

LA " MÉTHODE COMPLEXE " POUR LA DÉTERMINATION DE LA QUALITÉ ET DE LA VALEUR GLOBALE DES HERBAGES ET DES PRAIRIES TEMPORAIRES

I. — RAISONS ET PRINCIPES DE LA MÉTHODE

IL Y A VINGT OU TRENTE ANS, LE JUGEMENT DE LA QUALITÉ DES PRAIRIES S'EFFECTUAIT SELON DIFFÉRENTS CRITÈRES ET LES MÉTHODES PROPOSÉES PRÉSENTAIENT toutes l'inconvénient majeur de ne pouvoir exprimer cette qualité d'une façon globale, qui aurait permis une comparaison plus objective des différents herbages ou encore des effets de différentes techniques d'exploitation sur une prairie. Un grand pas vers cet objectif fut permis par l'introduction des méthodes synthétiques, basées sur les analyses botaniques, proposées par DE VRIES, 't HART, KRUIJNE (1942) ; TREPP (1950) ; ELLENBERG (1952) ; KLAPP, BOEKER, KONIG, STAHLIN (1953) ; DELPECH (1960) ; KUUM (1963) ; STAHLIN (1971, en collaboration avec nous), ainsi que par certaines modifications des méthodes qui viennent d'être mentionnées (SOSTARIC, KOVACEVIC en 1961 et NIEDERMAIER en 1967, sur la méthode ELLENBERG, VIVIER (1971) et DAGET-POISSONET (1971 et 1972) sur la méthode DELPECH.

*par K. Sostarić-Pisarić
et Joseph Kovacević.*

Dans un premier temps, en 1961, nous nous sommes efforcés de modifier la méthode d'ELLENBERG en introduisant une classe de qualité de plus

(qualité : « très bonne »). La même idée fut proposée plus tard, indépendamment, par NIEDERMAIER (1967). Mais déjà en 1962, nous avons publié les principes d'une nouvelle méthode que nous avons nommée « complexe » puisque nous avons conclu que, même en adoptant d'autres principes, on devait nécessairement envisager le problème de la détermination de la qualité des herbages d'une manière plus complexe.

Dès cette année-là, nous avons pris en considération :

- que la « qualité » doit exprimer uniquement la valeur fourragère des espèces herbagères et non en même temps leur productivité ou leur caractère compétitif ;
- qu'une espèce végétale ne peut pas toujours être considérée comme ayant une valeur fourragère fixe. Chez maintes plantes, celle-ci dépend de leur fréquence pondérale dans la biomasse ;
- que la valeur fourragère d'une espèce n'est pas la même pour les différentes espèces d'animaux domestiques, ni même pour les différentes races ou les différents degrés d'intensité des élevages. Nous avons donc jugé la qualité des espèces végétales du point de vue des exigences des bovins de haute productivité ;
- que la valeur fourragère d'une espèce est souvent différente selon qu'elle est utilisée à l'état vert ou sous forme de foin (ce que seul ELLENBERG avait déjà envisagé) ;
- que la valeur fourragère d'un gazon dépend aussi de la richesse du sol en éléments nutritifs ;
- qu'il ne suffit pas de déterminer la qualité moyenne d'une prairie, mais qu'il faut aussi trouver sa valeur globale (qualité en % \times productivité), exprimée en unités qualitatives.

Plus tard (1963, 1967, 1968, 1970, 1971, 1973), nous avons essayé de corriger la valeur fourragère du gazon, *prenant en considération les différents facteurs extérieurs primaires* qui ont une influence souvent accentuée sur la qualité :

- l'intensité de l'exploitation, c'est-à-dire le stade de développement du gazon au moment de l'utilisation — ce qui est d'une très grande importance ;

- l'influence du milieu ;
- l'influence de la variabilité de la composition botanique du gazon.

C'est seulement avec la publication de notre livre sur la méthode complexe (*) que nous pensons que cette méthode a pris son caractère définitif — donc après treize ans d'études. Elle se distingue d'autres méthodes par maints points de vue et nous nous proposons de les expliquer ci-dessous.

1 a. — Classification qualitative des espèces.

Nous avons tenté d'englober dans notre classification toutes les plantes que l'on trouve dans les herbages, les prairies temporaires, les pâturages forestiers, les maquis, les terres arables, abandonnées, les fossés, les emplacements de la végétation rudérale et, d'une façon générale, partout où le bétail peut les pâturer. Ainsi, notre liste de classification qualitative comprend 970 espèces et même genres (*genus*). En tout : 137 espèces et genres de graminées, 105 de légumineuses, 88 *Cyperaceae*, *Juncaceae*, *Scheuchzeriaceae* et *Juncaginaceae*, ainsi que 640 autres plantes. Trouver dans la littérature mondiale des données sur la valeur nutritive ou sur la toxicité de toutes ces plantes demandait un grand effort. En ce qui concerne la plus grande partie des plantes les moins répandues, ces données sont bien rares et, en de nombreux cas, nous avons dû nous appuyer seulement sur leurs caractères morphologiques. Nous avons envoyé les premières listes de classification aux divers spécialistes pour avoir leur opinion. Notre collaboration fut particulièrement étroite avec A. STAHLIN, expert très compétent dans ce domaine. Ainsi, de 1962 à 1974, de nombreuses corrections purent être faites. Pourtant, nous tenons à souligner que, même dans notre livre de 1974, la classification qualitative des nombreuses espèces doit être considérée seulement comme approximative.

(*) SOSTARIC-PISACIC, K. i KOVACEVIC, J.: « Kompleksna metoda za utvrđivanje kvalitete i sumarne vrijednosti travnjaka i djetelista » (La détermination de la qualité et de la valeur globale des herbages et prairies temporaires par la « méthode complexe », avec résumés détaillés en anglais, russe, français et allemand). Faculté d'Agriculture, Zagreb, 1974, 102 pages.

Autres références : SOSTARIC-PISACIC, K. i KOVACEVIC, J.: « Travnjacka flora i njena poljoprivredna vrijednost » (La flore des herbages et leur valeur agromomique, 443 pages, Znanje, Zagreb, 1968.) (La problématique des analyses chimiques y est également discutée.)

Comme exemple du fait que la valeur fourragère des espèces répandues elles-mêmes peut être contestable, nous citons les relevés les plus récents effectués sur *Trisetum flavescens* qui était, en général, jugée comme une plante de très bonne qualité, surtout dans les régions montagneuses.

Voici à peine une dizaine d'années, une maladie grave fut observée en Autriche et en Bavière, chez les bovins et autres animaux au pâturage, dans les régions montagneuses. Cette maladie se manifeste par une forte calcification du système cardiovasculaire, mais aussi au niveau du poumon et d'autres organes. Les animaux marchent difficilement, perdent du poids, donnent moins de lait, leur stérilité est accrue, la fréquence du pouls augmente — et souvent ils doivent être abattus. La maladie apparaît surtout sur les pâturages fortement fertilisés. DIRKSEN, PLANK, SPIESS, SIMON, HANICHEN, DAMMRICH et DANIEL ont publié, de 1970 à 1974 sept études sur cette « calcinose enzootique » dans la *Deutsche tierärztl. Wochenschrift*. Dans une ferme à Allgäu, 70 % des bovins ont été gravement atteints. Par des essais précis (avec ovins, lapins et rats), ces auteurs ont trouvé que cette maladie était due exclusivement à *Trisetum flavescens* consommé à l'état vert lorsqu'il est présent dans le pâturage avec une fréquence supérieure à 20 % et encore plus lorsqu'il est semé pur. Aucune trace de calcinose ne fut observée sur les animaux qui étaient au même moment sur les parcelles sans *Trisetum*. Les mêmes observations furent faites dans un essai en plaine de Hesse (Giessen), où une variété de *Trisetum* fut cultivée à l'état pur. Après 125 jours de pacage, des ovins furent atteints d'une calcinose extrêmement forte, tandis que d'autres animaux sur des prairies temporaires sans *Trisetum* ou sur dactyle pur restèrent sains. D'après les auteurs (1974), il semble que *Trisetum flavescens* à l'état sec ait un effet beaucoup moins calcinogène. Les auteurs cités ci-dessus pensent que cette maladie n'est pas de date récente. C'est ainsi que nous avons dû corriger dans notre classification la place de *Trisetum flavescens*, considérée comme bonne jusqu'alors.

Un syndrome analogue (« enteque seco ») est connu depuis 1912 en Argentine et postérieurement au Brésil (de BARROS, POHLENZ, SANTIAGO, 1970). Récemment, on a pu en trouver la cause : *Solanum malacoxylon* Sendtner.

6 C'est ainsi que la qualité de quelques graminées, considérées jusqu'à présent comme excellentes (*Phleum pratense*, ssp. *pratense*) ou comme très

bonnes (*Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*) a dû être réduite en cas de fréquence élevée.

Nous avons fait la classification des espèces d'après leur seule qualité (valeur fourragère), tandis que quelques autres méthodes classifient les plantes non seulement d'après leur valeur fourragère, mais en même temps d'après leur productivité — ce qui peut donner à une plante de très bonne qualité une note moindre si elle n'est pas très productive — et vice versa. Notre classification des espèces sert à déterminer la qualité moyenne d'un gazon en multipliant les qualités des espèces qui y sont présentes par leur contribution pondérale (quantitative). L'analyse botanique du point de vue agricole (alimentaire) doit donc être faite en % du poids global et non en se rapportant à la fréquence numérique des espèces. Elle doit nous informer sur la contribution pondérale des espèces qui sont à la disposition des animaux dans le fourrage des prairies. Nous trouvons qu'à ce point de vue la méthode KLAPP-STÄHLIN (1936) « *in situ* » est la plus pratique et la plus rapide.

Alors que les méthodes précédentes classifient les plantes sans tenir compte de la catégorie de bétail, la méthode complexe a, dès 1962, établit une classification de la qualité par rapport aux exigences des races améliorées de bovins. Elle est donc, en ce qui concerne cette classification, beaucoup plus stricte. Seul STÄHLIN (1971) tient également compte des exigences des bovins améliorés. Il évalue les espèces végétales d'une manière encore plus sévère.

Chaque espèce est évaluée soit à l'état vert, soit à l'état de foin, parce que sa qualité change souvent à la fenaison (par exemple chez les *Ranunculaceae*). La méthode d'ELLENBERG (1952) était la seule des méthodes précédentes qui en ait tenu compte. Cependant, dans notre évaluation, nous avons pris en considération le fait que le bétail au pâturage consomme le gazon à l'état plus jeune, tandis que pour le foin il est coupé plus tard.

Alors que les méthodes de DE VRIES, 't HART et KRUIJNE (1942) et de DELPÉCH (1960) ne font pas apparaître, pour les espèces des herbages, des valeurs négatives de qualité, les autres méthodes (excepté STÄHLIN, 1971) évaluent négativement les seules plantes vénéneuses. Par contre, nous avons déjà, en 1962, pris en considération, pour la valeur négative, non seulement la toxicité, mais aussi le contenu d'autres substances indésirables (matières amères, nauséabondes, saponines, huiles étheriques, résines, etc.),

la sensibilité aux maladies cryptogamiques et les caractéristiques morphologiques et anatomiques indésirables : forte pilosité, dentelure des limbes, présence de raphides, incrustations et haut pourcentage de lignine.

Nous distinguons trois classes d'espèces négatives :

1. *Les dépressives* (influence dépressive sur l'utilisation du fourrage par le bétail et éventuellement faible détérioration de la qualité du lait, causée par des dents pointues, une pilosité intense, d'autres caractéristiques morphologiques défavorables, des odeurs et autres substances indésirables, un haut pourcentage de lignine, un effet laxatif, etc.

2. *Les toxiques* (troubles digestifs intenses, maladies qui n'entraînent pourtant pas la mort, détérioration plus accentuée du lait et de la viande, etc.).

3. *Les très toxiques* (maladies graves et danger de mort à cause d'une forte toxicité ou d'infection par des épines très pointues). Il ne faut pas perdre de vue que certaines substances toxiques ont un effet rapide, tandis que d'autres agissent seulement au terme d'une certaine période d'alimentation par suite d'un effet cumulatif.

Les autres méthodes attribuent aux espèces des valeurs spécifiques fixes. Dès 1962, les auteurs ont pris en considération le fait que *bien des espèces perdent de leur valeur fourragère avec l'augmentation de leur fréquence dans le gazon*. Certaines espèces subissent de grands écarts : elles passent même d'un effet médicinal ou diététique, voire même appétissant en cas de présence insignifiante, à un effet toxique en cas d'extension. Ceci est attesté par les nombreuses données de la littérature (KONIG, REYNTENS-ANDRIES, KLAPP et d'autres, surtout STAHLIN) et par l'expérience des éleveurs de bétail. La méthode KLAPP-BOEKER-KONIG-STAHLIN (1953) est la seule des méthodes précédentes qui ait pris ce fait en considération, mais uniquement dans des cas exceptionnels.

Au cours des années, les auteurs ont étendu ce changement de qualité à un nombre considérablement plus élevé de plantes, surtout en collaboration étroite avec A. STAHLIN. En 1971, STAHLIN a publié sa propre classification des espèces végétales, plus stricte que la nôtre, surtout en ce qui concerne les taux de diminution de la qualité en corrélation avec l'augmentation de la contribution quantitative des espèces végétales. D'après lui, cette diminution de la qualité est souvent très rapide.

Nous sommes d'avis qu'il est préférable de classer les variétés améliorées récemment plutôt que les écotypes naturels, dans la mesure où le but de l'amélioration est non seulement d'atteindre une plus grande productivité mais aussi une meilleure valeur nutritive (feuillage plus abondant, haute digestibilité, etc.). Bien sûr, ce n'est pas toujours le cas, surtout chez les variétés anciennes.

Notre classification de la qualité des espèces végétales comprend neuf classes, clairement spécifiées avec leurs coefficients de valeur, comme il apparaît dans le tableau I.

TABEAU I

LES CLASSES DE QUALITÉ ET LEURS COEFFICIENTS DE VALEUR

Qualité	Abréviation	Contribution pondérale	Coefficient de valeur fourragère
1) Excellente	Exc.	—	1,0
2) Très bonne	T.b.	—	0,8
3) Bonne	B.	—	0,6
4) Médiocre	Méd.	—	0,4
5) Mauvaise	Mv.	—	0,2
6) Sans valeur	S.v.	—	0,0
7) Dépressive	Dp.	—	— 0,2
8) Nocive	N.	0,1 - 0,9 %	— 1,0
		1,0 - 1,9 %	— 1,2
		2,0 - 2,9 %	— 1,4
		3,0 - 3,9 %	— 1,6
		4,0 - 4,9 %	— 1,8
		5,0 et plus	— 2,0
9) Très nocive	T.n.	0,1 - 0,9 %	— 2,5
		1,0 - 1,9 %	— 2,8
		2,0 - 2,9 %	— 3,1
		3,0 - 3,9 %	— 3,4
		4,0 - 4,9 %	— 3,7
		5,0 et plus	— 4,0

Les coefficients négatifs des plantes toxiques et très toxiques augmentent en fonction de leur fréquence (pondérale) dans le gazon.

La classification de la qualité est faite (dans la mesure du possible) d'après :

1) La composition chimique. Pourtant, il faut noter que l'analyse est souvent insuffisante pour permettre d'indiquer la valeur nutritive réelle d'un grand nombre de plantes qui se trouvent dans les herbages permanents. Même une analyse très simple sur l'azote n'est pas un indicateur sûr de la teneur en protéines. L'azote non protéique, qui se trouve surtout dans les plantes jeunes ayant reçu des fortes doses d'azote, peut causer de graves troubles digestifs à la pâture. Certaines espèces contiennent des substances azotées toxiques (alcaloïdes, glucosides, NO_3 , NO_2 , substances cyanogènes), quelquefois en quantités dangereuses. Certaines plantes sont très riches en azote, mais soit elles sont toxiques, soit elles ont d'autres propriétés qui les rendent inappétentes (par exemple *Euphorbia cyparissias*, *Ranunculus bulbosus*, *Urtica dioica*, *Carduus arvensis*, *Senecio jacobea*, *Stellaria media*, etc.).

2) La digestibilité.

3) Les expériences empiriques des éleveurs de bétail et les observations sur certaines plantes que les bovins préfèrent ou évitent en pâture — mais avec des réserves faites surtout par KLAPP, STAHLIN et VOISIN. Notons, par exemple, que le bétail est avide des plantes qui contiennent du NaCl. Si de telles plantes sont représentées dans l'herbe en forte proportion, elles deviennent nuisibles puisque la quantité de NaCl dans la ration journalière dépassera 25 à 50 g. Par exemple, *Plantago maritima* contient environ 14 % de NaCl ; d'après STAHLIN, cette espèce devient très nocive si sa contribution dépasse 5 %. On ne peut donc pas toujours compter sur l'instinct des animaux. Le bétail peut même s'accoutumer aux plantes toxiques à tel point qu'il peut en devenir avide.

4) L'appétibilité.

5) La proportion des feuilles et d'autres organes nutritifs par rapport aux tiges, de même que la possibilité de perte des feuilles pendant le séchage du foin.

6) La structure morphologique et anatomique : pilosité, présence d'épines, raideur des tiges, lignine, caractéristiques de l'épiderme et incrustations (spécialement les cristaux pointus et les raphides).

7) La hauteur des plantes, c'est-à-dire la possibilité de saisir les plantes lors du pâturage et pendant la coupe.

8) La durée de la pleine valeur fourragère (souplesse d'exploitation).

9) L'effet diététique et médicinal.

10) La toxicité.

11) La teneur en substances amères, en huiles éthériques et en substances nauséabondes, qui nuisent à l'appétibilité du fourrage et qui entraînent une mauvaise qualité du lait et des produits laitiers (odeur, saveur et couleur indésirables du lait), mènent au caillage du lait ou à la consistance indésirable du beurre ; de même, les substances qui agissent négativement sur la qualité de la viande.

12) La sensibilité aux maladies cryptogamiques qui abîment la saveur et la qualité du fourrage et peuvent même provoquer des maladies graves.

13) L'amélioration de la qualité sous l'influence de la sélection.

14) L'influence spécifique des conditions écologiques sur le changement de la qualité chez quelques espèces végétales.

15) Le changement de la qualité pendant la fenaison : chute des feuilles, diminution de la digestibilité et de la teneur en vitamines, modifications chimiques, d'une part ; destruction de quelques matières toxiques, comme l'anémone chez les *Ranunculaceae* et des matières cyanogènes parmi beaucoup coup d'espèces végétales, d'autre part.

16) Chez maintes plantes, pleines d'épines très pointues ou d'une pilosité accentuée, la classification est plus négative à l'état de foin qu'à l'état vert. Cela provient du fait que le bétail peut les éviter au pâturage (si elles n'y sont pas trop répandues), tandis que cela lui est impossible dans le foin.

Il est donc compréhensible que nous ne pouvions donner ici la liste de classification qualitative des espèces herbagères, puisqu'elle porte sur 970 genres et espèces. Elle se trouve dans notre publication sur la méthode (1974).

1 b. — Influence des facteurs extérieurs sur la qualité des herbages et prairies temporaires.

Tandis que toutes les autres méthodes déduisent la qualité des herbages de la seule composition botanique de ces derniers, *la méthode complexe tient compte également de l'influence de certains facteurs extérieurs qui agissent plus ou moins linéairement sur l'augmentation ou la diminution de la valeur nutritive des herbages.*

Ces facteurs agissent globalement sur la valeur nutritive du gazon pris dans son ensemble. Ce sont :

1) L'approvisionnement du sol en éléments nutritifs (par voie naturelle et par fertilisation) qui a un rôle prépondérant sur la teneur de l'herbe en protéines autant qu'en macro et microéléments ;

2) L'altitude. Le gazon devient plus appétissant avec l'augmentation de l'altitude (la proportion des tiges décroît et celle des feuilles augmente, les tiges deviennent plus fines, l'arôme se développe, etc.).

3) L'humidité du sol. La qualité du gazon diminue d'autant plus que le terrain est plus mouillé et que l'eau y reste plus longtemps. Les parasites du bétail peuvent y jouer un rôle fortement négatif. A l'inverse, les terrains trop secs entraînent (dans une mesure plus faible) un abaissement de la valeur fourragère (carence en P, augmentation de la pilosité, de la teneur en lignine, etc.).

4) La réaction du sol. D'après JUDEL (1965) et STAHLIN (1969), la réaction alcaline et même un pH (en n/KCl) de 6,2 en terres minérales augmentent la stérilité des vaches.

5) L'ombrage (exposition N. et N.E., arbres) a un effet néfaste sur la qualité (augmentation de la teneur en cellulose brute et en azote nitrique). L'herbe qui pousse sous un fort ombrage cause souvent des diarrhées, fractures, et peut entraîner une mortalité des veaux (STAHLIN, 1969).

6) La richesse du gazon en différentes légumineuses et graminées de bonne qualité augmente la teneur en protéines et améliore la composition de celles-ci ainsi que les teneurs en vitamines, hormones, macro et micro-éléments et autres substances qui ont une influence positive sur l'appétit, la digestion, la santé et la fertilité. Plus le nombre de telles espèces est élevé, plus leur influence positive est forte puisque chaque espèce contient des substances spécifiques.

7) D'autre part, d'après maintes données de la littérature (MOTT, SIEBOLD, GRASS), une trop forte diffusion des graminées (écotypes naturels) n'est pas souhaitable à cause de leur haute teneur en cellulose brute et des carences en protéines, éléments minéraux et substances stimulatrices qu'elles présentent. Pourtant, les variétés améliorées constituent des exceptions lorsqu'elles servent aux semis purs de prairies temporaires fortement fertilisées, surtout avec l'azote et l'acide phosphorique, et lorsqu'elles sont intensivement utilisées.

8) Le plus important facteur extérieur qui joue sur la valeur de l'herbe est sûrement l'intensité de l'exploitation. Il est bien connu que la valeur nutritive diminue très rapidement au fur et à mesure de l'évolution physiologique. Cette diminution ne s'effectue pas toujours de la même façon pour les différentes espèces mais, au total, elle est la règle générale pour un gazon. Plus l'utilisation est intensive, plus les fauches ou les pâtures sont fréquentes, plus la digestibilité et la valeur nutritive, surtout en ce qui concerne les protéines, sont élevées. Naturellement, il y a des limites biologiques et alimentaires aux fauches et aux pâtures trop fréquentes. L'accumulation des réserves dans les racines devient déficitaire, les repousses et la productivité en souffrent. En fait, les herbivores exigent seulement que le contenu de cellulose brute ne tombe pas au-dessous d'un minimum. Pour les vaches fortes productrices, ROTH et KIRCHGESER (1972) considèrent que l'optimum pour la pâture est de 24 à 26 %. Par ailleurs, un gazon trop jeune contient une grande partie de l'azote sous forme non protéique. Les taux de quelques substances toxiques peuvent être alors trop élevés ($\text{NO}_3\text{-N}$, HCN).

Tous ces facteurs extérieurs primaires ont, non seulement une forte influence sur le changement de la composition botanique (ce qu'englobent dans leurs calculs toutes les méthodes synthétiques), mais ils ont une aussi grande influence sur la qualité moyenne du gazon. La méthode complexe est la seule qui s'efforce de tenir compte de l'influence des conditions extérieures sur l'évolution de la valeur nutritive du gazon pris dans son ensemble.

Les taux des augmentations et des diminutions causées par ces facteurs extérieurs sont reportés dans le tableau II au chapitre « Correction de l'index fondamental » (2 a).

Au contraire, les facteurs extérieurs secondaires, qui dépendent des conditions imprévisibles et occasionnelles, ne peuvent pas être englobés dans le calcul de la qualité (conditions atmosphériques pendant la fenaison, retards imprévus du pâturage et du fauchage, etc.). De même, cette évaluation ne peut pas englober la pollution du gazon par des parasites, ni par des déjections de l'industrie, ni par les gaz toxiques dans les endroits très industrialisés ou à proximité des autoroutes. Il existe des méthodes analytiques spéciales pour évaluer ces salissements du gazon. L'irrigation par les eaux d'égout, ainsi que l'utilisation de certains herbicides peuvent entraîner une teneur toxique en azote nitrique qui doit alors être déterminée par des méthodes spéciales.

II. — LA QUALITÉ MOYENNE DU GAZON (Q).

La qualité moyenne (Q) exprime la valeur nutritive d'un gazon par rapport (en %) à celle d'un gazon idéal où toutes les espèces auraient une qualité excellente : par exemple une luzerne ou une prairie temporaire de *Lolium perenne* + trèfle blanc, sans autres composants d'une qualité inférieure.

On obtient la qualité d'un gazon (Q) par l'index fondamental corrigé par l'influence des facteurs extérieurs.

2 a. — Index fondamental de qualité (If).

L'index fondamental est basé sur la composition botanique de l'herbe et sur la qualité des espèces qui s'y trouvent.

On obtient cet index en multipliant la somme pondérale des espèces qui appartiennent aux classes de qualités trouvées par leurs coefficients de valeur et en déduisant le total des valeurs négatives du total des valeurs positives. Cet index peut être lui-même négatif.

Index fondamental :

$$\text{If} = (1,0 \text{ Exc} + 0,8 \text{ Tb} + 0,6 \text{ B} + 0,4 \text{ Méd} + 0,2 \text{ Mv}) \\ - (0,2 \text{ dp} + 1,0 \text{ à } 2,0 \text{ n} + 2,5 \text{ à } 4,0 \text{ tn})$$

Si les facteurs extérieurs sont normaux et n'entraînent pas de correction, l'index fondamental représente la qualité moyenne d'un gazon déterminé.

Les conditions extérieures normales qui n'exigent pas la correction de l'index fondamental sont les suivantes :

Un approvisionnement moyen du sol en éléments nutritifs ; une altitude de l'herbage ne dépassant pas 500 m ; l'absence d'extrêmes en ce qui concerne l'humidité du sol ; un pH du sol (en *n*/KCl) compris entre 4,5 et 6,8 ; l'absence d'ombrage ; la participation de cinq espèces au maximum parmi les légumineuses et graminées d'une qualité excellente à moyenne, moins de 80 % de graminées non sélectionnées et une intensité moyenne d'exploitation (prés à deux coupes ou pâturages en rotation, semi-intensifs).

2 b. — Correction de l'index fondamental.

Les coefficients d'augmentation et de diminution de l'index fondamental se trouvent au tableau II.

Si on soustrait la somme négative de la somme positive, on obtient la correction (en %) de l'index fondamental. Par exemple : l'index fondamental

est de 60. Les augmentations causées par facteurs extérieurs sont de + 15 %, les diminutions de — 5 %, la correction nécessaire est de + 10 %.

Dans le cas ci-dessus, $Q = 60 + 10 \% = 66 \%$.

Avec une structure botanique plus ou moins excellente, la qualité moyenne peut même dépasser 100 % si, à côté d'une composition botanique très bonne, d'une grande richesse en éléments nutritifs et d'une exploitation très intense (coupes fréquentes ou strip-grazing), le jeune gazon possède le plus haut pourcentage de digestibilité et contient la plus grande partie des substances alimentaires nécessaires à l'animal.

La qualité de 100 % correspond à un gazon composé seulement de plantes excellentes, mais étant utilisé semi-intensivement sur un sol pourvu médiocrement des éléments nutritifs nécessaires.

La qualité moyenne peut aussi atteindre des valeurs négatives. Un tel herbage ne peut même pas servir à l'alimentation d'un cheptel extensif (pp. 16 et 17, tableaux).

Pour évaluer la qualité moyenne des herbages et des prairies artificielles, une analyse botanique unique est insuffisante. Pour déterminer la qualité moyenne, il faut analyser la composition botanique d'une prairie de fauche pendant une période d'au moins deux ans et au moins deux fois par an, et celle d'une végétation pâturée au moins trois fois par an.

Pour les différents degrés d'intensité des systèmes chez les bovins, les auteurs estiment que *les limites inférieures de qualité* sont les suivantes :

<i>Groupe de bétail</i>	<i>Participation du fourrage des herbages dans la ration quotidienne</i>	
	<i>Basse</i>	<i>Elevée</i>
Vaches laitières de haute productivité	Q = 30 %	Q = 40 %
Elèves et taurillons à l'engraissement	Q = 20 %	Q = 30 %
Bovins extensifs	Q = 15 %	Q = 20 %
Races bovines très extensives	Q = 10 %	Q = 15 %
Uniquement à titre de compensation de la carence en fibres brutes dans l'alimentation à base de concentrés ..	Q = 5 %	—
Autre bétail (moutons, chevaux)	Q = 5 %	Q = 15 %

TABLEAU II
CORRECTION DE L'INDEX FONDAMENTAL

A. — *Augmentation*

1) <i>Richesse du sol en éléments nutritifs</i> (naturelle et par fertilisation) :	<i>Augmentation de :</i>
a) médiocre	0
b) satisfaisante	+ 1 à + 4 %
c) grande	+ 5 à + 12 %
d) très grande	+ 13 à + 15 %
2) <i>Altitude</i> (sauf exposition N et NE) :	
a) jusqu'à 500 m	0
b) de 500 à 1.500 m, pour chaque 100 m au-dessus de 500 m : + 1 %	+ 1 à + 10 %
c) au-dessus de 1.500 m	+ 10 %
3) <i>Diversité du gazon</i> en légumineuses et plantes diverses (herbes) de qualité médiocre à excellente. En ne considérant que les espèces qui dépassent 0,5 % de contribution pondérale :	
a) jusqu'à 5 espèces	0
b) de 6 à 15 espèces, pour chaque espèce au-dessus de 5 : + 0,5 %	+ 0,5 à + 5 %
c) plus de 15 espèces	+ 5 %
4) <i>Intensité de l'exploitation</i> (utilisation) :	
a) prés de fauche à deux coupes par an et pâturages semi-intensifs (six à huit parcelles occupées pendant trois à quatre jours)	0
b) prés de fauche à trois ou quatre coupes et pâturages intensifs (avec séjour de deux à trois jours)	+ 5 à + 15 %
c) fauche plus de quatre fois par an (zéro-grazing) et pâturage rationné avec occupation des parcelles inférieure à deux jours (strip-grazing) et exploitation mixte, très intensive	+ 16 à + 30 %

B. — Diminution

	<i>Diminution de :</i>
1) <i>Approvisionnement déficitaire en éléments nutritifs :</i>	
a) sols pauvres, faiblement approvisionnés	— 1 à — 4 %
b) sols très pauvres ou très déficitaires	— 5 à — 10 %
2) <i>Conditions extrêmes d'humidité ou de sécheresse :</i>	
a) sols humides, frais ou secs	0
b) sols très secs	— 1 à — 3 %
c) conditions semi-désertiques	— 4 à — 5 %
d) terrains mouillés ou inondés	— 1 à — 5 %
e) terrains marécageux	— 6 à — 10 %
3) <i>Ombrage</i> (causé par l'exposition N et NE ou par des arbres) :	
a) sans ombrage ou ombrage insignifiant ou ombrage médiocre dans les régions méridionales ou sèches	0
b) ombrage médiocre, resp. fort ombrage dans les régions méridionales ou très sèches	— 1 à — 5 %
c) ombrage très fort	— 6 à — 10 %
4) <i>Réaction du sol :</i>	
a) pH (en n/KCl) 4,5 à 6,8	0
b) terres très acides ou alcalines (pH au-dessous de 4,5 et au-dessus de 6,8)	— 1 à — 5 %
5) <i>Participation extrêmement forte des graminées</i> (seulement chez les herbages naturels permanents) :	
a) jusqu'à 80 % d'écotypes naturels	0
b) au-dessus de 80 %, soustraire 0,5 % pour chaque pour cent dépassant 80 %)	— 0,5 à — 10 %
6) <i>Exploitation (utilisation) extensive :</i>	
a) prés à une coupe, fauche trop tardive	— 10 à — 20 %
b) pâturages par rotation avec séjour de cinq à dix jours sur une parcelle	— 1 à — 10 %
c) pâturages par rotation avec séjour de plus de dix jours ou pacages (sans cloisonnement)	— 11 à — 20 %
d) pacages très extensifs (rough grazings) et très pierreux ..	— 21 à — 35 %

Un exemple de calcul de la qualité fait l'objet du tableau III.

TABLEAU III
EXEMPLE DE CALCUL DE QUALITÉ
A. — Index fondamental

Espèces	Participation %	Qualité	Somme des classes de qualité (%)	Coefficient	Somme des valeurs
<i>Agrostis alba genuina</i>	6	T.b.	Excellente (Exc.) 19		
<i>Alopecurus pratensis</i>	5	T.b.	1		
<i>Cynosurus cristatus</i> ..	3	B.	2		
<i>Festuca pratensis</i> ...	19	Exc.	5		
<i>Poa pratensis</i>	1	Exc.	1		
	34		28	+ 1,0	+ 28,0
			Très bonne (T.b.) 6		
			5		
<i>Anthoxanthum odorat.</i>	2	Mv.	11	+ 0,8	+ 8,8
<i>Bromus racemosus</i> ..	4	Mv.			
<i>Carex vesicaria</i>	1	S.v.	Bonne (B.) 3		
<i>Holcus lanatus</i>	8	S.v.	3		
	15		4		
			10	+ 0,6	+ 6,0
<i>Lotus corniculatus</i> ..	2	Exc.	Médiocre (Méd.) 2	+ 0,4	0,8
<i>Trifolium pratense</i> ..	5	Exc.	Mauvaise (Mv.) 2		
<i>Trifolium repens</i> ...	1	Exc.	4		
	8		2		
			2		
			10	+ 0,2	+ 2,0
<i>Centaurea jacea</i>	11	S.v.	Sans valeur (S.v.) 1		
<i>Chrysanthemum leuc.</i>	2	S.v.	8		
<i>Daucus carota</i>	2	Méd.	11		
<i>Equisetum palustre</i> .	1	T.n.	2		
<i>Galium mollugo</i>	2	Mv.	4		
<i>Leontodon autumnal.</i>	3	B.	6		
<i>Oenanthe fistulosa</i> ..	1	Dp.	32	0	0,0
<i>Plantago lanceolata</i> ..	4	B.			
<i>Ranunculus acris</i> ...	4	S.v.	Somme positive		+ 45,6
<i>Rumex acetosa</i>	5	N.	Dépressive (Dp.) 1	- 0,2	- 0,2
<i>Stachys offic.</i>	6	S.v.	Nocive (N.) 5	- 2,0	- 10,0
Diverses	2	Mv.	Très nocive (T.n.) 1	- 2,8	- 2,8
			Somme négative		- 13,0
Autres herbes	43				
			Index fondamental de la qualité (I.f.) :		
			45,6 - 13,0 = + 32,6		

B. — Correction de l'index fondamental

	Augmentation %	Diminution %
Fertilité du sol	3,0	—
Altitude : 110 m	—	—
Diversité du gazon : $6 - 5 = 1 \times 0,5$	0,5	—
Intensité de l'exploitation : 3 coupes	5,0	—
Humidité : terrain humide	—	—
Ombrage : sans ombrage	—	—
Réaction du sol : pH (n/KCl) 6,9	—	1,0
Participation des graminées : 48 %	—	—
Somme	+ 8,5	— 1,0

Correction :

8,5 — 1,0 = + 7,5 %.

Qualité (Q) :

$$32,6 + \frac{32,6 \times 7,5}{100} = \underline{35 \%}$$

III. — COMPARAISON AVEC D'AUTRES MÉTHODES

Une comparaison des qualités déterminées par différentes méthodes est donnée au tableau IV. Il s'agit de diverses associations de prés de fauche (à deux coupes) non fertilisés, au nord-ouest de la Croatie, d'après les relevés d'IVANEK (1972).

TABLEAU IV

QUALITÉS MOYENNES DE PRÉS DE FAUCHE NON FERTILISÉS
DU DISTRICT KRIZEVCI
(d'après V. IVANEK)

Association	Nombre de prés	Méthode				
		Ellenberg	Klapp et al.		Stäblin	Complexe
			Abs.	Relat.		
<i>Bromo-Plantaginetum mediae</i>	1	80,2 %	4,85	60,6 %	28,2 %	42,5 %
<i>Arrhenatheretum elatioris</i>	7	76,0 %	5,04	63,0 %	40,3 %	50,9 %
<i>Bromo-Cynosuretum cristati</i>	7	68,3 %	4,46	55,8 %	19,1 %	36,5 %
<i>Deschampsietum caespitosae</i>	5	39,3 %	1,86	23,3 %	— 51,1 %	— 38,2 %
<i>Caricetum tricostato- vulpinae</i>	4	28,0 %	0,89	11,1 %	— ∞	— 97,3 %

« Méthode complexe »

Les différences d'expression de la qualité entre les différentes méthodes sont très grandes. Par la méthode d'ELLENBERG, on trouve les chiffres les plus élevés alors que par la méthode de STAHLIN, on aboutit aux chiffres les plus bas. Les qualités obtenues par la méthode complexe se classent au niveau de celles de STAHLIN et de KLAPP pour les prairies les meilleures, tandis que, pour les prairies marécageuses, elles sont proches de celles de STAHLIN. Les deux méthodes (la complexe et celle de STAHLIN) montrent les différences de qualité les plus évidentes entre les différentes associations et elles seules évaluent négativement les prés marécageux, dont le foin n'est pas utilisable pour l'alimentation.

La contribution quantitative des plantes d'une qualité négative dans les prés marécageux était très élevée, aussi ces prés ont-ils reçu des notes négatives par la méthode STAHLIN et par notre méthode. Pour la moyenne de deux années, les plantes de qualité négative étaient représentées en foin de la façon suivante :

	<i>Deschampsietum caespitosae</i>	<i>Caricetum tricostr.-vulpinae</i>
<i>Deschampsia caespitosa</i>	27,7 %	1,4 %
<i>Carex gracilis</i>	—	20,5 %
<i>Carex vulpina</i>	1,2 %	19,4 %
<i>Juncus effusus</i>	7,6 %	8,1 %
<i>Gratiola officinalis</i>	1,2 %	1,8 %
<i>Oenanthe media</i>	0,1 %	0,6 %
<i>Equisetum palustre</i>	—	3,2 %

Sur onze prés permanents, IVANEK a exécuté des essais de fertilisation pendant deux ans. Les augmentations des qualités moyennes, calculées par différentes méthodes, figurent au tableau V.

TABLEAU V
AUGMENTATION RELATIVE DE LA QUALITÉ MOYENNE
DE ONZE PRÉS PERMANENTS
PAR DIFFÉRENTES MÉTHODES
(d'après IVANEK)

Fertilisation	Méthode		
	Ellenberg	Klapp et al.	Complexe
O	100	100	100
PK	107,5	111,7	146,1
NK	100,9	105,1	114,6
NP	104,9	110,4	137,9
NPK	105,6	111,7	143,7
p.p.d.s 5 %	4,6 °	3,9	15,7
p.p.d.s 1 %	6,0	5,2	21,1

La méthode complexe fait apparaître une augmentation beaucoup plus accentuée que les deux autres méthodes.

IV. — LA VALEUR GLOBALE

Cependant, la qualité seule ne représente pas la valeur globale des herbages et prairies temporaires. Celle-ci s'obtient par la multiplication du rendement par la qualité et elle s'exprime en unités qualitatives (U.Q.).

Unités qualitatives, en q/ha = qualité × rendement effectif (en q/ha/100).

De telle sorte, les rendements des herbages considérés avec leurs qualités tout à fait différentes viennent d'être ramenés à une mesure de valeur unique, puisque l'unité qualitative représente le fourrage d'une composition botanique idéale (avec une qualité = 100 %). Ainsi, deux prairies peuvent avoir la même productivité, par exemple 80 q/ha de foin. Au cas où l'une présente une qualité de 30 % et l'autre une qualité de 75 %, cela signifie que la valeur globale de la première est seulement de 24 q/ha d'unités qualitatives, tandis que l'autre donne 60 q/ha d'unités qualitatives. La valeur globale de la seconde prairie est donc de 150 % plus élevée que celle de la première.

Pour les herbages présentant des qualités négatives, le calcul de la valeur globale est superflu.

*Comme les herbages ont des productivités très différentes et comme leurs qualités varient selon des échelles encore plus grandes (depuis les qualités négatives jusqu'aux très positives), une comparaison objective entre eux n'est possible que si on les réduit au même dénominateur, c'est-à-dire si on les estime à l'aide d'unités qualitatives. Ceci est encore plus important s'il s'agit d'évaluer les effets de différents traitements, surtout dans les travaux de recherche. A titre d'exemple, nous donnons les résultats de deux essais. Au tableau VI, on trouve une comparaison entre une prairie naturelle (*Bromo-Cynosuretum cristati*) et une prairie enssemencée (par STAFA).*

TABLEAU VI
COMPARAISON ENTRE UNE PRAIRIE PERMANENTE
NON FERTILISÉE ET FERTILISÉE
ET UNE PRAIRIE ENSEMENCÉE FERTILISÉE
(cinquième année d'essai)
(d'après STAFA)

	Rendement en foin		Qualité		Valeur globale en unités qualitatives	
	q/ha	relatif	%	relative	q/ha	relative
<i>Bromo-Cynosuret.</i> non fertilisée ...	50,6	100,0	33,8	100,0	17,1	100,0
<i>Bromo-Cynosuret.</i> NPK	145,3	287,2	57,8	171,0	84,0	491,2
Prairie enssemencée NPK	144,7	286,0	76,8	227,2	111,2	650,3

En cinquième année, ces prés, avec une fertilisation identique, donnaient des rendements très élevés, presque équivalents, tandis que leurs qualités et leurs valeurs globales étaient très différentes. L'effet économique de l'ensemencement ne peut être apprécié que par la différence entre les unités qualitatives (27,2 q/ha d'unités qualitatives-foin qui correspondent à peu près à 28 q de foin d'une luzernière excellente).

TABLEAU VII
L'INFLUENCE DE LA FERTILISATION
SUR UNE PRAIRIE PERMANENTE
EN SEPTIÈME ANNÉE D'ESSAI
(d'après SOSTARIC-PISACIC et KOVACEVIC)
Assoc. : *Arrhenatherum elatioris*, fac. *daucosum carotae*

Fertilisation	Rendement en foin		Qualité		Valeur globale en unités qualitatives	
	q/ha	relatif	%	relative	q/ha	relative
0	66,0	100,0	30,5	100,0	20,1	100,0
N ₁ P ₁	68,4	103,6	61,5	201,6	42,1	209,5
N ₁ K ₁	83,1	125,9	39,8	130,5	33,1	164,7
P ₁ K ₁	89,8	136,1	62,3	204,3	55,9	278,1
N ₁ P ₁ K ₁	98,2	148,8	68,9	225,9	67,7	336,8
N ₂ P ₂ K ₂	91,0	137,9	70,8	232,1	64,4	320,4
N ₂ P ₂ K ₁	102,7	155,6	78,4	257,0	80,5	400,5
p.p.d.s. = 5 %..	5,5					
p.p.d.s. = 1 %..	7,8					

Doses pour 1 hectare :

P₁ 80 kg K₁ 100 kg N₁ 50 kg
P₂ 160 kg K₂ 200 kg N₂ 100 kg

Le tableau VII montre les résultats de notre essai de fertilisation en septième année. L'accroissement des rendements n'était pas particulièrement élevé, mais l'effet global de la fertilisation, exprimé par les unités qualitatives, était très net. Chez N₂ P₂ K₂, l'augmentation était de 305 % par

Estimation des herbages

rapport aux parcelles sans fertilisation. La cause principale réside dans l'effet très accentué de la fertilisation sur l'amélioration de la composition botanique de la prairie soumise à l'expérience. Elle avait, dans la variante sans fumure, une mauvaise structure botanique et sa qualité était seulement de... 30,5 %, c'est-à-dire que les 66 q/ha de foin effectivement obtenus correspondaient à la contrevaletur de seulement... 20,1 q/ha d'U.Q. de foin d'une composition botanique excellente. De son côté, le traitement N₂ P₂ K₂ avait amélioré fondamentalement la composition botanique de telle manière que 102,7 q/ha du foin récolté représentaient l'équivalent de... 80,5 q/ha d'unités qualitatives.

En outre, les différentes variantes de la fertilisation ont atteint leur pleine valeur par la détermination des qualités et des valeurs globales. Par exemple, la variante NK a donné un rendement en foin beaucoup plus élevé que la variante NP, mais la variante NK n'a amélioré la qualité que très peu, tandis que la qualité s'est trouvée doublée par la fertilisation NP. De cette manière, la valeur globale de NP est devenue beaucoup plus grande que celle de la variante NK.

Si l'on ne considère que les rendements en foin mesurés effectivement, on arrive à une conclusion contraire et inexacte. Une différence encore plus grande existe entre les valeurs globales des variantes PK et NK. Alors que la variante PK a donné un rendement en foin seulement un peu plus élevé, si l'on considère le rendement exprimé en unités qualitatives, cette variante était beaucoup plus efficace que la variante NK (55,9 : 33,1 q/ha d'unités qualitatives).

Il est donc visible que l'effet de certaines interventions sur les herbages et prairies temporaires ne peuvent pas être compris par la seule détermination des rendements, mais doivent l'être par l'évaluation complexe des effets des différentes mesures (rendements effectifs, changement des compositions botaniques, changement des qualités moyennes et valeurs globales, exprimés en unités qualitatives).

V. — LES EFFETS ÉCONOMIQUES DE DIFFÉRENTES MESURES

A partir des unités qualitatives, on obtient une idée plus correcte de l'effet utile de certaines mesures, par exemple des éléments nutritifs, que par le calcul habituel. Ceci est dû au fait que la qualité des herbages —

très variables — vient d'être ramenée à un même dénominateur : l'unité qualitative. L'aperçu ci-dessous exprime les effets utiles de N, P et K que SOSTARIC-PISACIC avait trouvé sur quelques prés permanents. Il s'agit des effets utiles moyens, obtenus lors des dernières années des essais avec les unités N₁, P₁ et K₁. Les effets utiles en foin sont exprimés : une première fois par le calcul habituel (sans tenir compte de la différence de qualité) et une autre fois par la méthode complexe, où ils sont calculés en unités qualitatives.

	<i>Arrhenatheretum elatioris</i> 7 ^e année de fertilisation		<i>Bromo-Cynosuretum cristati</i> 6 ^e année de fertilisation	
	<i>Calcul habituel</i>	<i>Par les unités qualitatives</i>	<i>Calcul habituel</i>	<i>Par les unités qualitatives</i>
1 kg N	16,8 kg	23,6 kg	16,6 kg	5,6 kg de foin
1 kg P ₂ O ₅ . . .	18,9 kg	43,2 kg	30,2 kg	20,8 kg de foin
1 kg K ₂ O . . .	29,8 kg	25,6 kg	24,4 kg	16,0 kg de foin

Sur la première prairie, les effets utiles exprimés en unités qualitatives (foin d'une structure botanique idéale) étaient considérablement augmentés par rapport au calcul habituel en ce qui concerne P et N, alors qu'en ce qui concerne K l'effet avait un peu diminué ; sur la seconde prairie, l'effet utile était beaucoup plus bas pour tous les éléments nutritifs puisque l'amélioration floristique n'y était pas si accentuée.

Il est donc plus facile d'appréhender la rentabilité de la fertilisation par le calcul à l'aide des unités qualitatives puisqu'on peut se baser sur le prix du foin de la luzerne pure, ne contenant par conséquent que des plantes de qualité excellente.

C'est pourquoi toutes les autres interventions entreprises sur les herbages et prairies temporaires donnent, par la méthode complexe, une idée plus juste de leur effet. Par exemple, une prairie marécageuse peut donner un rendement moyen de 110 q/ha de foin de mauvaise qualité (Q = 20 %). Après l'amélioration par drainage, les rendements peuvent s'abaisser à 90 q/ha, mais avec une qualité sensiblement supérieure (Q = 65 %). Avec les rende-

ments transformés en unités qualitatives, l'effet de l'amélioration devient mesurable. Avant amélioration, cette prairie donnait seulement 22 q/ha alors qu'après l'amélioration elle donnait 58,5 q/ha d'unités qualitatives-foin. Si l'on envisageait seulement les rendements, on arriverait à la fausse conclusion que l'amélioration n'était pas rentable.

Comme une unité qualitative correspond à peu près au fourrage d'une composition idéale ayant une qualité = 100 % (celui des meilleures prairies artificielles ou temporaires, où toutes les plantes seraient d'excellente qualité), les valeurs globales des mesures entreprises se laissent exprimer en contre-valeurs économique, c'est-à-dire en calculs de rentabilité des diverses mesures entreprises.

Karlo SOSTARIC-PISACIC,
Josip KOVACEVIC,
*Professeurs à l'Université,
Faculté d'Agriculture,
Zagreb (Yougoslavie).*