

Variabilité génétique pour la digestibilité de la luzerne : relation avec la production de matière sèche et la proportion de feuilles.

Bernadette Julier, Christian C. Huyghe, C. Ecalle, Vincent Furstoss

▶ **To cite this version:**

Bernadette Julier, Christian C. Huyghe, C. Ecalle, Vincent Furstoss. Variabilité génétique pour la digestibilité de la luzerne : relation avec la production de matière sèche et la proportion de feuilles.. Fourrages, 1998, 154, pp.261-268. hal-02692424

HAL Id: hal-02692424
https://hal.inrae.fr/hal-02692424

Submitted on 13 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Fourrages (1998) 154, 261-268

Variabilité génétique pour la digestibilité de la luzerne : relation avec la production de matière sèche et la proportion de feuilles

B. Julier, C. Huyghe*

Une utilisation plus importante de la luzerne dans la ration des bovins en conditions intensives passe par l'amélioration de sa digestibilité. Au début de la floraison, la luzerne est appétible et bien ingérée, mais sa digestibilité est faible. Les programmes de sélection de la luzerne s'orientent désormais sur l'amélioration génétique de la digestibilité.

RÉSUMÉ

Les variations de la digestibilité de la luzerne ont été étudiées pour 7 variétés en 5 lieux, avec 4 prélèvements au cours de 2 cycles de végétation. La production de matière sèche, le rapport feuilles/tiges, la digestibilité des plantes entières et des tiges ont été analysés. Au cours de la repousse, la digestibilité (plante entière et tiges) et le rapport feuilles/tiges diminuent alors que la production augmente. Des variations de cette évolution liées au lieu, au cycle et à la variété sont identifiables. Au début de la floraison, les corrélations entre production et digestibilité sont non significatives : il est donc possible de combiner production et digestibilité élevées. La digestibilité d'une variété résulte à la fois de son rapport feuilles/tiges et de la digestibilité de ses tiges ; pour être élevée, elle doit combiner favorablement ces deux composantes.

* Avec la collaboration de l'A.C.V.F. Luzerne, et C. Ecalle, V. Furstoss, A. Gilly, J. Jousse, M. Lila et A. Porcheron.

MOTS CLÉS

Composition morphologique, digestibilité, luzerne, *Medicago sativa*, production fourragère, valeur alimentaire, variabilité génétique.

KEY-WORDS

Digestibility, feeding value, forage production, genetic variation, lucerne, *Medicago sativa*, morphological composition.

AUTEURS

I.N.R.A., Station d'Amélioration des Plantes Fourragères, F-86600 Lusignan.

Chez la luzerne, la digestibilité diminue avec l'accumulation de matière sèche (LEMAIRE et ALLIRAND, 1993). KALU et FICK (1983) relient les variations de digestibilité aux stades phénologiques. Cette diminution de la digestibilité de la plante entière résulte de la diminution du rapport feuilles/tiges et de la diminution de la digestibilité des tiges. Cependant, la production de matière sèche n'explique pas à elle seule toutes les variations de digestibilité observées. Les effets du lieu (par l'intermédiaire de l'alimentation hydrique, minérale ou azotée et des températures), du cycle de végétation (par l'intermédiaire des conditions du milieu) et de la physiologie de la plante rendent difficiles l'évaluation de la digestibilité d'une variété.

Il a été montré qu'il existe de la variabilité génétique pour la digestibilité de la luzerne (HEINRICHS *et al.*, 1969 ; BUXTON *et al.*, 1987 ; LENSSEN *et al.*, 1991 ; JULIER *et al.*, 1996) et qu'un progrès génétique est réalisable par sélection pour ce caractère (DEMMENT *et al.*, 1986). Mais ROTILI *et al.* (1992) estiment que les variations de digestibilité ne sont que la conséquence de différences de structure du couvert, et que la variabilité génétique disponible est négligeable.

L'étude a pour but d'évaluer et de comparer la digestibilité de plusieurs variétés pendant leur croissance, dans différents lieux et pour deux cycles de végétation. **Les liaisons entre la digestibilité et la production de matière sèche ou le rapport feuilles/tiges ont été analysées**. Une analyse plus complète des résultats est disponible (JULIER et HUYGHE, 1997).

Matériels et méthodes

Sept variétés ont été étudiées. Europe, Maya et Luzelle sont des variétés françaises de type flamand. Lodi est une variété italienne, moins dormante qu'Europe. Julus, variété suédoise, et Natsuwakaba, variété japonaise, sont assimilées au type flamand. Luisante (auparavant codée 63-28P) est une variété sélectionnée à l'INRA de Lusignan, de type flamand, et de meilleure digestibilité (EMILE et TRAINEAU, 1993).

Avec la collaboration des sélectionneurs privés regroupés au sein de l'Association des Créateurs de Variétés Fourragères, ces variétés ont été semées en parcelles dans **six lieux** en France : Cappelle-en-Pévèle (Nord) par Desprez, Connantre (Marne) par Barenbrug-Tourneur-Recherches, Les Alleuds (Maine-et-Loire) par Limagrain-Genetics, Verneuil-l'Etang (Seine-et-Marne) par Verneuil Recherches, et Montpellier (Hérault) et Lusignan (Vienne) par l'I.N.R.A. Les essais ont été semés en 1994 dans tous les lieux sauf à Lusignan où l'essai a été semé en 1992. Le dispositif était en blocs randomisés avec quatre répétitions. Les parcelles étaient semées à une densité de 20 kg/ha, en lignes écartées de 0,14 à 0,25 m selon les lieux.

Pour quatre des variétés (Europe, Maya, Luisante et Lodi), **quatre prélèvements ont été effectués au cours de chacun des deux premiers cycles de végétation** de 1995, sauf à Lusignan, où seul le premier cycle a été analysé. La taille des prélèvements variait de 0,17 à 0,25 m^2 selon les lieux. Les dates de prélèvements étaient déterminées d'après le stade de développement d'Europe : 20 cm, 40 cm, 60 cm et

début de la floraison. Les prélèvements des deux cycles ont été effectués sur deux parcelles différentes. Pour les trois autres variétés, seul le dernier prélèvement (début floraison d'Europe) a été effectué. Europe, Maya et Natsuwakaba ont eu le même développement phénologique, alors que Lodi, Luisante et Luzelle étaient en retard de trois à cinq jours pour la floraison.

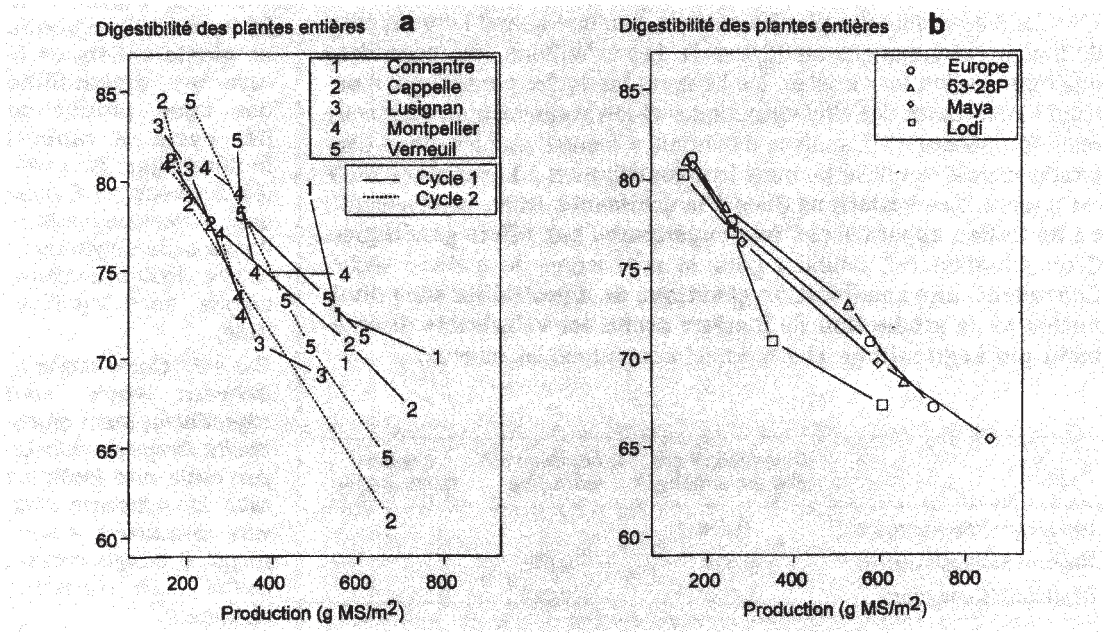
A chaque prélèvement, **la matière sèche a été mesurée. La digestibilité et le rapport feuilles/tiges ont été déterminés**. Sur un bloc par prélèvement et pour toutes les variétés, les feuilles et les tiges ont été séparées, séchées et pesées séparément pour déterminer le rapport feuilles/tiges. Tous les échantillons récoltés ont été broyés (grille de 1 mm) et leurs spectres ont été collectés par spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR). Sur 127 échantillons, une détermination enzymatique de la digestibilité a été réalisée par la méthode *in vitro* avec pepsine et cellulases (Lila *et al.*, 1986). La digestibilité a été prédite en construisant une équation de prédiction d'après des analyses réalisées sur cet essai (R^2 entre la prédiction et la valeur manuelle de 0,96, avec une erreur standard de validation croisée de 1,56). Le rapport feuilles/tiges de l'ensemble des échantillons a été prédit par SPIR, en utilisant une équation déjà existante, et en la validant d'après les 179 valeurs recueillies sur l'essai (R^2 entre la prédiction et la détermination manuelle est de 0,70, avec une erreur standard de prédiction de 0,32).

La digestibilité des tiges a été calculée (DigT), à partir de la digestibilité en plante entière (DigPE) et du rapport feuilles/tiges (FT), en supposant que la digestibilité des feuilles est constante et égale à 90% (Terry et Tilley, 1964) :

$$DigT = \left(DigPE + \frac{90}{1 + 1 / FT} \right) x\ (FT + 1)$$

Figure 1 : **Relation entre la production par cycle de la luzerne et la digestibilité en plante entière, a) pour la variété Europe** (5 lieux et 2 cycles), **b) pour 4 variétés au premier cycle à Cappelle.**

*Figure 1 : **Relationship between lucerne forage production per cycle and whole plant digestibility, a) cultivar Europe** (5 locations, 2 cycles), **b) 4 cultivars in their first growth cycle at Cappelle.***



	Production par cycle (g MS/m²)	Rapport feuilles/tiges	Digestibilité des plantes entières	Digestibilité des tiges
Nombre d'observations	463	461	461	461
Lieu	$9,3\ 10^5$ ***	5,76 ***	178 ***	146 ***
Cycle	$3,3\ 10^5$ ***	2,32 ***	193 ***	19 NS
Lieu x cycle	$0,7\ 10^5$ ***	0,49***	146 ***	326 ***
Prélèvement/lieu x cycle	$4,2\ 10^5$ ***	1,87 ***	562 ***	1 000 ***
Bloc/lieu	$0,2\ 10^5$ ***	0,05 ***	3 NS	20 ***
Variété	$0,3\ 10^5$ ***	0,15 ***	40 ***	158 ***
Lieu x variété	$0,1\ 10^5$ ***	0,09 ***	6 **	13 NS
Cycle x variété	$1,0\ 10^5$ ***	0,06 ***	13 ***	35 **
Variété x prélèvement/cycle x lieu	$0,7\ 10^5$ ***	0,02 ***	4 ***	13 **
Moyenne	379,3	1,15	75,28	60,15
Carré Moyen résiduel	3 782	0,011	2,25	7,56

Seuils de signification : ** : P<0,01, *** : P<0,001, NS : non significatif

TABLEAU 1 : **Analyse de variance pour la production par cycle, le rapport feuilles/tiges, la digestibilité des plantes entières et la digestibilité des tiges pour 4 variétés de luzerne** (5 lieux, plusieurs prélèvements au cours de 2 cycles de végétation ; les carrés moyens sont présentés avec leur seuil de signification).

*TABLE 1 : **Analysis of variance of forage production per cycle, of leaf/stem ratio, of whole plant digestibility, and of stem digestibility** for 4 lucerne cultivars grown in 5 locations with several samples taken during 2 growth cycles (mean squares shown with level of significance).*

L'évolution de la digestibilité a été analysée en relation avec la production de matière sèche. Les données des Alleuds ont été exclues car une seule répétition était disponible. Les corrélations entre les caractères ont été calculées soit en considérant quatre variétés avec quatre prélèvements, dans les cinq lieux et pour les deux cycles, soit en ne considérant que le prélèvement du stade de début floraison, pour sept variétés dans les cinq lieux et pour les deux cycles.

Résultats et discussion

Au cours de la croissance

La digestibilité des plantes entières diminue quand la production de matière sèche augmente (figure 1). Les évolutions sont cependant différentes selon les variétés, les lieux ou les cycles considérés, montrant l'importance des effets génétiques et environnementaux sur cette relation (tableau 1). L'analyse de variance montre que les effets d'interaction sont significatifs, mais leur contribution à la variation totale est minime. **Les variations dues à la croissance** (effet "prélèvement") **ou au milieu apparaissent très supérieures aux effets génétiques.** Cette situation est similaire pour la production de matière sèche. **Cependant, une amélioration génétique de digestibilité sans diminution de la production de matière sèche est valorisable directement par l'agriculteur**, et s'exprimera dans tous les milieux.

	Digestibilité des plantes entières	Production MS par cycle	Rapport feuilles/tiges
Production MS par cycle	- 0,808		
Rapport feuilles/tiges	0,868	- 0,851	
Digestibilité des tiges	0,906	- 0,627	0,620

TABLEAU 2 : **Corrélations** (r) **entre digestibilité en plante entière de la luzerne, digestibilité des tiges, production par cycle et rapport feuilles/tiges** (4 variétés cultivées en 5 lieux avec 4 prélèvements et 2 cycles de végétation ; n=124 ; toutes les corrélations sont significatives).

*TABLE 2 : **Correlations** (r) **between whole plant digestibility, stem digestibility, forage production per cycle and leaf/stem ratio for 4 lucerne cultivars** (5 locations, 4 samplings, 2 growth cycles ; n=124 ; all correlation significant).*

TABLEAU 3 : **Analyse de variance pour la production, le rapport feuilles/tiges, la digestibilité des plantes entières et la digestibilité des tiges de luzerne au début de la floraison** (7 variétés, 5 lieux, 2 cycles de végétation ; les carrés moyens sont présentés avec leur seuil de signification).

*TABLE 3 : **Analysis of variance of forage production, of leaf/stem ratio, of whole plant digestibility, and of stem digestibility at early flowering stage for 7 lucerne cultivars** (5 locations, 2 growth cycles ; mean squares shown with level of significance).*

	Production par cycle (g MS/m²)	Rapport feuilles/tiges	Digestibilité des plantes entières	Digestibilité des tiges
Nombre d'observations	205	204	204	204
Lieu	38 10^4 ***	3,05 ***	492 ***	595 ***
Cycle	57 10^4 ***	1,22 ***	531 ***	327 ***
Lieu x cycle	19 10^4 ***	0,13 ***	43 ***	20 **
Bloc/lieu	1 10^4 **	0,03 **	4 NS	11 **
Variété	4 10^4 ***	0,09 ***	15 ***	54 ***
Lieu x variété	3 10^4 ***	0,01 NS	3 NS	6 NS
Cycle x variété	2 10^4 **	0,03 NS	2 NS	12 *
Variété x cycle x lieu	1 10^4 NS	0,02 NS	5 *	8 NS
Moyenne	538,6	0,805	69,32	53,59
Carré Moyen résiduel	6 224	0,015	2,7	5,0

Seuils de signification : * : P<0,05, ** : P<0,01, *** : P<0,001, NS : Non Significatif.

La digestibilité en plante entière est corrélée négativement à la production de matière sèche et positivement au rapport feuilles/tiges (tableau 2). La production de matière sèche et le rapport feuilles/tiges sont corrélés négativement. Ces corrélations sont en accord avec ce qui est connu chez la luzerne. La digestibilité des tiges est très corrélée à la digestibilité en plante entière, corrélation peut-être amplifiée par le mode d'évaluation par calcul de la digestibilité des tiges.

Au stade début floraison

Les sept variétés ont été utilisées pour cette analyse.

Pour les caractères mesurés, l'analyse de variance (tableau 3) montre que **les différences entre variétés sont significatives**. L'ampleur des variations liées au milieu (lieu et cycle) leur sont cependant supérieures. **Les interactions entre variétés et conditions du milieu sont soit non significatives, soit contribuent faiblement à la variation totale**.

Certaines corrélations diffèrent selon qu'on prend en compte la croissance ou non (tableau 4 comparé au tableau 2). A une date de récolte normale, les corrélations entre la production de matière sèche et le rapport feuilles/tiges, et entre la production de matière sèche et la digestibilité des tiges sont plus faibles que lorsque la croissance intervient. De la même façon, **les corrélations observées entre la digestibilité des plantes entières et la production de matière sèche quand on tient compte de la croissance ont disparu à date de récolte normale**.

TABLEAU 4 : **Corrélations** (r) **entre digestibilité en plante entière, digestibilité des tiges, production et rapport feuilles/tiges au début de la floraison de 7 variétés de luzerne** (cultivées en 5 lieux et pour 2 cycles ; n=57).

*TABLE 4 : **Correlations** (r) **between whole plant digestibility, stem digestibility, forage production and leaf/stem ratio at early flowering stage for 7 lucerne cultivars** (5 locations, 2 growth cycles ; n=57).*

	Digestibilité en plantes entières	Production MS par cycle	Rapport feuilles/tiges
Production par cycle	NS		
Rapport feuilles/tiges	0,760	- 0,487	
Digestibilité des tiges	0,638	0,296	NS

Toutes les corrélations sont significatives sauf celles indiquées NS

Variété	Digestibilité plante entière	Digestibilité des tiges	Rapport feuilles/tiges	Production (g MS/m²)
Europe	68,52	54,10	0,71	586
Julus	68,24	53,55	0,70	517
Lodi	69,30	52,67	0,84	486
Luzelle	68,28	52,91	0,73	536
Maya	68,96	53,83	0,77	543
Natsuwakaba	67,73	50,02	0,82	468
Luisante	70,08	54,68	0,81	522
Ecart-type résiduel	1,65	2,23	0,12	79

TABLEAU 5 : **Moyennes de la digestibilité en plante entière, de la digestibilité des tiges, du rapport feuilles/tiges et de la production par coupe au début de la floraison de la luzerne** (7 variétés cultivées en 5 lieux et pour 2 cycles).

*TABLE 5 : **Mean values of whole plant digestibility, stem digestibility, leaf/stem ratio and forage production per cycle at early flowering stage of lucerne** (7 cultivars, 5 locations, 2 cycles).*

En moyenne dans les conditions étudiées, les sept variétés montrent des différences de digestibilité allant jusqu'à 3 unités de pourcentage (tableau 5). Ces différences ne peuvent pas être reliées à des différences de stades phénologiques. **La variété la plus digestible est Luisante, qui combine un rapport feuilles/tiges élevé et une bonne digestibilité des tiges**. La variété japonaise Natsuwakaba est la moins digestible, à cause d'une faible digestibilité des tiges, et malgré un rapport feuilles/tiges élevé. La variété Europe présente un rapport feuilles/tiges faible, mais sa digestibilité des tiges élevée permet d'obtenir une digestibilité en plante entière acceptable.

Conclusion

L'évolution de la digestibilité de la plante entière de luzerne au cours d'un cycle de végétation est toujours dans le sens d'une diminution, mais des variations non négligeables sont observées selon le lieu, le cycle et la variété. Cependant, les interactions entre les variétés et les conditions du milieu (lieu, cycle) sont de faible importance. La production en matière sèche aérienne et le rapport feuilles/tiges expliquent en partie, mais en partie seulement, les variations de digestibilité de la plante entière. Il est ici impossible de savoir si, au cours de la croissance, les différences de digestibilité sont reliées à des différences de stade ou à des différences de production de matière sèche. Cependant, l'éleveur est directement intéressé par la production de matière sèche et par la qualité de sa production, le stade n'étant qu'un repère du développement de la culture. Les différences de digestibilité en plante entière entre les variétés sont liées à la fois à des différences de rapport feuilles/tiges et à des différences pour la digestibilité des tiges. Cette digestibilité des tiges semble indépendante de la biomasse de tiges accumulée. L'existence d'une relation entre la structure morphologique des tiges et leur digestibilité (ROTILI *et al.*, 1992) n'est pas prouvée ici.

A un stade normal de récolte, des différences génotypiques sont observées, Luisante confirmant sa meilleure digestibilité et la variété japonaise Natsuwakaba étant particulièrement moins digestible. La différence moyenne de digestibilité entre ces deux variétés est de 3 unités de pourcentage.

Les travaux d'amélioration génétique de la digestibilité de la luzerne devront donc s'attacher à **combiner une digestibilité des tiges et un rapport feuilles/tiges élevés avec une production de matière sèche élevée. L'existence d'une variabilité génétique pour ces caractères permet de penser que des progrès encore plus significatifs devraient être possibles**. Des travaux sur la génétique des caractères impliqués dans la digestibilité des plantes entières doivent être menés, pour pouvoir proposer les méthodes de sélection les plus efficaces.

Accepté pour publication, le 24 mars 1998

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BUXTON D.R., HORNSTEIN J.S., MARTEN G.C. (1987) : "Genetic variation for forage quality of alfalfa stems", *Can. J. Plant Sci.*, 67, 1057-1067.

DEMMENT M.W., TEUBER L.R., BOURQUE D.P., PHILLIPS D.A. (1986) : "Changes in forage quality of improved populations", *Crop Sci.*, 26, 1137-1143.

EMILE J.C., TRAINEAU R. (1993) : "Effet de la variabilité génétique sur la digestibilité *in vivo* de la luzerne", *Fourrages*, 134, 251-254.

HEINRICHS D.H., TROELSEN J.E., WARDER F.G. (1969) : "Variation of chemical constituents and morphological characters within and between alfalfa populations", *Can. J. Plant Sci.*, 49, 293-305.

JULIER B., GUY P., CASTILLO-ACUNA C., CAUBEL G., ECALLE C., ESQUIBET M., FURSTOSS V., HUYGHE C., LAVAUD C., PORCHERON A., PRACROS P., RAYNAL G. (1996) : "Genetic variability for pest resistance and forage quality in perennial diploid and tetraploid lucerne populations (*Medicago sativa* L)", *Euphytica*, 91, 241-250.

JULIER B., HUYGHE C. (1997) : "Effect of growth and cultivar on alfalfa digestibility in a multi-site trial", *Agronomie*, sous presse.

KALU B.A., FICK G.W. (1983) : "Morphological stage of development as a predictor of alfalfa herbage quality", *Crop Sci.*, 23, 1167-1172.

LEMAIRE G., ALLIRAND J.M. (1993) : "Relation entre croissance et qualité de la luzerne : interaction génotype-mode d'exploitation", *Fourrages*, 134, 183-198.

LENSSEN A.W., SORENSEN E.L., POSLER G.L., HARBERS L.H. (1991) : "Basic alfalfa germplasms differ in nutritive content of forage", *Crop Sci.*, 31, 293-296.

LILA M., BARRIÈRE Y., TRAINEAU R. (1986) : "Mise au point et étude d'un test enzymatique de la digestibilité de fourrages pauvres ou riches en amidon", *Agronomie*, 6, 285-291.

ROTILI P.P., VELENTINI P., BERARDO N., ZANNONE L. (1992) : "Stratigraphical analysis of experimental lucerne meadow", P. Rotili & L. Zannone (Eds), *The future of lucerne biotechnology, breeding and variety constitution, Proc. X^th Int. Conf. Eucarpia Medicago*, ISCF, Lodi, 466-473.

TERRY R.A., TILLEY J.M.A. (1964) : "The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an *in vitro* procedure", *J. Brit. Grassland Soc.*, 19, 363-372.

SUMMARY

Genetic variation for digestibility in lucerne : relationship with forage production and leaf proportion

The use of lucerne as a forage for highly productive cattle implies the improvement of its energy value, i.e. its digestibility. The decrease in digestibility during growth is well-known in lucerne, but the influence of genetic variation and environment on these changes is less documented. Seven cultivars were studied in five locations, with four samplings during two regrowth cycles. During growth, whole plant and stem digestibilities and leaf/stem ratio decreased while forage yield increased. Variations in this negative relationship between yield and digestibility were observed, due to location, cycle and cultivar. At the beginning of flowering, no significant correlation between forage yield and digestibility was found, thus indicating the possibility to combine high yield and high digestibility. Whole plant digestibility results from both leaf/stem ratio and stem digestibility. A high digestibility is only achieved by a favourable combination of these two factors. Thus breeding for higher digestibility in lucerne implies the evaluation of leaf proportion and stem digestibility, in addition to that of whole plant digestibility. On average among the seven cultivars studied, the difference in digestibility between the two extreme varieties was of 3 units of percentage.