

Cet article de la revue **Fourrages**,  
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données  
et pour vous abonner :

**[www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org)**

# Effet de la densité d'arbres sur l'évolution du rendement et de la qualité du couvert herbacé d'une prairie permanente au cours du deuxième cycle de végétation

D. Andueza<sup>1</sup>, A. Guittard<sup>2</sup>, J. Pourrat<sup>1</sup>, M. Bernard<sup>2</sup>, C. Béral<sup>3</sup>, F. Picard<sup>1</sup>

Dans le cadre du sylvopastoralisme, la connaissance de la quantité et de la qualité du fourrage disponible pour les animaux est une étape clé. Dans cette étude on présente les résultats de la biomasse et de la qualité d'une prairie permanente au cours du deuxième cycle de végétation sous l'influence de trois densités de surface arborée.

## RESUME

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de la présence d'arbres sur le rendement, le stade phénologique et la valeur nutritive d'une prairie permanente au cours du deuxième cycle de végétation. Trois parcelles avec des densités d'arbres différentes ont été utilisées (0, 60 et 150 arbres/ha). Des prélèvements sur les prairies ont été réalisés tous les 15 jours entre le 25 juillet et le 27 octobre 2017. Aucune différence significative entre prairies n'a été observée pour le rendement, la note de stade phénologique et la valeur nutritive. L'effet de l'ombrage sur le couvert végétal n'a pas eu d'effet ni sur le rendement, ni sur la valeur nutritive de l'herbe des prairies permanentes au cours du deuxième cycle de végétation.

## SUMMARY

**Does tree density affect grass yield and quality in a permanent grassland during the second growth cycle?**

The objective of this study was to evaluate the effect of tree occurrence and density on grass yield, phenological stage (SMP), and nutritional value during the second grassland growth cycle. Three plots with different tree densities (0, 60, and 150 trees/ha) were used. Plots were sampled every 15 days between July 25 and October 27, 2017. The plots did not differ in grass yield, SMP, chemical composition (i.e., various measures), or nutritional value. No differences between data sampling were found for yield, smp, and cell wall content. Furthermore, tree occurrence had no effect on grass nutritional value across the second growth cycle.

La présence d'arbres sur une parcelle modifie l'intensité de la radiation solaire au niveau de la strate herbacée, ce qui peut jouer sur le rendement en biomasse et sur la qualité de l'herbe. Cette influence s'exerce plus spécifiquement sur la morphogénèse des plantes mais aussi sur la composition chimique des fourrages issus de ces prairies. Ces effets varient selon le type de plantes et selon le degré d'ombre auxquels la prairie est soumise. Ils dépendent aussi des conditions météorologiques et de la saison durant la période de croissance.

L'objectif de cette expérimentation est donc, d'évaluer l'influence **de la densité d'arbres sur la**

**productivité, et sur la qualité de la ressource prairiale au cours du deuxième cycle de végétation.**

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Dispositif expérimental

Un dispositif composé de 3 parcelles d'un ha chacune, situé à Saint-Genès Champanelle, dans le Puy de Dôme (Latitude N 45°43' / Longitude E 3°01' / Altitude : 878 m) a été utilisé. L'expérimentation a duré deux ans (2016 et 2017), mais, en 2016 les parcelles n'ont pas été prélevées car il n'y a pas eu de pousse suffisante de l'herbe et cela dès le mois de juin. Une des

## AUTEURS

1 : INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès Champanelle, [donato.andueza@inrae.fr](mailto:donato.andueza@inrae.fr)

2 : INRAE, UE Herbipôle, 63122 Saint-Genès Champanelle

3 : AGROOF SCOP, 19 rue du Luxembourg 30140 Anduze

**MOTS-CLES** : Agroforesterie ; arbre ; prairie permanente ; composition chimique ; valeur nutritive ; digestibilité cellulase ; matières minérales ; matières azotées totales ; parois cellulaires ; lignocellulose ; lignine ; stade phénologique

**KEY-WORDS** : Agroforestry, tree, permanent grassland, chemical composition, nutritional value, cellulase digestibility, mineral content, crude protein content, cell walls, lignocellulose, lignin, phenological stage

**REFERENCE DE L'ARTICLE** : Andueza D., Guittard A., Pourrat J., Bernard M., Béral C. & Picard F. (2020) : «Effet de la densité d'arbres sur l'évolution du rendement et de la qualité du couvert herbacé d'une prairie permanente au cours du deuxième cycle de végétation ». *Fourrages*, 242, 19-23

parcelles n'avait pas d'arbres (A0) tandis que les autres parcelles présentaient une densité de 60 (A+) et 150 arbres/ha (A++) (merisiers (*Prunus avium* L.) et érables (*Acer campestre* L.) âgés de 20 ans implantés avec un espacement régulier dans les parcelles. Le niveau d'ombrage des parcelles était de 0%, 40% et 84% pour respectivement A0, A+ et A++. Ces valeurs ont été obtenues à partir de l'estimation de la surface occupée par les houppiers par rapport à la surface de chaque parcelle. Le traitement des images satellitaires a été réalisé à l'aide du logiciel ImageJ. Au premier cycle de végétation, la parcelle A0 était caractérisée par des proportions élevées d'*Agrostis capillaries* L. (31% de la biomasse totale), *Festuca rubra* L. (30 %) et *Lolium perenne* L. (25 %) tandis que pour A+ les principales espèces étaient *A. capillaries* (51 %) et *Trisetum flavescens* L. (17 %). La parcelle A++ présentait des proportions élevées d'*A. capillaries* (21 %), *F. rubra* (11 %), *Holcus lanatus* L. (25 %), *Arrhenatherum elatius* L. (25 %) et *L. perenne* (10 %).

Des données climatiques ont été obtenues dans une station météorologique proche (100 m) et la somme de températures pour chaque date de prélèvement a été calculée.

## 1.2. Prélèvements et détermination du stade phénologique du fourrage

Sur chaque parcelle, 3 zones en défens (10 x 2,5 m) ont été installées de façon aléatoire dans les parcelles avant le début de l'expérimentation. Une partie de chaque zone en défens a été fauchée les 15 juin 2016 et 2017 simulant la coupe de printemps. Cette zone a ensuite été prélevée toutes les deux semaines entre le 25 juillet et le 27 octobre 2017 (7 prélèvements ; 684, 914, 1154, 1357, 1484, 1670 et 1890 degrés jours calculés selon la méthode de Theau et al. (2008)). Chaque prélèvement consistait en un échantillonnage sur une ligne de 2 m de longueur et de 0,10 m de largeur à l'aide d'une mini tondeuse.

Après pesage, une partie des échantillons a été congelée pour la détermination du stade phénologique et le reste a été séché à 60°C pendant 72h. Sur les sous-échantillons congelés, la détermination du stade phénologique a été réalisée sur 75 talles de graminées choisies au hasard selon la méthode de Moore et al. (1991) adaptée par Andueza et al. (2019). Chaque talle a été classée selon son stade de développement et après la pesée de l'échantillon sec de chaque stade, le stade moyen a été calculé selon la formule  $SMP = \sum (C_i D_i) / D$ , où  $C_i$  est le code de chaque stade (1,5=Végétatif : développement des feuilles; 2,5=Élongation de la tige; 3,5=Émergence de l'inflorescence ; 4= Caryopse visible),  $D_i$  est le poids total sec des tiges classées dans un stade  $i$ , et  $D$  est le poids total sec de toutes les tiges.

## 1.3. Analyses chimiques et biologiques

Les sous-échantillons séchés ont été broyés à la grille de 1 mm et ensuite analysés pour les matières minérales et matières azotées totales (AOAC, 1990), les parois cellulaires (NDF) (Van Soest et al., 1991) et la digestibilité cellulase de la matière sèche (dcell) (Aufrère et Michalet-Doreau, 1983). Les analyses ont été réalisées par spectrométrie proche infrarouge (SPIR) en utilisant les modèles obtenus par Andueza et al. (2011) et Andueza et al., (2016). Quinze échantillons ont été dosés par les méthodes chimiques afin de valider les prévisions SPIR.

## 1.4. Analyses statistiques

Les données de composition chimique, digestibilité de la matière organique et celles obtenues pour la note de stade phénologique ont été traitées par analyse de variance selon la procédure « proc Mixed » du logiciel SAS (1990). Un modèle en mesures répétées a été utilisé en prenant en compte les effets du type de prairie, de la date de prélèvement et des répétitions.

## 2. Résultats

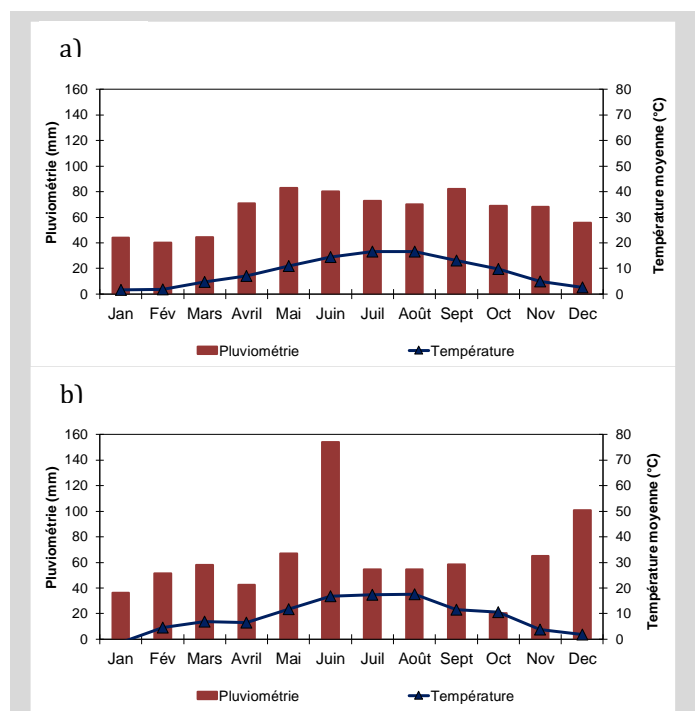


FIGURE 1 : Pluviométrie mensuelle et température moyenne mensuelle de l'année 2017 (a) et de la moyenne entre 1986 et 2019 (b)

Figure 1 : (a) Monthly rainfall and mean temperature in 2017 and (b) mean variable values for the period from 1986 to 2019

Les données de pluviométrie et de températures mensuelles moyennes de l'année 2017 sont présentées dans la figure 1.

L'interaction parcelle x date n'a pas été significative ( $p > 0,05$ ) pour aucune détermination.

	Prairie			Somme de températures °J							ET	Pr	ST
	A0	A+	A++	684	914	1154	1357	1484	1670	1890			
<b>rd</b>	1,21	1,55	1,48	0,98	1,33	1,46	1,46	1,24	1,72	1,71	0,447	ns	ns
<b>SMP</b>	1,68	1,72	1,60	1,69	1,64	1,71	1,62	1,53	1,82	1,80	0,162	ns	ns
<b>MM</b>	124	119	118	117	113	110	116	128	127	135	15,3	ns	ns
<b>MAT</b>	114	141	126	154	140	120	121	125	111	118	12,8	ns	**
<b>NDF</b>	529	485	486	508	481	490	524	514	493	489	30,6	ns	ns
<b>ADF</b>	277	268	273	270	260	276	290	277	268	267	14,5	ns	ns
<b>Dcell</b>	56,4	62,2	57,2	65,1	65,3	59,3	57,3	56,6	52,0	54,6	3,81	ns	***

TABLEAU 1 : Rendement moyen (rd), note de stade phénologique moyenne (SMP), et teneurs en matières minérales (MM ; g/kg MS), matières azotées (MAT ; g/kg MS), parois cellulaires (NDF ; g/kg MS), lignocellulose (ADF ; g/kg MS) et digestibilité cellulaire de la matière sèche (Dcell : %) d'une parcelle sans arbres (A0), ou avec arbres avec une densité de 60 arbres/ha (A+) et de 150 arbres/ha (A++) et à 7 dates représentées par la somme de températures au cours du deuxième cycle de végétation

TABLE 1 : Mean yield, mean score for phenological stage (SMP), mineral content (g/kg DM), crude protein content (g/kg DM), cell wall content (g/kg DM), lignocellulose content (g/kg DM), and cellulase digestibility of dry matter (%) for the plot without trees (A0), the plot with 60 trees/ha (A+), and the plot with 150 trees/ha (A++). The table shows the change in these variables over the second grassland growth cycle—the seven sampling points are represented by the accumulated temperatures.

Le mois de juin a été caractérisé par des précipitations supérieures à 150 mm mais la pluviométrie mensuelle a été inférieure à 60 mm pendant toute la période d'expérimentation (juillet-octobre). Les valeurs d'évapotranspiration potentielle mensuelle calculée selon la méthode Penmann-Monteith (Penmann, 1948 modifiée par Monteith, 1965) ont été de 123, 110, 60 et 37 mm pour les mois de juillet à octobre de 2017.

Il n'y a pas eu de différences significatives de biomasse du fourrage entre parcelles et elle n'a pas significativement évolué au cours du cycle de végétation (Tableau 1). De même, le stade phénologique des 3 parcelles a été similaire et il n'a pas significativement évolué au cours du cycle de végétation. Bien que l'évolution phénologique ait commencé pour certaines talles à partir de la première date de prélèvement (1 mois après la coupe) aucune talle n'est arrivée au stade reproductif (épiaison) à la fin de la période de prélèvements (4 mois après la coupe).

Les teneurs en matières minérales, en parois cellulaires et en lignocellulose ont été similaires entre parcelles ( $P > 0,05$ ) et n'ont pas évolué entre dates de prélèvements ( $P > 0,05$ ) au cours du cycle de végétation. En revanche la teneur en MAT et la digestibilité cellulaire ont varié ( $P < 0,01$ ) entre 150 et 110 g/kg de MS et entre 65 et 55 % respectivement mais les résultats obtenus pour ces déterminations pour les différentes parcelles, n'ont pas été significatifs ( $P > 0,05$ ).

### 3. Discussion

Les données moyennes de biomasse (1,4 t MS/ha) sont considérées comme faibles par rapport à celles rapportées dans d'autres études pour des rendements de MS. Par ailleurs, les rendements des prairies sous l'influence de densités différentes d'arbres ont été similaires ( $P > 0,05$ ). Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Kephart et al., (1992) et aussi par Béral et al., (2018) sur le même dispositif pendant le premier cycle de végétation. Dans cette étude, les rendements étaient inversement corrélés à la présence et aussi à la densité d'arbres. Les effets de l'ombrage sur la végétation sont assez bien connus. Le principal effet est la limitation de la radiation solaire et en conséquence à la limitation de la photosynthèse (Nelson and Moser, 1994). Les faibles valeurs de biomasse et l'absence de différences entre traitements observées dans cette étude pourraient être expliquées par l'absence de fertilisation ainsi que par un éventuel stress hydrique subi par la végétation pendant l'étude. Ce stress a pu avoir une influence plus importante sur la biomasse et sur son évolution au cours du cycle de végétation que l'effet de l'ombrage.

En ce qui concerne le stade phénologique, ni la note moyenne des prairies ni leur évolution au cours du cycle n'a pas été influencée par la présence d'arbres dans la prairie ou par leur densité. Ces résultats sont différents de ceux obtenus pour le premier cycle de

végétation où l'herbe de la prairie contenant 150 arbres/ha était caractérisée par des stades plus jeunes que ceux des prairies A0 et A+ (Andueza et al., 2018). Selon Cooper et Tainton (1968), l'ombrage réduirait le tallage mais aussi la production de tiges et en conséquence la note de stade phénologique. Par ailleurs, l'effet de l'ombrage sur la végétation se traduit par des feuilles plus minces (Buxton and Fales, 1994) ce qui pourrait aussi influencer la note de stade phénologique utilisée dans cette étude : en effet des feuilles plus minces seraient associées à des poids plus faibles. Cependant, ces effets ne se sont pas traduits par des différences entre traitements au niveau de la note de stade phénologique. Il semblerait que l'effet de la coupe sur le développement des fourrages est plus important que l'effet de l'ombrage surtout dans une période de l'année caractérisée par une photopériode descendante. Ainsi, il est bien connu que le déprimage ou la fauche des prairies joue un rôle sur le développement phénologique du fourrage (Demarquilly et Jarrige, 1981). Cet effet est bien visible si on compare les notes de stade phénologique des prairies au premier (Andueza et al., 2018) et au deuxième cycle de végétation. L'absence d'évolution de la note du stade phénologique au cours du cycle serait aussi expliquée par l'effet de la fauche associé à la photopériode des jours courts.

Cette étude montre que la présence d'arbres, indépendamment du niveau d'ombrage, n'a pas eu d'effet sur la composition chimique et la digestibilité cellulaire des fourrages des prairies permanentes au deuxième cycle de végétation. Les résultats observés dans la littérature sont contradictoires. Kephart et Buxton (1993) reportent que la digestibilité des fourrages ayant un développement sous l'effet de l'ombrage était plus élevée que celle des fourrages qui se développaient sans l'effet de l'ombrage. Samarakoon et al. (1990) affichent des résultats similaires. En revanche, Wilson et Wrong (1982) observaient une relation négative entre la digestibilité des fourrages et le niveau d'ombrage, ainsi qu'une relation négative entre le niveau d'ombrage et la teneur en parois cellulaires. Dans cette étude, nous n'avons pas observé d'effets de l'ombrage, indépendamment de son niveau, sur la digestibilité des fourrages, mais ces résultats sont différents de ceux obtenus pour le premier cycle dans le même dispositif (relation positive entre le niveau d'ombrage et la digestibilité des fourrages, Béral et al. (2018). Ces résultats peuvent être attribués à l'effet de la saison de croissance et à l'influence de la photopériode décroissante sur la morphologie des fourrages et donc, sur leur valeur nutritive.

L'évolution de la digestibilité de la matière organique au cours du cycle de végétation est corrélée plus significativement avec la diminution de la teneur en matières azotées pendant cette période qu'avec l'évolution de la teneur en parois cellulaires ou de certaines de ses composantes (teneur en lignocellulose). Ce résultat est surprenant car bien des expérimentations ont montré une évolution négative de

la digestibilité de la matière organique et des matières azotées (Baumont et al., 2018), le premier facteur qui joue sur la valeur nutritive étant la teneur en glucides structuraux (Van Soest, 1994). Un autre résultat à souligner est l'absence de relations fortes entre la note de stade phénologique et les déterminations de la composition chimique et de la valeur nutritive. Ce résultat confirme les relations plus étroites entre la valeur nutritive avec la somme de températures qu'avec la phénologie des plantes comme l'ont déjà montré par Andueza et al. (2015) dans des fourrages au premier cycle.

## Conclusion

Les arbres n'ont pas eu d'effet négatif sur la biomasse des prairies permanentes au deuxième cycle de végétation et sur la valeur nutritive des fourrages issus des regains de ces prairies. Les fourrages du deuxième cycle exploités avant 700 °J (dans la période comprise entre 4 et 8 semaines après la coupe) ont une meilleure valeur nutritive que les fourrages exploités après cette date.

**Remerciements.** Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet PARASOL (Numéro de contrat : 1560C0025), financé par l'ADEME. Les auteurs voudraient remercier Denis Roux, Sébastien Alcouffe, Aline Cercy, Bruno Viillard, Lionel Lavelle et Loïc Gaillard de l'UE Herbipôle pour la collaboration technique. Les données météorologiques sont des données issues de la plateforme INRAE CLIMATIK.

Accepté pour publication le 12 juin 2020

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andueza D., Picard F., Pradel P. & Theodoridou K. (2019). "Feed value of barn-dried hays from permanent grassland: A comparison with fresh forage". *Agronomy*, 9, 273.
- Andueza D., Guittard A., Pourrat J., Bernard M. & Picard F. (2018). "Effect of tree density on the evolution of phenological stage of agroforestry permanent grasslands", R. Baumont, M. Silberberg, I. Cassar-Malek (eds), *Advances in Animal Biosciences, Proceedings of the International Symposium on the Nutrition of Herbivores – 6 septembre 2018, Clermont-Ferrand*, 572.
- Andueza D., Picard F., Martin-Rosset W. & Aufrère J. (2016). "Near-infrared spectroscopy calibrations performed on oven-dried green forages for the prediction of chemical composition and nutritive value of preserved forage for ruminants". *Applied spectroscopy*, 70, 1321-1327.
- Andueza D., Picard F., Rossignol N., Ballet J.M., Pizaine M.C., Lanore L., Note P., Baumont R. & Carrere P. (2015). « Phénologie de 6 graminées prairiales au cours du premier cycle de végétation selon un gradient d'altitude », M. Bonhomme, I. Garcia de Cortazar-Atauri, N. Frizot, I. Le Mouellic, D. Marcon, S. Meyniel, D. Tiziani, S. Vayssie éd., *Actes du Colloque francophone PHENOLOGIE*, 17, 18 et 19 novembre 2015 Clermont-Ferrand, 37-38.
- Andueza D., Picard F., Jestin M., Andrieu J. & Baumont R. (2011). "NIRS prediction of the feed value of temperate forages: efficacy of four calibration strategies", *Animal*, 5, 1002-1013.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*, 15th ed.; Association of Official Analytical Chemists: Arlington, VA, 1298p.
- Aufrère J. & Michalet-Doreau B. (1983). "In Vivo Digestibility and Prediction of Digestibility of Some By-Products", *Feeding Value of By-Products and their use by Beef Cattle*, Ch.V. Boucque, L.O. Fiems et B.G. Cottyn éd., Brussels, Belgium; Luxembourg: Commission of the European Communities Publishing, 25-33.

- Baumont R., Tran G., Chapoutot P., Maxin G., Sauvart D., Heuzé V., Lemosquet S. & Lamadon A. (2018). « Tables Inra de la valeur des aliments utilisés en France et dans les régions tempérées », *Alimentation des ruminants*. Nozière P., Sauvart D., Delaby L. éd Editions Quae. (Versailles), 521-616.
- Béral C., Andueza D., Ginane C., Bernard M., Liagre F., Girardin N., Emile J-C., Novak S., Grandgirard D., Deiss V., Bizeray D., Moreau J-C., Pottier E., Thierry M. & Rocher A. (2018). « Agroforesterie en système d'élevage ovin : étude de son potentiel dans le cadre de l'adaptation au changement climatique », Synthèse ADEME. 19p.
- Buxton D.R. & Fales S.L. (1994). "Plant environment and quality", Forage quality, evaluation, and utilization, G.C., Fahey, M., Collins, D.R., Mertens, L.E., Moser (eds.), *American Society of Agronomy, Inc.*; Crop Science Society of America, Inc.; Soil Science Society of America, Inc.: Madison, WI, USA, 155-199.
- Cooper J. P. & Tainton N.M. (1968). "Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses" *Herbage Abstracts*, 38, 167-176.
- Demarquilly C. & Jarrige R. (1981). « Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages », Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. C. Demarquilly, éd. INRA Publications (Versailles), 41-59.
- Kephart K. D. & Buxton D. R. (1993). "Forage quality responses of C3 and C4 perennial grasses to shade", *Crop Science*, 33, 831-837.
- Kephart K.D., Buxton D.R. & Taylor S.E. (1992). "Growth of C3 and C4 perennial grasses to shade", *Crop Science*, 32, 1033-1038.
- Monteith J.L. (1965). "Evaporation and the environment in the state and movement of water in living organisms", Proceedings of the Society for Experimental Biology, Symposium No. 19, Cambridge, Cambridge University Press, 205-234.
- Moore K.J., Moser L.E., Vogel K.P., Waller S.S., Johnson B.E. & Pedersen J.F. (1991). "Describing and quantifying growth-stages of perennial forage grasses", *Agronomy Journal*, 91, 1073-1077.
- Nelson C.J. & Moser L.E. (1994). "Plant factors affecting forage quality", *Forage quality, evaluation, and utilization*, G.C., Fahey, M., Collins, D.R., Mertens, L.E. Moser, (eds.), American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc.; Soil Science Society of America, Inc.: Madison, WI, USA, 115-154.
- Penman H. L. (1948). "Natural evaporation from open water, bare soil and grass". *Proceedings of the Royal Society of London*, 193, 120-146.
- Samarakoon S.P., Shelton H.M. & Wilson J.R. (1990). "Voluntary feed intake by sheep and digestibility of shaded *Stenotaphrum secundatum* and *Pennisetum clandestinum* herbage", *The Journal of Agricultural Science*, 114, 143-150.
- Theau J.P. & Zerourou A. (2008). "Herbage, une méthode de calcul des sommes de températures pour la gestion des prairies", P. Cruz, C., Jouany, J.P., Theau, (eds.), *Outils pour la gestion des prairies permanentes. Les Cahiers d'Orphée*, 1, 91-97.
- Van Soest P.J. (1994). "Nutritional Ecology of the Ruminant", 2nd ed.; Cornell University Press: Ithaca, NY, USA, p. 476.
- Van Soest P.J., Robertson J.B. & Lewis B.A. (1991). "Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition", *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Wilson J. R. & Wong C. C. (1982). "Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures", *Australian Journal of Agricultural Research*, 33, 937-949.