

Efficacité du prélèvement de l'azote et l'efficacité de l'eau en conditions de production fourragère chez le ray-grass anglais: recherche de critères d'évaluation de la diversité variétale

Sampoux J.P.¹, Béguier V.², Bourdon P.², Galbrun C.², Gras M.C.², Noël D.², Pietraszek W.², Poinard L.², Tharel B.², Durand J.L.¹

¹ INRA, Centre Poitou-Charentes, UR4 (UR P3F), 86600 Lusignan, ² ACVF (Association des Créateurs de Variétés Fourragères), 75030 Paris Cedex 01

Introduction

Les sélectionneurs de graminées fourragères devront dorénavant prendre en compte dans leurs objectifs de sélection une utilisation de leurs variétés avec un niveau d'intrants plus limité, et notamment une fertilisation azotée réduite. Ils devront également prendre en compte des risques de sécheresses plus fréquentes et plus longues dans un contexte de changement climatique d'origine anthropique attendu à assez court terme. Pour cela, ils devront disposer de critères de sélection leur permettant d'intégrer ces objectifs dans leur travail d'amélioration. Le projet dont nous rapportons ici les résultats avait pour objectif d'évaluer l'intérêt de deux critères écophysologiques intégratifs comme critères d'évaluation de l'efficacité du prélèvement de l'azote et d'utilisation de l'eau par des variétés de graminées fourragères.

L'indice de nutrition azotée ou INN

La teneur en azote critique ($N_c\%$) d'une plante est définie comme le minimum de teneur en azote requis pour un taux de croissance maximum de la culture. Différents travaux (Greenwood et al., 1991; Lemaire et al., 1997) ont permis de montrer que la teneur en azote critique ($N_c\%$) d'une culture en situation de peuplement dense pouvait être reliée au poids sec de sa biomasse aérienne (MS_a) par une relation simple : $N_c\% = a(MS_a)^{-b}$ (Figure 1). Lemaire et al. (1989) ont proposé d'utiliser le rapport entre teneur en azote observée et teneur en azote critique correspondant à la biomasse du peuplement pour rendre compte de l'état de nutrition azotée, ce rapport étant nommé indice de nutrition azoté ou INN.

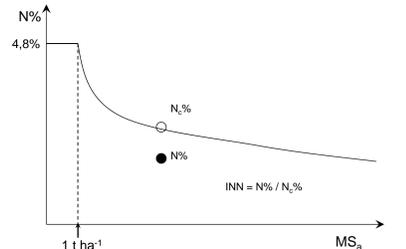


Figure 1: Teneur en azote critique ($N_c\%$) en fonction du poids sec de la biomasse aérienne (MS_a).

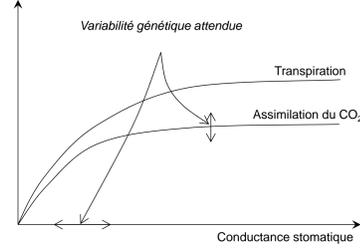


Figure 2: Relation entre conductance stomatique, assimilation du CO_2 et transpiration.

La discrimination isotopique du ^{13}C

Une évaluation indirecte la variabilité génétique pour l'efficacité photosynthétique de l'eau peut être envisagée par la mesure de la réduction de la conductance stomatique (Figure 2), qui s'accompagne d'une moindre discrimination de l'isotope ^{13}C du CO_2 dans le processus de photosynthèse (Condon et al., 2002; Durand et al., 1995). Il pourrait aussi exister une certaine variabilité génétique pour la discrimination de l'isotope ^{13}C en situation de conductance stomatique non réduite, qui pourrait être corrélée à une variabilité génétique de l'efficacité photosynthétique de l'eau en situation de disponibilité en eau du sol non limitante (Condon et al., 2007).

Dispositif expérimental



→ Conduite en essais fourrage selon le mode CTPS coupes fréquentes dans chaque lieu d'essai:

- Rendement sec ($t\ ha^{-1}$)
- $N\%$ biomasse aérienne totale sur toutes les coupes (spectrométrie proche infra-rouge)
- + INN calculé selon méthode de Lemaire et al. (1989) en utilisant rendement sec et $N\%$
- $\delta^{13}C$ biomasse aérienne totale (spectrométrie de masse) sur:
 - coupe fin de printemps (disponibilité en eau non limitante)
 - coupe fin d'été (déficit hydrique modéré)

Nom	Obtenteur	Epiaison (nb jours)	Origine
Variétés 2x			
Aberavon	ICER	142	Pays de Galles
Alutus	DLF	136	Danemark
Barlet	Barenbrug	146	France
Bartango	Barenbrug	130	Nouvelle-Zélande
Barutti	Barenbrug	129	Roumanie
Clerpin	INRA	143	Ecotypes français
Expo	PGG Wrightson	132	Nouvelle-Zélande
Gagny	GRASS	134	France
Mara	Barenbrug	138	Roumanie
Milca	Carneau	140	France
Oceal	R2N	140	France
Ponant	Eurograss	138	Allemagne
Stefani	DLF	145	Europe de l'Est
Variétés 4x			
Base	PGG Wrightson	142	Nouvelle-Zélande
Cantalou	Carneau	136	France
Delphin	Lembke	146	Allemagne
Lactal	R2N	139	France
Limbos	Eurograss	139	Allemagne
Loporello	DLF	141	Europe de l'Est
Roy	ILVO	136	Belgique
Populations naturelles 2x			
Bretagne		139	France
Centre		148	France
Danemark		143	Danemark
Hongrie		144	Hongrie

Tableau 1: Panel de variétés et populations naturelles utilisé

Relation entre rendement fourrage et INN – Résultats et perspectives d'utilisation de l'INN comme critère d'évaluation des variétés

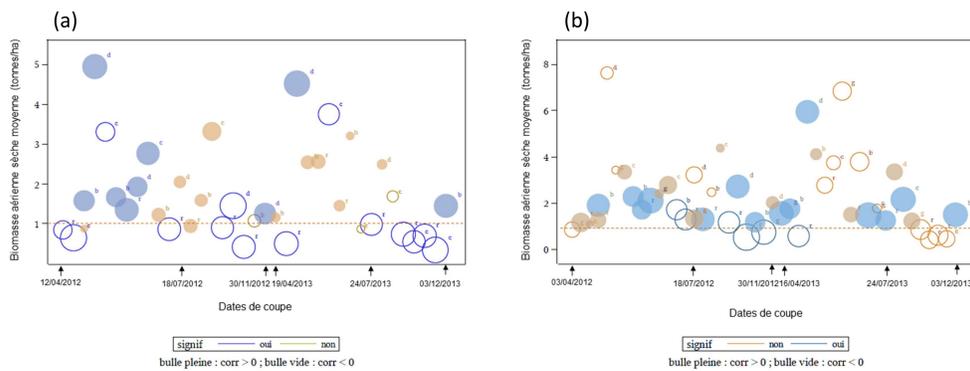


Figure 3. Relation entre le rendement sec moyen de la coupe et la corrélation rendement sec \times INN aux différentes dates de coupe des lieux d'essai pour le niveau de fertilisation azotée (a) faible (160 kg N/ha par an) et (b) élevé (300 kg N/ha par an). Le diamètre des disques est proportionnel à la valeur de la corrélation rendement sec \times INN des coupes. Les disques pleins figurent des corrélations positives et les disques évidés des corrélations négatives. La couleur bleue des disques indique une corrélation significative au seuil 5% et la couleur rose une corrélation non significative. Les lettres figurant à côté des disques sont les initiales des obtenteurs responsables des lieux d'essai.

Les figures 3a et 3b montrent que la corrélation rendement sec \times INN est négative pour les coupes récoltées avec un rendement sec moyen inférieur à $1\ t\ ha^{-1}$. Il s'agit essentiellement de coupes d'été et d'automne et peu de coupes de printemps. Le rendement de ces coupes a vraisemblablement été limité par un facteur plus important que la disponibilité en azote.

Les corrélations rendement sec \times INN sont dans leur grande majorité positives quand le rendement sec moyen des coupes est supérieur à $1\ t\ ha^{-1}$. Ces conditions sont réunies lorsque les facteurs environnementaux sont peu limitants et permettent d'obtenir des peuplements productifs en situation de compétition pour la lumière (coupes de printemps et de début d'été). On peut alors supposer que les variétés présentant les INN les plus élevés sont les variétés qui ont la meilleure capacité à prélever l'azote du sol, notamment celui fourni par la fertilisation azotée. L'INN peut dans ces conditions être considéré comme un index non linéaire du rendement sec et de la teneur en azote.

Références

- Condon A.G., Richards R.A., Rebetzke G.J., Farquhar G.D. 2002. Improving Intrinsic Water-Use Efficiency and Crop Yield. *Crop Science* (42) 122-131.
- Condon A.G., Reynolds M.P., Rebetzke G.J., Van Ginkel M., Richards R.A., Farquhar G.D. (2007) Using stomatal aperture-related traits to select for high yield potential in bread wheat. In: Buck H.T. et al. (Eds) *Wheat production in stressed environments*, Springer, pp: 617-624.
- Durand J.L.; Schnyder H.; Vianden H.; Schaefele R., 1995. Sécheresse, discrimination du ^{13}C et répartition des assimilats après la coupe chez *Lolium perenne*. In *Utilisation des isotopes stables pour l'étude du fonctionnement des plantes*. (P. Maillard et R. Bonhomme éditeurs). Ed INRA Paris (France) 1995, Colloques de l'INRA (70) 123-132.

Relation entre rendement fourrage et $\delta^{13}C$ – Résultats et perspectives d'utilisation du $\delta^{13}C$ comme critère d'évaluation des variétés

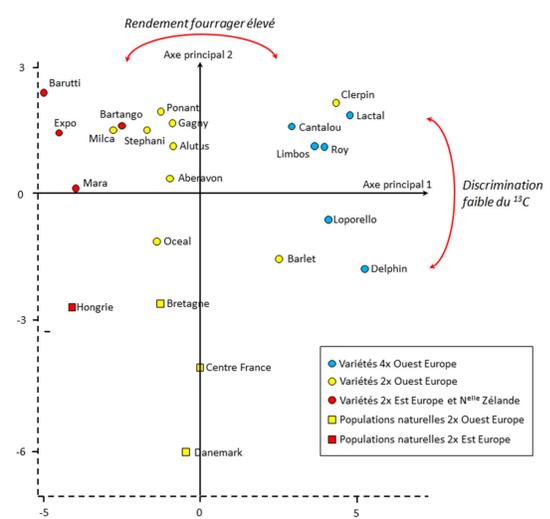


Figure 4. Projection des variétés et populations sur le premier plan d'une ACP réalisée sur les données de rendement sec et de $\delta^{13}C$ des différentes coupes des lieux d'essai. La première composante principale ($\lambda = 9,86$; part d'inertie expliquée = 41%) est essentiellement corrélée aux données de $\delta^{13}C$ des différentes coupes des lieux d'essai, alors que la seconde composante principale ($\lambda = 4,79$; part d'inertie expliquée = 20%) est surtout corrélée aux données de rendement fourrage.

Notre étude n'a pas permis de mettre en évidence un lien clair entre variabilité de la production fourragère et variabilité de la discrimination isotopique du ^{13}C sur le pas de temps de la production d'une coupe de ray-grass anglais, aussi bien en conditions de disponibilité en eau limitée en fin d'été qu'en conditions non limitantes au printemps. En revanche, la variabilité du $\delta^{13}C$ de la biomasse aérienne apparaît structurée par l'origine géographique du matériel génétique (Figure 4). Ceci pourrait être le résultat de pressions de sélection naturelle ou humaine plus ou moins ancienne et de longue durée. Si cela est confirmé par d'autres expérimentations, la mesure du $\delta^{13}C$ pourrait être un marqueur physiologique intéressant à utiliser pour structurer des collections de ressources génétiques.

- Greenwood D.J., Gastal F., Lemaire G., Draycott A., Miljard P., Neeteson J.J., 1991. Growth rate and $N\%$ of field grown crops: theory and experiments. *Annals of Botany* (67) 181-190.
- Lemaire G., Gastal F., Salette J., 1989. Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content. *Proceedings XVth International Grassland Congress*, Nice, France, 179-180.
- Lemaire G., Gastal F., Plenet J., Le Bot J., 1997. Le prélèvement d'azote par les peuplements végétaux et la production des cultures. In *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes* (G. Lemaire et B. Nicolardot, éditeurs), Reims (France), 19-20 novembre 1996. Ed. INRA, Paris (France) 1997, Les Colloques (83) 121-139.