les réserves mobilisées sont pratiquement reconstituées. Ces observations contribuent à expliquer la bonne résistance de cette plante à la coupe. La mobilisation est plus forte dans les stolons que dans les racines, la réaccumulation des réserves se manifeste également plus rapidement dans les stolons. Les différences entre les variétés ne sont souvent que peu distinctes.

4. 2. 2. 5. Les différents glucides

Alors que le saccharose et les sucres réducteurs sont les premiers produits glucidiques de l'assimilation, le saccharose est aussi la forme la plus fréquente sous laquelle les glucides se déplacent dans la plante. Chez certains végétaux ou sous certaines circonstances, les glucides peuvent s'accumuler sous cette dernière forme. Iljin (1957) note que sous l'effet de la sécheresse, la teneur en amidon diminue et que celle en sucres augmente. Bula et Smith (1954), Wood et Sprague (1952), Ruelke et Smith (1956) constatent sur différentes légumineuses dont le trèfle blanc, une transformation de l'amidon en saccharose au cours de l'hiver. Cette hydrolyse des glucides peu solubles en glucides solubles à poids moléculaires beaucoup moins élevés entraîne une augmentation de la pression osmotique cellulaire et est un facteur de résistance de la plante à la sécheresse et au froid.

L'amidon est uniquement une forme de stockage des glucides utilisables.

Les variations de ces différents composés dans les racines et stolons sont représentées aux figures 6 et 7. L'amidon forme la partie la plus importante des glucides de réserve. Les variations de sa teneur suivent assez étroitement les variations de l'ensemble des glucides utilisables. En quantité très faible au printemps, l'amidon s'accumule au cours de l'année et tout particulièrement en automne. Au cours de 1959, l'accumulation de l'amidon semble avoir été affectée par la sécheresse, en particulier dans les stolons ; la teneur en saccharose est dès la mi-août élevée et l'accumulation automnale des glucides s'est faite avant tout sous forme de saccharose. Dans les racines, une fois une certaine concentration en saccharose atteinte, l'accumulation de l'amidon a repris.

En 1959, au cours de l'arrière-automne, nous constatons une diminution sensible de la teneur en amidon des racines des 3 variétés ainsi que des stolons du Ladino. Durant cette période, la teneur en saccharose augmente. Il s'agit là probablement des réactions de la plante aux premiers froids hivernaux qui entraînent une transformation de l'amidon en glucides solubles. La variété Ladino semblerait réagir plus intensément à ces premiers froids. Au cours de l'hiver, nous notons une disparition presque

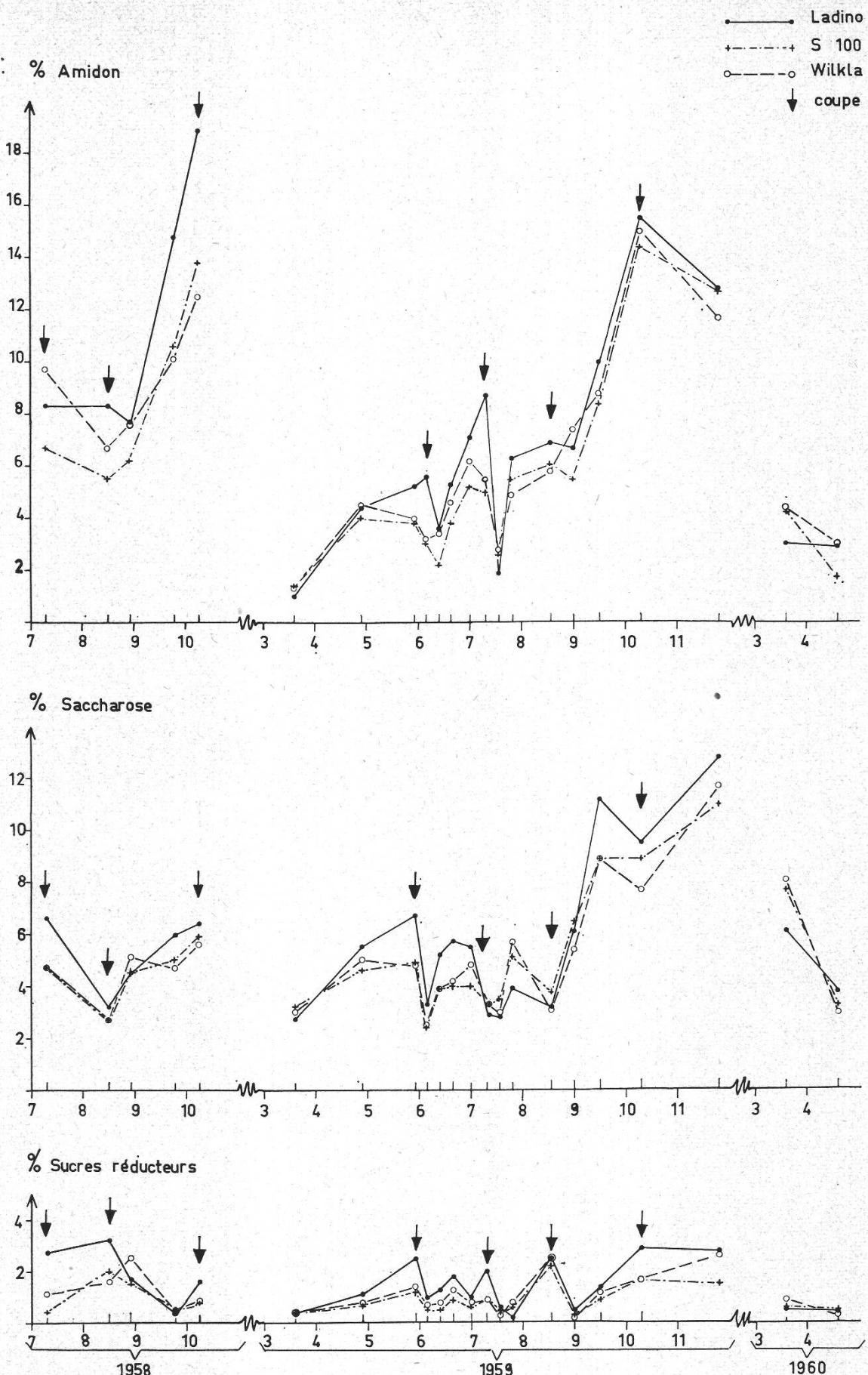


Figure 6

Variations de la teneur en amidon, saccharose et sucres réducteurs des racines en % de la matière sèche

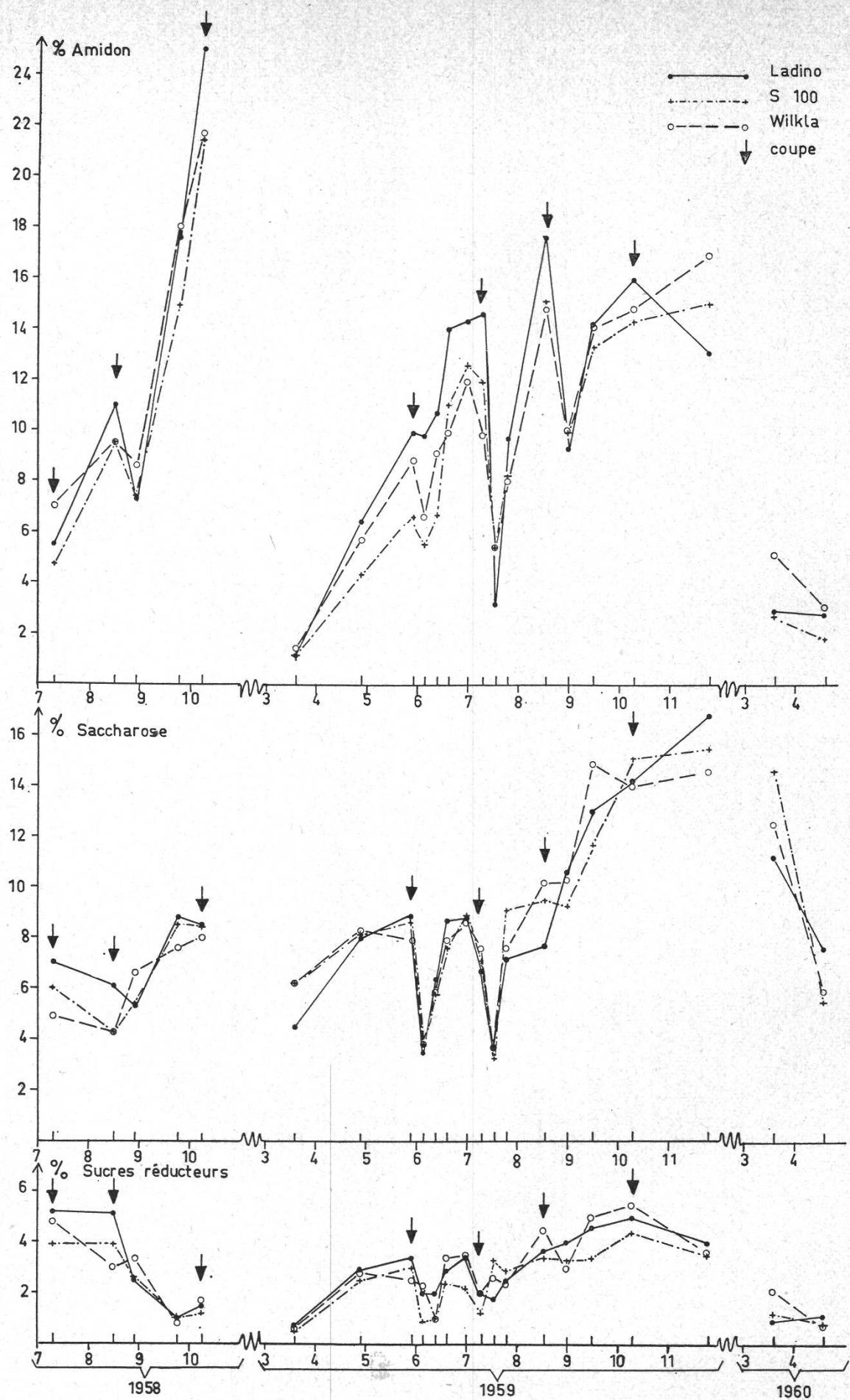


Figure 7

Variations de la teneur en amidon, saccharose et sucres réducteurs des stolons en % de la matière sèche

complète de l'amidon. En mars 1959, la teneur est inférieure à 2 % aussi bien dans les racines que dans les stolons des 3 variétés. Elle est un peu plus élevée à la fin de l'hiver 1960. Le saccharose constitue au printemps la partie essentielle des réserves. En quantité relativement élevée en mars 1960, ces réserves sont fortement mises à contribution par la repousse printanière. Les variations saisonnières de la teneur en saccharose sont donc avant tout dues à une conversion de l'amidon en glucides plus solubles entraînés soit par la sécheresse ou soit par les froids de l'hiver. Les sucres réducteurs sont peu abondants dans les organes de réserve, leur teneur est presque constamment inférieure à 3 % dans les racines et à 5 % dans les stolons. Les variations ne présentent pas de tendances marquées, nous pouvons toutefois noter que la teneur est très basse à la sortie de l'hiver ainsi qu'en automne 1958, elle est par contre relativement élevée, en particulier dans les stolons, durant l'été sec de 1959.

Les coupes entraînent une diminution notable de l'amidon et du saccharose. La teneur en sucres réducteurs est également en général un peu plus basse après la coupe. Au cours de 1959, une forte utilisation du saccharose a suivi la première et la seconde coupe. La troisième coupe n'a par contre pas affecté cette teneur qui a même augmenté, probablement sous l'effet de la sécheresse. Une forte diminution de l'amidon est observée avant tout après la seconde coupe et dans les stolons après la troisième coupe.

Les fluctuations des différents glucides examinés sont approximativement pareilles sur les 3 variétés. Nous notons toutefois que Ladino se caractérise par une conversion précoce en automne de l'amidon en saccharose dans les stolons, par une teneur relativement élevée de ses racines en sucres réducteurs et en saccharose ainsi que par des réserves en amidon supérieures aux deux autres variétés avant chaque coupe.

4.3. Les fluctuations des protéines brutes

4.3.1. Dans les parties aériennes

La teneur en protéines brutes des feuilles et pétioles du trèfle blanc est élevée (tableau 12). Tous les dosages à l'exception d'un seul sont supérieurs à 20 %. Ceux-ci sont particulièrement élevés au premier printemps. (environ 30 % à mi-mars 1960). Durant l'été, on observe les teneurs les plus basses (de 20 % à 24 %). La richesse en protéines brutes augmente à nouveau en automne. Cette teneur un peu plus élevées au printemps et en automne est probablement due à l'abondance des composés azotés dans les organes de réserve à cette époque (figures 8 et 9). D'une manière générale, les jeunes fourrages sont plus riches en protéines brutes que les fourrages âgés. Les fluctuations sont toutefois dans l'ensemble assez faibles.

Des 3 variétés examinées, Ladino présente des teneurs en protéines brutes souvent un peu inférieures aux deux autres.

Tableau 12

Teneur en protéines brutes des parties aériennes en % de la matière sèche

Dates	Ladino	S 100	Wilvla	Ø
9. 7.1958	<i>19,60</i>	<i>20,00</i>	<i>20,60</i>	<i>20,67</i>
15. 8.1958	<i>22,10</i>	<i>23,90</i>	<i>20,80</i>	<i>22,27</i>
27. 8.1958	<i>22,10</i>	<i>21,40</i>	<i>23,40</i>	<i>22,30</i>
23. 9.1958	<i>22,40</i>	<i>23,40</i>	<i>23,90</i>	<i>23,23</i>
8.10.1958	<i>22,40</i>	<i>22,90</i>	<i>23,10</i>	<i>22,80</i>
27. 4.1959	<i>25,20</i>	<i>26,45</i>	<i>26,05</i>	<i>25,90</i>
28. 5.1959	<i>22,85</i>	<i>21,25</i>	<i>22,45</i>	<i>22,18</i>
5. 6.1959	<i>23,80</i>	<i>24,40</i>	<i>24,10</i>	<i>24,10</i>
12. 6.1959	<i>24,25</i>	<i>26,65</i>	<i>26,85</i>	<i>25,85</i>
19. 6.1959	<i>23,20</i>	<i>26,60</i>	<i>26,00</i>	<i>25,27</i>
30. 6.1959	<i>21,40</i>	<i>22,85</i>	<i>24,35</i>	<i>22,87</i>
17. 7.1959	<i>21,50</i>	<i>21,90</i>	<i>20,70</i>	<i>21,33</i>
24. 7.1959	<i>21,30</i>	<i>24,10</i>	<i>22,60</i>	<i>22,67</i>
17. 8.1959	<i>20,40</i>	<i>21,50</i>	<i>21,50</i>	<i>21,13</i>
1. 9.1959	<i>24,20</i>	<i>27,00</i>	<i>25,20</i>	<i>25,47</i>
15. 9.1959	<i>22,50</i>	<i>26,00</i>	<i>25,00</i>	<i>24,50</i>
9.10.1959	<i>23,20</i>	<i>25,50</i>	<i>24,70</i>	<i>24,47</i>
18. 4.1960	<i>29,90</i>	<i>29,90</i>	<i>30,80</i>	<i>30,20</i>

(Les résultats imprimés en caractères italiques sont ceux des dosages effectués lors d'une coupe)

4.3.2. Dans les organes de réserve

Les dosages effectués sur les organes de réserve mettent en évidence au cours de 1959 une large courbe en U avec ses maxima au printemps et en automne et son minimum à fin juillet (figures 8 et 9). Rémy (1923), Arny (1932), Weinmann (1940) font des observations semblables sur les racines et les rhizomes de diverses graminées. La teneur en substances azotées diminue au printemps lors de la croissance intense du fourrage, atteint son minimum au cours de l'été et augmente à nouveau en automne lorsque la croissance aérienne est ralentie. Ces fluctuations saisonnières sont un peu plus marquées dans les stolons que dans les racines. Les déterminations de substances azotées effectuées le 20.11.1959 montrent que l'accumulation se poursuit au cours de l'arrière-automne. Weinmann (1942) constate sur *Trachypogon plumosus* que cette accumulation automnale est due en partie à une translocation des substances azotées des parties aériennes.

Au cours de l'hiver, la teneur en protéines brutes augmente encore, et ce sont les premiers dosages effectués à la fin des hivers 1959 et 1960 qui

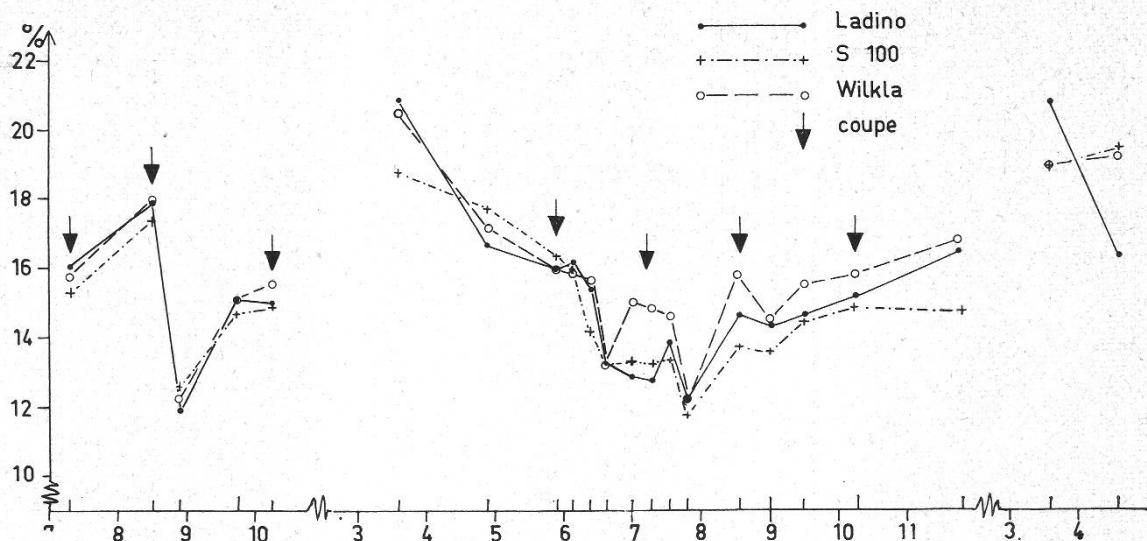


Figure 8

Variations de la teneur en protéines brutes des racines en % de la matière sèche

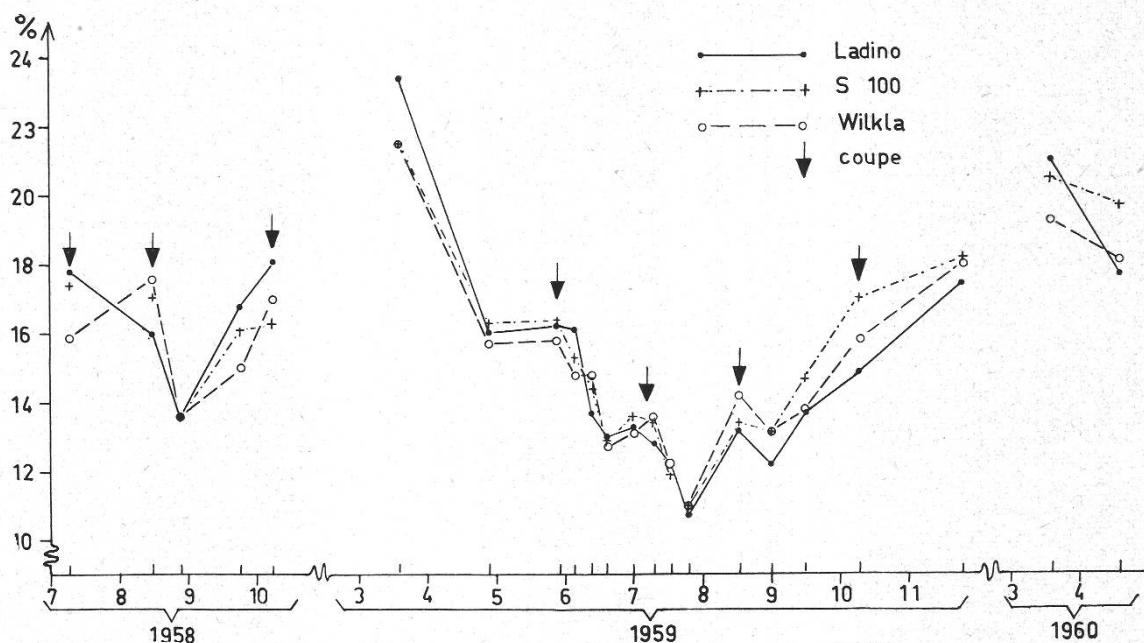


Figure 9

Variations de la teneur en protéines brutes des stolons en % de la matière sèche

atteignent les concentrations les plus élevées (tableau 13). Cette augmentation de la teneur en substances azotées est très probablement due à la très forte mortalité hivernale des organes de réserve. Une certaine translocation se manifeste au cours de l'hiver des tissus détruits vers la partie vivante de la plante. Smith (1950), Haffter (1959) observent également une augmentation sur le trèfle violet. Haffter remarque toutefois qu'en quantité absolue, les substances azotées des racines ne varient que peu et que l'augmentation de la concentration des protéines brutes est

due à la diminution de la masse des racines. Smith et Graber (1948) font les mêmes constatations sur le Melilot.

Sur les 3 variétés de trèfle blanc examinées, les pertes en quantité sont d'une certaine importance dans les stolons. Dans les racines par contre, à l'exception du Ladino au cours de l'hiver 1958-1959, les variations sont faibles (tableau 13).

Tableau 13

Variations en quantité et en % de la matière sèche des protéines brutes au cours de l'hiver dans les organes de réserve

Dates		Hiver 1958/59			Hiver 1959/60		
		8.10.	19.3.	Déférence	25.11.	18.3.	Déférence
Protéines brutes en %							
Racines	Ladino	15,00	20,90	+5,90	16,50	20,80	+4,30
	S 100	14,90	18,80	+3,90	14,90	19,00	+4,10
	Wilkla	15,60	20,50	+4,90	16,80	19,00	+2,20
	Ø	15,17	20,06	+4,89	16,07	19,60	+3,53
Stolons	Ladino	18,10	23,40	+5,30	17,40	21,00	+3,60
	S 100	16,30	21,40	+5,10	18,20	20,50	+2,30
	Wilkla	17,00	21,50	+4,50	18,00	19,30	+1,30
	Ø	17,13	22,10	+4,97	17,86	20,27	+2,41
Protéines brutes en g de la matière sèche par 1000 cm ²							
Racines	Ladino	1,23	0,74	-0,49	1,32	1,27	-0,05
	S 100	0,98	0,86	-0,12	1,20	1,29	+0,09
	Wilkla	0,58	0,65	+0,07	1,07	1,14	+0,07
	Ø	0,93	0,75	-0,18	1,197	1,233	+0,04
Stolons	Ladino	2,42	0,87	-1,55	3,34	2,54	-0,80
	S 100	1,81	1,25	-0,56	3,30	2,60	-0,70
	Wilkla	1,90	1,28	-0,62	3,03	2,41	-0,62
	Ø	2,043	1,133	-0,91	3,223	2,517	-0,71
Racines et stolons	Ladino	3,65	1,61	-2,04	4,66	3,81	-0,85
	S 100	2,79	2,11	-0,68	4,50	3,89	-0,61
	Wilkla	2,48	1,93	-0,55	4,10	3,55	-0,55
	Ø	2,973	1,883	-1,09	4,42	3,75	-0,67

La figure 10 dans laquelle sont représentées les fluctuations en quantité des substances azotées montre une diminution marquée lors de la première croissance printanière. De mai à fin août, une faible augmentation se manifeste, bien que la teneur diminue. En automne, l'augmentation est très marquée; du 1^{er} septembre au 25 novembre 1959, les quantités sont plus de doublées. La moyenne des quantités présentes dans les racines des trois variétés est indiquée à la figure 10. Les protéines brutes des stolons sont beaucoup plus importantes que celles des racines, les fluctuations sont de plus grande envergure. Les stolons se présentent à nouveau comme le principal organe de réserve du trèfle blanc.

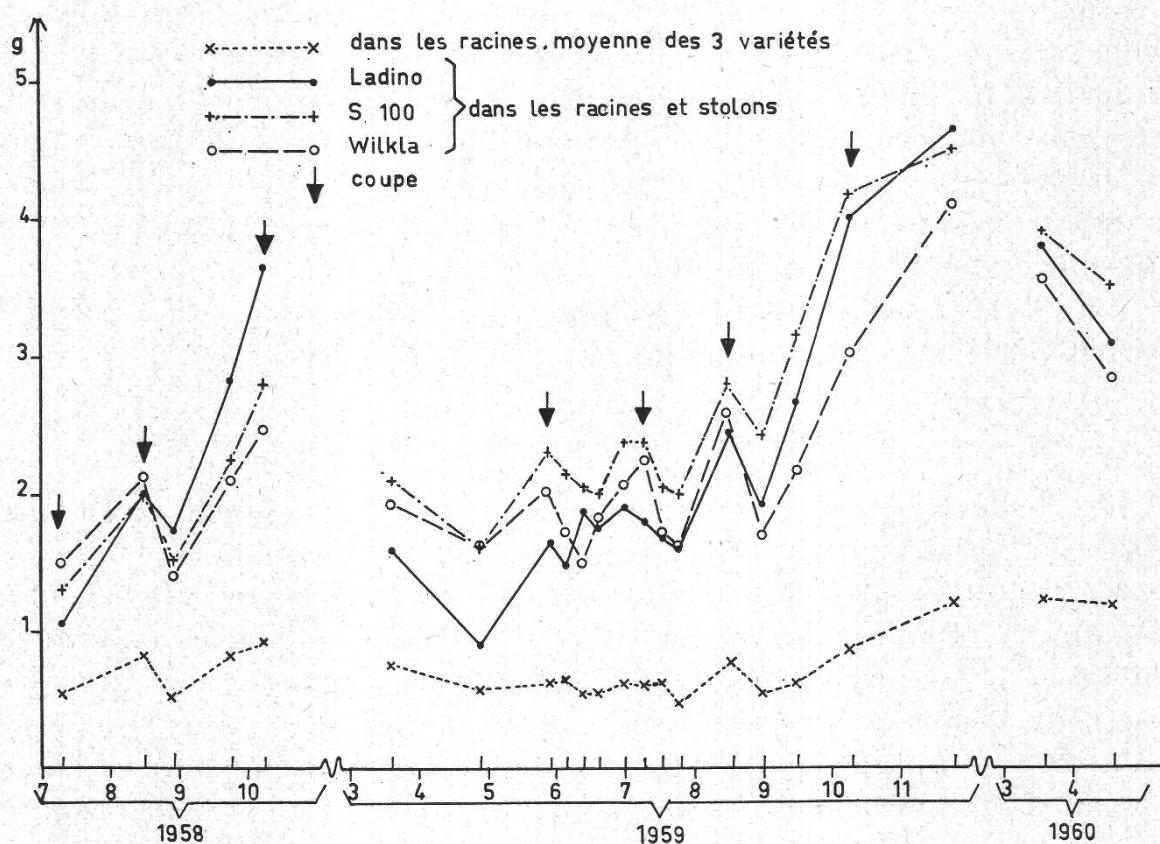


Figure 10
Variations en quantité des protéines brutes des organes de réserve
(Résultats en g de protéines brutes par 1000 cm²)

L'influence de la coupe sur les substances azotées des organes de réserve est très discutée. Troughton (1957) rapporte que l'on constate souvent après une coupe une augmentation de la teneur en azote et en particulier en azote soluble dans les organes de réserve. Cette augmentation est attribuée à une absorption plus intense de l'azote du sol, à une hydrolyse des protéines et à la forte diminution des glucides.

Møller et Lysgaard (1956) constatent que la coupe entraîne dans les racines de la luzerne une faible augmentation durant les premiers jours

suivie d'une nette diminution. Selon Smith (1950), Greathouse et Stuart (1934), Møller et Lysgaard (1956), les substances azotées des racines sont mobilisées plus lentement et moins fortement que les hydrates de carbone. D'autres auteurs toutefois ne constatent pas de relation entre le régime de coupe et la concentration des substances azotées dans les organes de réserve (Burkey et Weaver 1939, Johnson et Dexter 1939). Sur le trèfle blanc, nous avons observé après chaque coupe une mobilisation des substances azotées dans les stolons et les racines. La teneur baisse beaucoup plus lentement que celle des glucides de réserve. Ainsi après la coupe du 28.5.1959, on ne constate qu'une faible diminution durant les 8 jours qui suivent ; une légère augmentation se manifeste même dans les racines du Ladino. Ce n'est que sur la troisième série d'échantillons, récoltée 22 jours après la coupe, que nous observons les teneurs minimales. La plante avait alors déjà réaccumulé ses glucides. En quantité réelle toutefois, la baisse des protéines brutes est plus brusque (figure 10), par suite de la diminution rapide de la masse des organes de réserve après la coupe. La diminution des substances azotées est nettement moins importante que celle des glucides.

La variété Ladino présente les plus amples variations saisonnières en quantité et Wilkla les plus faibles.

4.4. *Fluctuations des acides organiques*

Les acides organiques sont en général des constituants secondaires (Frey-Wyssling 1949). Chez certaines plantes comme le tabac, il semble toutefois que les acides organiques soient des produits d'origine primaire (Frey-Wyssling et Waltz 1955). Les acides organiques peuvent s'accumuler et persister dans certains organes végétaux (Renault 1955). Selon Fauconneau et Jarrige (1954 et 1957), Fauconneau (1958), la teneur en acides organiques est particulièrement élevée dans les parties aériennes des légumineuses (de 5 % à 8 %) ; les graminées en sont plus pauvres (de 3 % à 6 %). Ces auteurs, ainsi que Davies et Hughes (1954) notent une relation entre les variations de la teneur en acides organiques et l'évolution du rapport feuille/tige. Les acides organiques des feuilles des légumineuses ne sont soumis qu'à de faibles variations, les tiges par contre présentent une diminution avec l'âge. Ely et collaborateurs (1953) notent également une diminution sur les dactyles âgés. Fauconneau et Jarrige (1954) mentionnent que les variations quotidiennes sont faibles et que les différences observées entre prélèvements successifs doivent être principalement attribuées à des différences de croissance.

Les dosages effectués au cours de 1959 sur les parties aériennes, les stolons et les racines du Ladino, rapportés au tableau 14, montrent que les organes verts sont nettement les plus riches en acides organiques. La

Tableau 14

Les acides organiques du Ladino, au cours de 1959

Résultats exprimés en milliéquivalent (mv) par 100 g de substance sèche ainsi qu'en % de la matière sèche. (Le calcul de pourcentage est fait sur la base du poids moléculaire de l'acide malique)

Dates	Racines		Stolons		Feuilles	
	mv	%	mv	%	mv	%
19. 3.	46,0	3,08	57,6	3,86	—	—
27. 4.	45,0	3,01	67,0	4,49	118,0	7,91
28. 5.	<i>45,0</i>	<i>3,01</i>	67,5	4,53	109,5	7,34
5. 6.	42,0	2,82	69,0	4,63	107,0	7,17
12. 6.	38,0	2,55	51,3	3,44	103,0	6,91
19. 6.	42,0	2,82	51,0	3,42	101,0	6,77
30. 6.	48,0	3,22	56,0	3,75	103,0	6,91
17. 7.	42,8	2,87	58,0	3,89	112,0	7,50
17. 8.	<i>42,0</i>	<i>2,82</i>	56,0	3,75	97,0	6,50
1. 9.	51,0	3,41	56,5	3,79	108,0	7,24
15. 9.	46,6	3,12	62,0	4,16	104,0	6,97
9.10.	42,0	2,82	57,0	3,82	90,0	6,03
25.11.	32,8	2,20	48,0	3,22	—	—

(Les résultats imprimés en caractères italiques sont ceux des dosages effectués lors d'une coupe)

teneur des parties aériennes varie entre 6 % et 8 %. La teneur la plus élevée est déterminée sur le premier échantillon récolté à fin d'avril (7,91 %). La teneur baisse légèrement au cours de la saison, le dosage le plus bas est obtenu en octobre (6,03 %). Les jeunes repousses sont en général un peu plus riches en acides organiques que les fourrages âgés. Dans l'ensemble toutefois, les fluctuations sont de peu d'importance.

La teneur en acides organiques des stolons du Ladino varie entre 3 % et 5 %. Les teneurs les plus élevées sont notées d'avril au début de juin (environ 4,5 %), elles baissent durant juillet et août à environ 3,5 %, elles s'élèvent un peu au cours de septembre (4,1 %), baissent ensuite progressivement pour atteindre la teneur la plus basse en novembre (3,22 %).

Les acides organiques sont peu abondants dans les racines (2,2 % à 3,4 %), ils varient assez peu au cours de la saison. A l'exception de l'automne, leur teneur reste assez proche de 3 % avec un minimum de 2,55 % à mi-juin et un maximum de 3,41 % au début de septembre, la teneur baisse ensuite progressivement pour atteindre en novembre un minimum de 2,2 %. Quelques dosages effectués sur les deux autres variétés ont montré que les observations faites sur le Ladino peuvent être généralisées.

DEUXIÈME PARTIE

Essai du Rossberg

5. Influence de 2 régimes de coupe et de la hauteur de la dernière coupe sur le développement du trèfle blanc

5.1. Généralités

Pour déterminer le régime de coupe approprié, il convient selon Koblet (1959) de considérer 3 facteurs: le rendement, la qualité du fourrage et le maintien d'une prairie productive. Les coupes fréquentes permettent de récolter un fourrage de qualité, mais au-delà de certains optima elles entraînent un épuisement de la plante, la prairie s'éclaircit, les rendements baissent.

Plusieurs travaux ont été consacrés à l'étude de l'influence de la fréquence, de la hauteur, du moment de la coupe sur le développement du trèfle blanc. De l'ensemble de ces travaux, il ressort que le trèfle blanc résiste très bien à une coupe fréquente et sévère. Selon un essai de Zwingli et Grundbacher (1958), un régime de 6 à 8 coupes permet d'obtenir sous notre climat des rendements aussi élevés que ceux obtenus avec un régime de 3 à 4 coupes. Brown et Munsell (1941), Tesar et Ahlgren (1950) constatent toutefois qu'un régime de coupes fréquentes et sévères réduit le développement de la variété géante Ladino; les meilleurs résultats sont obtenus avec un régime de 4 coupes annuelles sous les conditions du Wisconsin. Sprague (1952) conseille pour maintenir une forte persistance du trèfle blanc dans les mélanges fourragers d'effectuer la première coupe avant la floraison des graminées, de la répéter ensuite toutes les 3 à 4 semaines et de pratiquer des coupes basses. Brown et Munsell (1956) mentionnent l'effet favorable d'une première coupe assez tardive sur le Ladino, ceci permet aux plantes éprouvées par l'hiver de bien régénérer leurs réserves. Selon ce même auteur, ainsi que Sprague et Garber (1950), les coupes basses favorisent le développement du trèfle blanc Ladino dans les mélanges fourragers. Cette plante est moins affectée que les graminées par les coupes sévères; les graminées accumulent leurs réserves en partie dans la base des tiges (Sullivan et Sprague 1953), (Waite et Boyd 1953), alors que les organes réserve du trèfle blanc échappent presque complètement à la coupe (cf. première partie). En semis pur, Gervais (1959) obtient les rendements les plus élevés avec des coupes effectuées à $1\frac{1}{2}$ pouce plutôt qu'à 3 pouces. Fuelleman (1948) attribue les cas de mauvais hivernage du trèfle blanc Ladino dans l'Illinois à un traitement défavorable au cours de l'automne. Ahlgren et Fuelleman (1950) notent les effets défavorables d'un pâturage automnal sévère sur le développement du Ladino. Sprague et Eby (1948) ainsi que Sprague (1952) conseillent d'effectuer sur les trèfles blancs une dernière

coupe assez haute ; les feuilles et les pétioles restants constituent une bonne protection hivernale, les pertes par soulèvement sont ainsi diminuées.

5.2. Résultats et discussion

5.2.1. Rendements

Les rendements obtenus sur les 3 variétés examinées soumises à 2 régimes de coupe différents durant l'année 1959 sont consignés au tableau 15. D'une manière générale, Wilkla se distingue des 2 autres variétés par son rendement plus faible, en particulier sur les coupes d'automne par suite de la sécheresse.

Tableau 15

Rendements en kg de matière sèche à l'are obtenus durant 1959 avec 2 régimes de coupe
(Hauteur de la coupe environ 6 cm)

4 coupes				7 coupes			
Dates	Ladino	S 100	Wilkla	Dates	Ladino	S 100	Wilkla
25. 5.	31,69	39,48	42,35	25.5.	31,69	39,48	42,35
10. 7.	31,24	28,65	25,24	30.6. et 10. 7.	29,60	29,61	27,50
22. 8.	27,22	24,67	19,93	1.8. et 22. 8.	27,88	27,27	20,31
16.10. ¹	18,26	19,66	11,57	14.9. et 16.10. ¹	10,41	12,75	7,80
Rendement annuel	108,41	112,46	99,09		99,58	109,11	97,96

F entre les variétés = 22,67**

F entre les deux régimes de coupe = pas assuré

¹ Moyenne entre les 2 hauteurs de coupe.

Les différences de rendement entre les deux régimes de coupe ne sont bien marquées que sur les coupes d'automne ; les parcelles soumises au régime de coupe intensif semblent davantage affectées par la sécheresse que les autres (masse des racines moins développée, cf. tableau 16), et fournissent des rendements automnaux plus faibles. Les écarts sur le rendement annuel ne sont toutefois pas significatifs, bien qu'il soit sensiblement marqué sur la variété Ladino.

Tableau 16

Effet de la fréquence des coupes sur le développement des organes de réserve en g de m.s. par 1000 cm²
 Moyenne des 2 hauteurs de la coupe automnale
 (Hauteur de la coupe à l'exception de la coupe d'automne environ 6 cm)

Variété	Ladino			S 100			Wilka			Ø			F		P = 0,05
Nombre de coupes	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7			
Détermination du 21.11.1959	Racines	7,94	5,33	8,21	7,34	5,51	4,83	7,22	5,83	93,10**	0,775				
	Stolons	25,21	13,89	26,52	16,98	19,14	11,46	23,62	14,11	79,05**	3,000				
Détermination du 22.3.1960	Racines	6,01	4,61	6,96	6,40	4,87	4,50	5,95	5,17	11,17*	1,016				
	Stolons	16,97	10,23	19,98	15,52	14,49	10,51	17,14	12,09	110,11**	1,960				

Tableau 17

Effet de la hauteur de la dernière coupe d'automne sur le développement des organes de réserve en g de m.s. par 1000 cm²
 (Moyenne des 2 régimes de coupe)

Variétés	Ladino			S 100			Wilka			Ø			F		P = 0,05
Hauteur des coupes en cm	10	2,5	10	2,5	10	2,5	10	2,5	10	2,5	10	2,5			
Détermination du 21.11.1959	Racines	6,78	6,50	8,42	7,14	5,82	4,53	7,01	6,06	21,16**	0,745				
	Stolons	20,56	18,60	21,43	22,08	18,10	12,50	20,00	17,73	10,76**	2,590				
Détermination du 22.3.1960	Racines	5,57	5,06	7,28	6,08	5,07	4,29	5,97	5,14	26,83**	0,580				
	Stolons	14,37	12,57	19,32	16,04	13,73	11,27	15,81	13,29	61,43**	1,160				

5.2.2. Développement des racines et des stolons

La masse des racines et des stolons a été déterminée le 21.11.1959, soit environ 6 semaines après la dernière coupe d'automne ainsi qu'à la sortie de l'hiver, le 22.3.1960 (tableau 16).

Les deux régimes de coupe ont nettement marqué leur effet sur le développement des organes de réserve. Une diminution notable est observée sur les parcelles soumises aux coupes fréquentes, les écarts entre les deux régimes sont significatifs pour les stolons des trois variétés ainsi que pour les racines de Ladino et S 100. La variété Ladino est la plus éprouvée. Selon Klap (1942), les coupes fréquentes entraînent une forte diminution de la masse des organes de réserve des plantes fourragères, mais parmi celles-ci, le trèfle blanc est le moins affecté. Il est probable que dans notre essai, cette diminution de la masse des racines ait été augmentée par la sécheresse.

La hauteur de la coupe du 16 octobre a eu également une certaine influence (tableau 17). La coupe effectuée à une hauteur de 2,5 cm a entraîné une réduction significative de la masse des stolons et des racines. La croissance des organes de réserve durant l'arrière-automne a été ainsi entravée. L'effet est significatif sur l'ensemble des organes de réserve de Wilkla et les racines de S 100.

Alors que la variété géante Ladino a été affectée avant tout par les coupes fréquentes, la variété courte Wilkla a été davantage marquée par la hauteur de la dernière coupe. La densité du tapis foliaire restant après une coupe de 10 cm ou de 2,5 cm est très différente sur cette variété courte.

Les déterminations effectuées en mars mettent à nouveau en évidence la sensibilité hivernale du Ladino et la bonne résistance au froid de Wilkla (tableau 18). L'hiver a été doux et la mortalité faible. L'effet de la fréquence des coupes et de la hauteur de la coupe sur la masse des organes de réserve constaté en novembre est encore très marqué au printemps. Haffter (1959), Silkett (1937), Smith et Graber (1948) constatent sur le trèfle violet, la luzerne et le Melilot qu'une augmentation de la fréquence des coupes diminue la résistance des plantes à l'hivernage. Nous n'avons pu observer cet effet. La tendance fut même opposée. Nous croyons pouvoir l'attribuer au fait que les coupes fréquentes ont entraîné au cours de l'été la mort des tissus âgés ; les stolons et les racines restants sont jeunes et vigoureux. Tesar et Ahlgren (1950) ne constatent également sur le Ladino aucune corrélation entre la fréquence des coupes et la résistance à l'hiver. Wood et Sprague (1952) rapportent que les coupes durant l'automne n'ont pas d'influence sur la survie des stolons exposés à de basses températures.

La coupe du 16.10. effectuée à 10 cm a été plutôt favorable ; la mortalité hivernale est légèrement plus faible.

Tableau 18

Influence du régime de coupe, de la hauteur de la dernière coupe et de la variété sur la diminution de la masse des organes de réserves en % au cours de l'hiver 1959/1960

Moyenne des 3 variétés	Organes de réserve		Racines		Stolons	
	Moyenne des 2 hauteurs de la coupe automnale	Nombre de coupes au cours de 1959	4	17,6 %	28,0 %	14,0 %
	Moyenne des 2 régimes de coupe	Hauteur de la coupe du 16.10.1959	10,0 cm 2,5 cm	14,8 % 15,2 %	20,9 % 25,0 %	
	Moyenne de tous les procédés de coupe	Variété	Ladino S 100 Wilкла	19,9 % 14,1 % 9,7 %	31,1 % 18,7 % 18,2 %	

5.2.3. Glucides utilisables et substances azotées des organes de réserve

La plupart des plantes fourragères réagissent à la fréquence des coupes par une diminution de la masse des racines et un épuisement de leurs réserves (Klapp 1937; Smith et Graber 1948; Weinmann 1944; Thaine et Heinrichs 1951; Thaine 1954; Haffter 1959). Les trois variétés de trèfle blanc examinées ne présentent qu'une diminution de la masse des stolons et des racines; la teneur en substances de réserve glucidiques et azotées par contre n'a pas été affectée (tableau 19). Ces résultats confirment ceux obtenus sur le Ladino par Tesar et Ahlgren (1950). Une coupe sévère et fréquente n'entraîne aucune diminution de la teneur en glucides utilisables des organes de réserve. Brown (1943), Ahlgren (1938) notent que la teneur en glucides de réserve des rhizomes de *Poa pratensis* est à peu près la même en novembre quel que soit le régime des coupes qui précède.

La hauteur de la dernière coupe qui avait favorisé la croissance des racines au cours de l'arrière-automne semble avoir influencé légèrement la teneur en glucides de réserves (tableau 20). Les parcelles coupées à 10 cm présentent à mi-novembre une teneur en glucides en général légèrement supérieure à celles coupées plus sévèrement. Ces différences sont en moyenne de 0,96 % pour les racines et de 1,40 % pour les stolons. Elles sont donc très faibles, mais marquées sur toutes les variétés. Ces différences sont encore évidentes à la sortie de l'hiver. La teneur en protéines brutes n'a pas été influencée. Sur les échantillons de mars, on note toute-

fois souvent une teneur légèrement supérieure dans les parcelles soumises à une coupe d'automne élevée.

Tableau 19

Influence de la fréquence des coupes sur la teneur en glucides utilisables et en protéines brutes des organes de réserve

(Moyenne des deux hauteurs de coupe automnale)

(Hauteur de la coupe à l'exception de la coupe d'automne env. 6 cm)

Variétés		Ladino		S 100		Wilkla		\emptyset	
Nombre de coupes		4	7	4	7	4	7	4	7
Dates		Teneur en glucides en % de la m.s.							
21.11.59	Racines	23,2	23,2	23,1	23,6	23,1	24,1	23,13	23,63
	Stolons	35,9	35,9	33,9	34,9	34,6	34,7	34,80	35,16
22. 3.60	Racines	10,7	10,8	11,9	12,6	13,0	13,1	11,87	12,17
	Stolons	13,5	12,9	16,7	17,3	18,6	18,0	16,27	16,07
		Teneur en protéines brutes en % de la m.s.							
21.11.59	Racines	15,4	15,1	14,8	14,4	15,4	15,7	15,20	15,07
	Stolons	15,6	15,1	16,5	16,7	16,4	15,6	16,17	15,80
22. 3.60	Racines	18,1	18,4	18,3	19,3	18,7	19,1	18,40	18,93
	Stolons	19,4	18,5	19,7	18,9	19,4	19,3	19,50	18,90

Si la teneur en glucides et en protéines brutes n'a été que peu modifiée par la fréquence des coupes et la hauteur de la dernière coupe, il en est toute autre de la quantité des réserves qui ont suivi les fluctuations de la masse des organes de réserve..

5.2.4. Repousse printanière après le deuxième hivernage

Au printemps 1960, nous avons examiné l'influence des deux régimes de coupe et l'effet de la hauteur de la dernière coupe sur la repousse printanière. De plus, nous avons effectué une analyse botanique de la composition du fourrage. D'une manière générale la variété S 100, qui se caractérisait en mars par une forte masse des stolons et des racines ainsi que par une quantité élevée des réserves, se distingue significativement

par sa bonne repousse (tableau 21). Les deux régimes de coupe n'ont pas eu d'influence significative sur la production brute. Toutefois, les parcelles

Tableau 20

Influence de la hauteur de la coupe d'automne sur la teneur en glucides utilisables et en substances azotées des organes de réserve

Résultats en % de la matière sèche
(Moyenne des 2 régimes de coupe)

Variétés		Ladino		S 100		Wilkla		Moyenne	
Hauteur de la coupe		10	2,5	10	2,5	10	2,5	10	2,5
Dates		Teneur en glucides en %							
21.11.59	Racines	23,8	22,6	23,9	22,8	23,9	23,3	23,86	22,9
	Stolons	37,0	34,8	34,9	33,9	35,2	34,2	35,70	34,3
22. 3.60	Racines	11,6	9,9	12,7	11,9	13,1	13,0	12,47	11,60
	Stolons	13,4	13,0	17,8	16,2	18,6	18,0	16,60	15,73
		Teneur en substances azotées							
21.11.59	Racines	15,2	15,3	14,7	14,5	15,5	15,7	15,13	15,17
	Stolons	15,1	15,6	16,3	16,9	16,1	15,9	15,83	16,13
22. 3.60	Racines	18,0	18,5	19,1	18,5	19,4	18,4	18,83	18,46
	Stolons	19,3	18,7	19,9	18,6	19,6	19,0	19,60	18,76

soumises aux coupes fréquentes furent davantage envahies par le *Poa pratensis* et les plantes adventices. En déduisant de cette production brute la part constituée par les plantes adventices, nous voyons que les rendements en trèfle sont malgré tout marqués par l'effet des différents régimes de coupes. La hauteur de la dernière coupe a influencé significativement les rendements. La coupe à 10 cm a été favorable. Les écarts sont significatifs sur les 3 variétés. Les rendements en trèfle sont également plus élevés. D'une manière générale, cette coupe n'a eu aucun effet sur le développement des plantes adventices. Dans quelques parcelles, nous avons constaté toutefois que le développement du *Poa pratensis* et du *Holcus lanatus* avait été favorisé par la coupe à 10 cm.

Tableau 21

Influence du régime de coupe et de la hauteur de la dernière coupe sur la repousse printanière en seconde année (coupe du 3.5.1960)
(Rendements en kg de m.s. à l'are)

	Variétés	Ladino	S 100	Wilka	Moyenne	F
Nombre de coupes	4	7	4	7	4	7
Rendement brut kg/ares	25,56	25,28	29,25	29,68	27,10	26,4
% de trèfle	63	54	77	69	58	55
Rendement trèfle	16,10	13,65	22,52	20,48	15,72	14,52
Hauteur de la dernière coupe en cm	10	2,5	10	2,5	10	2,5
Moyenne entre les 2 hauteurs de coupe d'automne						
Rendement brut	26,68	24,11	33,05	25,88	28,64	24,87
% de trèfle	58	59	72	74	57	56
Rendement trèfle	15,47	14,22	23,80	19,15	16,32	13,93
Rendement moyen par variété	25,27		29,68		26,40	
Moyenne entre les 2 régimes de coupe						
Rendement brut	26,68	24,11	33,05	25,88	28,64	24,87
% de trèfle	58	59	72	74	57	56
Rendement trèfle	15,47	14,22	23,80	19,15	16,32	13,93
Moyenne entre les 2 régimes de coupe						
Rendement moyen par variété	25,27		29,68		26,40	
F = 35,9** P 0,05 = 2,72 kg						
F = 8,92** P 0,05 = 2,135 kg						

5.3. Conclusion

La résistance du trèfle blanc à la fréquence des coupes est bien connue. Nous avons constaté toutefois qu'une augmentation de la fréquence des coupes, bien qu'elle n'influence que peu le rendement, entraîne une réduction notable de la masse des organes de réserve sans influencer cependant la teneur de ceux-ci en glucides utilisables et en substances azotées. La résistance hivernale n'est pas affectée. Le type géant Ladino est plus sensible à la fréquence des coupes que les deux autres types.

Une dernière coupe d'automne élevée favorise la croissance des organes de réserve au cours de l'arrière-automne et dans une mesure plus faible l'accumulation des réserves durant cette période. Cet effet se marque significativement sur la vigueur de la repousse printanière. Il est plus marqué sur les types courts que sur le type géant Ladino.

Résumé

I

Dans la première partie de ce travail, nous avons suivi au cours de 2 années le développement de 3 types de trèfle blanc; un type géant (variété Ladino), un type intermédiaire (variété S 100) et un type commun (variété Wilkla). Les fluctuations saisonnières des glucides de réserve, des substances azotées et, sur une variété, des acides organiques ont été examinées.

Nous avons pu faire les observations suivantes:

1. La masse des racines, très faible, est sujette à de fortes variations saisonnières: forte réduction hivernale (tout particulièrement durant le premier hiver par suite d'une infection cryptogamique des racines); développement durant toute la saison de végétation, plus particulièrement marqué en automne.
2. La masse des stolons est relativement élevée. Ceux-ci constituent les principaux organes de réserve du trèfle blanc. Les variations saisonnières sont nettement plus fortes que celles des racines: très forte réduction hivernale et croissance estivale et automnale très marquée.
3. Chaque coupe entraîne une diminution de la masse des stolons et des racines.
4. La teneur en glucides utilisables des parties aériennes est peu élevée. La teneur en amidon reste constamment basse. Les réserves glucidiques s'accumulent avant tout dans d'autres organes et échappent ainsi à la coupe.

5. Les glucides accumulés dans les racines et dans les stolons varient plus ou moins parallèlement. On observe une accumulation lente durant l'été et très marquée en automne, une forte diminution hivernale (en particulier pendant le premier hiver), une mobilisation importante et très brusque après la coupe suivie d'une réaccumulation rapide; 3 semaines après la coupe, les réserves mobilisées sont remplacées. Après la coupe, la mobilisation des glucides est, en quantité, nettement plus forte dans les stolons que dans les racines.
6. La vigueur de la repousse printanière des parties aériennes est influencée par les quantités de glucides utilisables encore présents dans les organes de réserve au printemps.
7. L'amidon est le principal des glucides de réserve. Ses variations reflètent celles de l'ensemble des glucides. Toutefois, sous l'effet des froids hivernaux ou de la sécheresse (été 1959), ce glucide se convertit dans une large mesure en saccharose.
La teneur en sucres réducteurs des organes de réserve est basse et ne présente que de faibles variations.
Les coupes entraînent une brusque et forte diminution de la teneur en amidon et en saccharose. L'effet n'est que faiblement marqué sur les sucres réducteurs.
8. La teneur en protéine brute des stolons et des racines varie au cours d'une saison de végétation suivant une large courbe en U avec ses maxima au printemps et en automne. Une diminution en quantité n'est sensible qu'au premier printemps; l'augmentation est lente durant l'été et s'accentue en automne. Au cours de l'hiver, la teneur augmente dans l'ensemble des organes de réserve, mais les quantités accumulées ne varient que peu dans les racines; elles baissent par contre dans les stolons. Les coupes entraînent une diminution momentanée des substances azotées dans les organes de réserve.
9. La teneur globale en acide organique varie au cours d'une saison entre 6 % et 8 % dans les parties aériennes, entre 3 % et 5 % dans les stolons et entre 2,2 % et 3,4 % dans les racines. Les dosages d'automne sont les plus bas.
10. Les 3 variétés examinées présentent dans l'ensemble peu de différences. Nous pouvons mentionner toutefois: la sensibilité hivernale du Ladino (forte mortalité et grosse consommation des réserves), la bonne résistance de Wilkla, le développement particulièrement marqué des organes de réserve du Ladino au cours de l'été et de l'automne accompagné d'une accumulation très intense des réserves et la masse radiculaire relativement élevée de S 100 par unité de surface.

II

Dans la seconde partie de ce travail, nous avons examiné l'effet de 2 régimes de coupe (intervalles de 6 et 3 semaines) et de la hauteur de la dernière coupe d'automne (2,5 cm et 10 cm) sur le développement du trèfle blanc, l'accumulation des réserves et la repousse. Les constatations suivantes ont été faites:

1. Au cours de la première année, les 2 régimes de coupe n'ont pas fourni des rendements significativement différents.
2. Des déterminations effectuées à fin novembre mettent en évidence les points suivants:
 - Le régime de coupe de 3 semaines a réduit significativement la masse des racines et stolons.
 - La teneur en réserves de ces organes n'a pas été influencée par le régime de coupe.
 - La coupe d'automne effectuée à 10 cm a favorisé le développement des organes de réserve au cours de l'arrière-automne.
 - La variété géante Ladino a été davantage entravée par la fréquence des coupes; la variété Wilkla par la hauteur de la dernière coupe.
3. Les déterminations effectuées en mars montrent que tous les écarts constatés en novembre sont encore bien marqués au printemps. La mortalité hivernale a été toutefois légèrement plus faible dans les parcelles soumises aux coupes fréquentes.
4. La coupe d'automne élevée a agi significativement sur le rendement de la repousse printanière.

Le régime de coupe de 6 semaines a influencé favorablement la richesse en trèfle de la repousse.

Zusammenfassung

I

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit haben wir während zweier Jahre die Entwicklung von drei Weißkleesorten, einer hochwachsenden (Ladino), einer mittleren (S 100) und einer niedrigwachsenden Sorte (Wilkla) verfolgt. Wir untersuchten die jahreszeitlichen Schwankungen der Reservekohlehydrate, des Rohproteins und – bei einer Sorte – der organischen Säuren.

Es wurden folgende Beobachtungen gemacht:

1. Die Wurzelmasse ist gering und unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen. Wir stellten während des Winters eine beträchtliche Abnahme, während der Vegetationsperiode und besonders im Herbst dagegen eine Zunahme fest. Die Abnahme war während des ersten Winters infolge einer Pilzinfektion der Wurzeln besonders stark.
2. Die Stolonenmasse ist verhältnismäßig groß; die Stolonen stellen die wichtigsten Reserveorgane des Weißklees dar. Die jahreszeitlichen Schwankungen sind bedeutend stärker als bei den Wurzeln: sehr starker Rückgang im Winter und intensives Wachstum im Sommer und im Herbst.
3. Jeder Schnitt verursacht eine Verminderung der Stolonen- und Wurzelmasse.
4. Der Kohlehydratgehalt der oberirdischen Teile ist gering. Der Stärkegehalt bleibt durchwegs niedrig. Die Reservekohlehydrate haben sich vor allem in anderen Organen angereichert und entgehen somit dem Schnitt.
5. Die in den Wurzeln und Stolonen gespeicherten Kohlehydrate variieren mehr oder weniger gleichartig. Man beobachtet während des Sommers eine langsame, im Herbst eine bedeutende Ansammlung; eine starke Abnahme im Winter (besonders während des ersten Winters), eine rasche und weitgehende Mobilisation nach dem Schnitt, gefolgt von einer raschen Neueinlagerung. Drei Wochen nach dem Schnitt sind die mobilisierten Reserven praktisch wieder ersetzt. Die in den Stolonen angesammelten Kohlehydrate nehmen nach dem Schnitt stärker ab als diejenigen der Wurzeln.
6. Geschwindigkeit und Rippigkeit des Frühjahrs austriebes werden durch die im Frühling in den Reserveorganen noch vorhandene Menge an Kohlehydraten beeinflußt.
7. Die Stärke ist das wichtigste Reservekohlehydrat. Die Schwankungen im Stärkegehalt spiegeln jene des Gesamtgehaltes an Kohlehydraten wider. Unter dem Einfluß der winterlichen Kälte oder der Trockenheit (Sommer 1959) wandelt sich jedoch dieses Kohlehydrat zum Teil in Saccharose um. Der Gehalt an reduzierenden Zuckern in den Reserveorganen ist niedrig und weist nur schwache Variationen auf. Die Schnitte bringen eine sofortige und starke Abnahme des Stärke- und Saccharosegehaltes mit sich. Der Einfluß auf die reduzierenden Zucker ist unbedeutend.
8. Der Rohproteingehalt der Stolonen und der Wurzeln variiert im Laufe einer Vegetationsperiode gemäß einer breiten U-förmigen

Kurve mit den Maxima im Frühjahr und im Herbst. Eine Abnahme der auf die Flächeneinheit bezogenen Menge kann nur im Vorfrühling festgestellt werden; während des Sommers geht die Zunahme langsam vor sich; im Herbst erfolgt eine stärkere Anreicherung. Im Verlaufe des Winters steigt der Gehalt in allen Reserveorganen an; die ange- sammelten Mengen variieren in den Wurzeln nur wenig, sie sinken jedoch in den Stolonen ab. Die Schnitte bewirken eine momentane Abnahme der Rohproteine in den Reserveorganen.

9. Der gesamte Gehalt an organischen Säuren variiert im Laufe einer Saison zwischen 6% und 8% in den oberirdischen Teilen, zwischen 3% und 5% in den Stolonen, zwischen 2,2% und 3,4% in den Wurzeln. Im Herbst wurden die niedrigsten Werte gefunden.
10. Die drei untersuchten Sorten unterscheiden sich im gesamten nur wenig. Zu erwähnen sind immerhin: die geringe Winterfestigkeit des Ladino (hohe Sterblichkeit und starker Reservestoffverbrauch), die gute Resistenz des Wilkla, die besonders kräftige Entwicklung der Speicherorgane des Ladino im Sommer und im Herbst, begleitet von einer intensiven Stoffeinlagerung, sowie die relativ hohe Wurzelmasse von S 100 pro Flächeneinheit.

II

Im zweiten Teil dieser Arbeit haben wir den Einfluß zweier Schnittverfahren (drei- und sechswöchige Intervalle) sowie der Höhe des letzten Schnittes im Herbst (2,5 und 10 cm) auf die Entwicklung des Weißklees sowie auf die Reservespeicherung und den Frühjahrsanstrieb geprüft. Es wurden folgende Feststellungen gemacht:

1. Während des ersten Jahres zeigten sich keine gesicherten Ertragsunterschiede zwischen den zwei Schnittverfahren.
2. Die Ende November ausgeführten Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:
 - Bei dreiwöchigem Schnitt wurde die Masse der Stolonen und Wurzeln herabgesetzt.
 - Der Reservestoffgehalt dieser Organe wurde von der Schnitthäufigkeit nicht beeinflußt.
 - Die Entwicklung der Speicherorgane im Laufe des Spätherbstes war um so besser, je höher der letzte Schnitt geführt wurde.
 - Der hochwachsende Ladino litt mehr unter der raschen Folge der Schnitte, die niedrigwachsende Sorte mehr unter dem scharfen Rückschnitt bei der letzten Futterernte.

3. Die im März ausgeführten Untersuchungen zeigen, daß alle im November festgestellten Abweichungen noch gut erkennbar sind. Die Wintersterblichkeit war in den häufig geschnittenen Parzellen ein wenig schwächer.
4. Der Ertrag des Frühjahraustriebes wurde durch den letzten Schnitt im Herbst (10 cm hoch) vorteilhaft beeinflußt.

Durch die größere Häufigkeit der Schnitte wurde der Kleeanteil des Frühjahrs austriebes herabgesetzt.

Summary

I

In the first part of this work, we examined during 2 years the growth of 3 strains of white clover: a giant type (Ladino), a medium type (S 100) and a common type (Wilkla). We have followed the seasonal variations of the available carbohydrates, sucrose, reducing sugars, nitrogenous substances; on one variety the content of organic acids has been examined as well.

The following results have been obtained:

1. The root weight proved to be very low and showed large seasonal fluctuations. The winter loss was high (especially during the first winter on account of a pathological infection of the roots). Growth is continued during the whole growing season and was particularly intensive in autumn.
2. The weight of the stolons was relatively high. Stolons are the most important storage organs of white clover. The seasonal variations were even greater than those of roots: very high winter losses and very vigorous summer and autumn growth.
3. Each defoliation caused a decrease in the weight of roots and stolons.
4. The available carbohydrate content of the shoot (leaves and petioles) is not very high. The starch content always proved to be low. The carbohydrate reserves are stored in other organs and are thus preserved from defoliation treatments.
5. The available carbohydrate content of roots and stolons shows more or less the same trends: We notice a slow increase during summer, a very intense accumulation in autumn, a great consumption of reserves during the winter (especially during the first winter), a quick and conspicuous decrease after defoliation followed by a rapid reaccumulation. Three weeks after defoliation, the reserves are thus restored to

their previous level. The decrease in the quantity of available carbohydrates after defoliation is more marked in the stolons than in the roots.

6. The spring growth of new shoots is influenced by the quantity of available carbohydrates left in the roots and stolons at the end of the winter.
7. Starch is the principal available carbohydrate in the storage organs. The concentration of starch varies more or less in the same way as the concentration of total available carbohydrates. Under the effect of winter frost or summer drought, however, the starch is partly converted into sucrose.

The concentration of reducing sugars is low, and variations are small. After defoliation, the concentration of starch and sucrose decreases abruptly, whereas the reducing sugars diminish only slightly.

8. The seasonal variations of the total nitrogenous substances of storage organs ($N \times 6.25$) show as far as concentration is concerned a large U-shaped curve with the low point occurring during the summer and maxima in spring and autumn. In quantity, a decrease occurs in the first spring only, followed by a slow increase during summer and a very intensive one in autumn. During winter, the concentration increases both in roots and stolons, but in quantity the nitrogenous substances vary slightly in the roots, while they decrease in the stolons. The defoliation causes a temporary decrease of the nitrogenous substances both in roots and stolons.
9. The organic acid content varied during a growing season between 6% to 8% in the shoot, 3% to 5% in the stolons and 2.2% to 3.4% in the roots.

The lowest contents were found during the autumn.

10. The 3 strains examined do not show a clear difference in behaviour. We may mention, however, the low winterhardiness of Ladino (great injury and important utilisation of storage material), the good winter resistance of Wilkla, the vigorous growth of Ladino's storage organs during summer and autumn accompanied by an intense accumulation of reserves, and the relatively high root weight of S 100.

II

In the second part of this investigation, we examined the effect of two clipping treatments (one with 6- and one with 3-week interval) as well as the effect of the height of the last autumn defoliation (2.5 cm and 10 cm

above ground) on the development of white clover, the storage of reserves and the new growth in spring.

The main results were as follow:

1. In the course of the first year, the yields obtained by the two clipping treatments were not significantly different.
2. Determinations made at the end of November allow the following statements:
 - The clipping at 3-week intervals reduced markedly the root and stolon weight.
 - The reserve content of the storage organs was not influenced by the clipping treatment.
 - The height of the last autumn defoliation influenced favourably the growth of the storage organs during the late autumn.
 - The giant strain Ladino is more strongly injured by frequent clipping, the common strain Wilkla by a close last autumn defoliation.
3. Determinations made in March showed that all the differences observed in November were still evident in spring. The winter injuries were, however, slightly smaller in the plots clipped every three weeks.
4. The last autumn defoliation (10 cm high) influenced favourably the yield of the new growth. Clipping in 3-week intervals caused a decrease of clover percentage.

Bibliographie

- Ahlgren H. L. 1938. J. Amer. Soc. Agron. **30**, 683.
- Ahlgren G. H. and Fuelleman R. F. 1950. Adv. in Agron. **2**, 208.
- Arny A. C. 1932. Tech. Bull. 84, Minnesota Agric. Expt. Sta., p. 28; cit. Troughton (1957).
- Bailey. 1958. J. Sci. Food and Agric. **9**, 743.
- Baker H. K. and Garwood E. A. 1959. J. Brit. Grassld. Soc. **14**, 94.
- Boekholt K. und Heußer W. 1934. Landw. Jahrb., Parey Berlin, **80**, 235.
- Brown B. A. and Munsell R. I. 1941. Storrs Agric. Expt. Sta. Bull. **235**.
- Brown B. A. and Munsell R. I. 1956. Connecticut Agric. Expt. Sta. 2, Bull. **313**, 42; in: Herb. Abst. No. 900, 1957.
- Brown E. M. 1943. Missouri Agric. Expt. Sta. Res. Bull. **350**, 56.
- Bula R. J. and Smith D. 1954. Agron. J. **46**, 397.
- Burkey F. S. and Weaver J. E. 1939. Ecology **20**, 246.
- Buttler F. C. et al. 1959. N.Z.J. Agric. Res. **2**, 415.
- Caputa J. 1956. Rev. romande agr. **12**, 101.
- Davies W. E. 1958. J. Brit. Grassld. Soc. **13**.
- Davies C. W. and Hughes R. B. 1954. J. Sci. Food and Agric. **5**, 200.
- Dedonder R. 1952. In: Peach und Tracey. Moderne Methoden der Pflanzenanalyse, Berlin 1955.
- De Man J. J. et de Heus J. G. 1949. Rec. Trav. Chiv. Pays-Bas **68**, 43.
- Ely R. F., Kane E. A., Jacobson W. C. and Moore C. A. 1953. J. Dairy Sci. **36**, 334.
- Erith A. G. 1924. White Clover (Trif. Repens). A Monograph Druckworth & Co., London 1924; cit. Rudorf W. Hb. Pflzücht. Berlin 1943.
- Fauconneau G. et Jarrige R. 1954. Conf. europ. des herbages, OECE, Paris, p. 302.
- Fauconneau G. 1958. Ann. Agron. **9**, Série A, supp. **1**, 1.
- Frey-Wyssling A. 1949. Stoffwechsel der Pflanzen. Büchergilde Gutenberg, Zürich, p. 211.
- und Waltz P. 1955. Experientia **11**, 178.
- Fuelleman R. F. 1948. Agr. Ext. AG **3**, 1358, 1; cit. Ahlgren and Fuelleman, 1950.
- Gervais P. 1959. Diss. No. 8, 1889, Univ. Wisc. Madison; in: Herb. Abst. 1959, vol. **25**, No. 972.
- Graber L. F. 1927. Univ. Wisc., Agric. Expt. Sta. Res. Bull. **80**.
- Greathouse G. A. and Stuart N. W. 1934. Maryland Agric. Expt. Sta. Bull. **370**, 147.
- Guyer H. 1959. Schweiz. Landw. Monatshefte, Sonderheft zum 60. Geburtstag von Bundesrat Dr. F. T. Wahlen, **37**, 206.
- Haffter A. C. 1959. Diss. Nr. 2877, ETH, Zürich. Untersuchungen über Entwicklung und Reservestoffhaushalt des Rotklees.
- Hodgson H. J. and Bula R. J. 1956. Agron. J. **48**, 157.
- Hulme A. C. 1958. J. Sci. Food and Agric. **9**, 158.
- Humphreys-Jones D. R. 1956. Experiments in Progress **9**, 49.
- Jarrige R. 1954. Conf. europ. des herbages, OECE, Paris, p. 293.
- Iljin W. S. 1957. Ann. Rev. of Plant Physiol. **8**, 257.
- Johnson A. A. et Dexter S. T. 1939. J. Amer. Soc. Agron. **31**, 67.
- Julen G. 1959. Hb. Pflzücht. Parey Berlin, **4**, p. 309.

- Jung G. A. 1959. Diss. Univ. Wisc. Madison; in: Herb. Abst., No. 1275 (1959).
- Kauter A. 1933. Ber. Schweiz. Bot. Ges. **42**, 37.
- Klapp E. 1937. Pflanzenbau **14**, 209.
- 1942. Pflanzenbau **18**, 347.
- 1943. Pflanzenbau **19**, 221.
- und Schulze E. 1957. Z. Acker- u. Pflanzenbau, **104**, 113.
- Kmoch H. G. 1952. Z. Acker- und Pflanzenbau, **95**, 363.
- Knoll J. G. und Hemmerling L. 1941. Der Züchter **13**, 25.
- Koblet R. 1959. Mitt. der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues, Nr. **56**, p. 10.
- Kreitlow K. W. 1949. Phytopath. **39**, 158.
- Laidlow R. A. and Reid S. G. 1952. J. Sci. Food and Agric., **3**, 19.
- McCarty E. C. 1938. Tech. Bull. **598** US Dep. Agric., p. 24.
- McCready R. M. 1950. Anal. Chem. **22**, 1156.
- Møller-Nielsen H. J. and Lysgaard Chr. P. 1956. Royal Vet. and Agr. Coll., Copenhagen, Denmark, Yearbook, p. 77.
- Moran Ch., Sprague V. G. and Sullivan J. T. 1953. Plant Phys. **28**, 467.
- Mukkerjee S. and Srivastava H. C. 1952. Nature **169**, 330.
- Murphy J. 1958. J. Sci. Food and Agric. **9**, 714.
- Nelson M. 1944. J. Biol. Chem. **153**, 375.
- Pucher G. W. and Vickery M. B. 1934. Ind. and Eng. Chem. An. Ed. **6**, 140.
- Remy T. 1923. Landw. Jahrb., Berlin, **58**, 655.
- Renault R. 1955. Chimie agricole, tome 1, chimie végétale, Eyrolles Paris, p. 313.
- Richardson A. and Hulme A. C. 1957. J. Sci. Food and Agric. **8**, 326.
- Ruelke O. C. and Smith D. 1956. Plant Phys. **31**, 364.
- Schuurmann J. J. 1954. Landbouwk Tijdschr. Wageningen **66**, 27.
- Schwendimann F. 1955. Diss. Nr. 2508, ETH, Zürich.
- Silkett et al. 1937. J. Amer. Soc. Agron. **29**, 53.
- Smith D. 1949. Agronomy J. **41**, 230.
- 1950. Plant Phys. **25**, 702.
- and Graber L. F. 1948. J. Amer. Soc. Agron. **40**, 818.
- Somogyi M. 1952. J. Bid. Chem. **195**, 19.
- Sprague M. A. and Eby C. 1948. New Jersey Agric. Expt. Sta. Bull. **736**.
- Sprague V. G. and Garber R. J. 1950. Agronomy J. **42**, 587.
- and Sullivan J. T. 1950. Plant Phys. **25**, 92.
- 1952. 6th Int. Grassld. Congr. Penn. Sta. Coll., p. 443.
- Stewart J. and Bear F. E. 1951. New Jersey Agric. Expt. Sta. Bull. **759**.
- Sullivan J. T. and Sprague V. G. 1943. Plant Phys. **18**, 656.
- — 1953. Plant. Phys. **28**, 304.
- Tesar M. B. and Ahlgren L. 1950. Agron. J. **42**, 230.
- Thaine R. and Heinrichs D. H. 1951. Sci. Agric. **316**.
- 1954. Sci. Agric. **34**, 299.
- Troughton A. 1957. The Underground Organs of Herbage Grasses, Commonwealth Agricultural Bureaux.

- Vez A. 1959. Ann. agricole de la Suisse **8**, 735.
- Waite R. and Boyd J. 1953. J. Sci. Food and Agric. **4**, 197.
- Weinmann H. 1940. J. S. Afr. Bot. **6**, 131; cit. Troughton (1957).
- 1942. J. S. Afr. Bot. **8**, 179; cit. Troughton (1957).
- 1944. J. S. Afr. Bot. **10**, 37; in: Herb. Abst., No. 128 (1945).
- 1947. D. Sc. Thesis Univ. Witwaterstrand; cit. Troughton (1957).
- 1947. Plant Phys. **22**, 279.
- Westbrooks F. E. and Tesar M. B. 1955. Agron. J. **47**, 403.
- Wilkins H. L. 1958. J. Agric. Fd. Chem. **6**, 369.
- Wood G. M. and Sprague M. A. 1952. Agron. J. **44**, 318.
- Wylam C. B. 1953. J. Sci. Food and Agric. **4**, 527.
- 1954. J. Sci. Food and Agric. **5**, 167.
- Yemm E. W. and Willis A. J. 1954. Bioch. J. **57**, 508.
- Young D. J. B. 1958. Brit. Grassld. Soc. **13**, 106.
- Zill L. P. 1956. Anal. Chem. **28**, 1577.
- Zwingli W. und Grundbacher F. 1958. Mitt. f. d. Schweiz. Landw. **6**, 155.