

Des prairies productives au service de l'élevage

des ruminants et de leurs éleveurs

L. Delaby¹, M. O'Donovan², P.-E. Belot³, J. Pavie⁴

1 : INRA - AgroCampus Ouest, UMR 1348, Physiologie, Environnement, Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage, F-35590 Saint Gilles ; luc.delaby@rennes.inra.fr

2 : Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre, Moorepark, Fermoy, Co Cork, Ireland

3 : Institut de l'Élevage, Chambre Régionale d'Agriculture de Franche-Comté, Valparc - Espace Valentin Est, F-25048 Besançon cedex

4 : Institut de l'Élevage, route d'Epinay, F-14310 Villers Bocage

Résumé

Face aux défis alimentaires et environnementaux de demain, les prairies possèdent de sérieux atouts qui s'expriment surtout grâce aux ruminants qui les valorisent. Ce rôle nourricier des prairies et donc leur place dans les systèmes d'élevage doit être maintenu, voire renforcé, afin de pérenniser leur place dans les territoires et de mieux encore exprimer leur multifonctionnalité reconnue. Il convient à la lumière des acquis récents de revisiter les moyens et les méthodes favorables à un accroissement de la productivité des prairies et surtout à une amélioration de leur valorisation par les ruminants, mais ceci dans un contexte ambitieux de développement durable. La fertilisation minérale et les engrais organiques disponibles grâce à l'élevage restent des facteurs de productivité essentiels, pour lesquels l'efficacité sera renforcée grâce à l'utilisation judicieuse de doses limitées. Les associations avec légumineuses et plus largement les prairies multispécifiques doivent être stimulées par des pratiques volontaristes qui restent dans certains cas à mieux définir. Au-delà des récoltes par fauche plus faciles à maîtriser, les clefs d'une meilleure valorisation de l'herbe produite par le pâturage reposent sur une attitude opportuniste de l'éleveur, une exigence maîtrisée vis-à-vis de l'animal. Les règles de gestion anticipée sont bien décrites et doivent permettre une meilleure efficacité globale des systèmes herbagers. Face à ces ambitions renouvelées, la motivation des éleveurs reste une impérieuse nécessité.

Introduction

En France comme en Europe, les prairies couvrent une surface agricole importante et les surfaces en herbe sont présentes pratiquement partout. Si le rôle et le devenir des surfaces en herbe diffèrent selon les régions, leur présence est toujours associée au développement de l'élevage. Même si l'on peut concevoir de l'élevage sans prairies, force est de constater qu'en Europe et ailleurs dans le monde, les prairies justifient la pertinence et favorisent la présence des activités d'élevage, surtout de ruminants. A ce titre, il importe de rappeler l'atout considérable dont disposent les ruminants vis-à-vis des fourrages, à savoir leur aptitude à digérer les fibres végétales (telle la cellulose) et à les transformer en produits alimentaires nobles d'intérêt nutritionnel majeur pour l'homme. Si l'élevage se nourrit des prairies, il les influence et assure en retour leur pérennité et leur intérêt. La valorisation des prairies par les herbivores contribue à la multifonctionnalité des prairies (Amiaud et Carrère, 2012). La qualité de l'eau, la beauté des paysages, la captation de carbone, le maintien de la biodiversité tant floristique que faunistique, la protection des sols sont autant d'atouts attribués aux prairies grâce aux activités d'élevage qui leur sont associées.

Mais au-delà, le rôle de ressources alimentaires des ruminants domestiques assigné aux prairies et sa concrétisation par les éleveurs restent essentiels face aux challenges de demain, qui sont à la fois de mieux nourrir la population mondiale et de moins perturber l'équilibre de la planète pour en assurer la pérennité pour les générations futures. Comme les autres surfaces agricoles, les surfaces en herbe permanentes ou cultivées seront mobilisées pour tenter de satisfaire ces challenges globaux.

L'objectif de ce texte est i) de rappeler et décrire les leviers d'action disponibles afin d'améliorer la productivité et surtout la valorisation des prairies par les ruminants, notamment à travers leur aptitude à pâturer et aussi ii) d'éclairer les déficits de connaissances finalisées sur ces thèmes... tout en gardant à l'esprit les challenges environnementaux et attentes sociétales vis-à-vis de l'élevage que peuvent contribuer à relever et assumer les prairies.

1. Des prairies productives

La production annuelle de biomasse aérienne des végétaux et donc d'une prairie dépend d'abord des espèces qui la composent, de la fertilité du milieu, des modalités d'exploitation et des conditions pédoclimatiques de l'année. Outre le rayonnement solaire intercepté par les feuilles qui fournit aux plantes l'énergie nécessaire à l'absorption du carbone et à la photosynthèse, la température du sol et l'eau disponible sont les deux autres facteurs climatiques qui influencent la croissance journalière de l'herbe (Durand *et al.*, 2013). L'éleveur n'a pas ou peu d'influence sur ces facteurs climatiques, sauf dans le cas de l'irrigation qui reste l'exception sur prairies. Ainsi **l'éleveur doit composer avec l'irrégularité de la croissance des prairies associée aux variations climatiques inter et intra-annuelles**, même si la durée du jour et l'effet global des saisons sont des facteurs très répétables d'une année sur l'autre.

La fertilité du milieu et surtout la disponibilité en éléments nutritifs dans le sol modulent la croissance potentielle de la prairie, qui dépend des conditions climatiques. Simultanément, chez les graminées et les dicotylédones annuelles ou pérennes, la disponibilité en azote (N) modifie la teneur en N des limbes et donc la teneur en protéines de la plante. La demande en azote, et aussi en phosphore (P) et en potassium (K), dépend d'abord des flux de carbone et du potentiel de croissance instantanée de la plante (Gastal et Lemaire, 1997). La capacité du sol à satisfaire cette demande potentielle en éléments nutritifs conditionne et influence leur absorption et influence en retour la croissance effective observée. Pour ce qui concerne l'azote, sa présence sous forme organique dans les systèmes composés de prairies est réputée importante. Mais sa disponibilité sous forme minérale absorbable par les plantes (NH_4^+ ou NO_3^-) s'avère bien plus faible, variable et limite souvent l'expression du potentiel de croissance et la productivité des prairies. Cette disponibilité en éléments nutritifs absorbables est d'abord associée à la fertilité naturelle des sols modifiée par l'historique culturel des parcelles, et notamment l'utilisation passée et récente de fertilisants organiques et minéraux. Quel que soit le milieu pédoclimatique, maintenir et favoriser l'expression de cette fertilité acquise, en stimulant la vie microbienne des sols de prairies (apports de matière organique, décompaction et aération des sols, prohibition d'interventions durant les périodes à risque) reste un préalable à l'expression du potentiel des prairies.

Améliorer la productivité des prairies repose alors sur i) la capacité à mieux satisfaire la demande en azote (mais aussi en phosphore et potassium) des plantes, demande variable selon les espèces présentes, les conditions climatiques et l'état du couvert végétal et ii) sur l'amélioration du fonds prairial grâce à la favorisation ou l'introduction d'espèces plus productives et notamment de légumineuses.

1.1. Améliorer et entretenir la fertilité du milieu : pour une utilisation judicieuse de la fertilisation azotée

Jusqu'aux années 1990, de nombreux travaux ont décrit l'influence de la fertilisation azotée sur la production de biomasse et la teneur en azote des plantes en relation avec l'âge de repousses et le chargement. La plupart des auteurs s'accordent alors pour admettre comme encore intéressant un apport d'azote qui permet une réponse marginale de 10 kg de MS/kg N épandu (Prins et Arnold, 1980 ; Hnatyszyn et Guais, 1988). Cet effet positif et spectaculaire a prévalu dans les années 1970-80 aux recommandations de fertilisation azotée systématique après chaque fauche ou pâturage. Même si ces recommandations n'ont pas été suivies à la lettre, elles ont abouti dans certaines régions d'Europe à des apports annuels de 300 à 450 kg d'N minéral par hectare.

Les temps ont changé. Il s'agit désormais, pour à la fois limiter les coûts de production, améliorer l'efficacité de l'N épandu et donc réduire les risques de pollution par les nitrates associés aux excès d'azote mal valorisés, de **raisonner les apports en fonction de leur pertinence**. Ce qui ne signifie pas de prohiber l'utilisation de la fertilisation azotée minérale, sauf dans les systèmes en agriculture biologique. Cette pertinence peut être vue comme la résultante de multiples interactions entre le besoin immédiat ou différé en fourrages à faucher ou à pâturer, la surface en herbe et le stock d'herbe disponible, la fourniture d'azote par le sol issue de la minéralisation et la capacité de la prairie à valoriser cet apport azoté, notamment selon la saison. Cette approche cohérente a fait en France l'objet d'une synthèse méthodologique qui permet d'aider à raisonner la fertilisation annuelle azotée des prairies (Comifer, 2013).

La fertilisation azotée des prairies est généralement fragmentée et donc appliquée en plusieurs fois. La saisonnalité "naturelle" de la production d'herbe et la courbe de croissance qui en découle doivent aider à raisonner cette fragmentation afin d'optimiser l'utilisation des engrais azotés. Ainsi, **un apport précoce au printemps, voire en fin d'hiver, aura toute sa pertinence pour stimuler la croissance de l'herbe et permettre une mise à l'herbe plus précoce**. En Irlande, compte tenu de la conduite en vêlages ou agnelages groupés de fin d'hiver et d'un besoin en herbe à pâturer très tôt dans l'année, les travaux conduits par O'Donovan *et al.* (2004) ont permis de préciser les dates d'apport recommandées, notamment en fonction de la date d'utilisation prévue de l'herbe. De plus, comme l'ont montré Decau *et al.* (2004) à partir de travaux sur le lessivage de l'azote, l'azote résiduel consécutif à un apport précoce aura ensuite toute la saison de croissance pour être assimilé par les plantes, ce qui limite considérablement les pertes par lessivage. A l'opposé, un apport tardif en automne ne sera que peu valorisé (O'Donovan *et al.*, 2004) et risque d'induire des pertes par lessivage importantes. En effet, non seulement le temps disponible pour l'absorption par les plantes avant l'hiver est faible mais, de plus, cette saison se caractérise par des jours courts peu favorables à la croissance de l'herbe et par une minéralisation nette de l'azote du sol (Decau et Salette, 1992) telle que l'azote disponible est peu limitant.

L'intérêt des apports de fin de printemps, entre mai et juin notamment, est plus controversé et **doit être réfléchi au cas par cas**, presque parcelle par parcelle... même si au printemps l'efficacité de l'azote épandu est maximale, puisque les facteurs climatiques limitants sont pratiquement absents et le potentiel de croissance élevé. A cette période, après le 1^{er} pâturage, la croissance de l'herbe est généralement très importante, l'épiaison des graminées accélère tous les processus, la disponibilité en herbe suffit voire dépasse la demande animale et la gestion du pâturage en devient plus compliquée. Sauf à vouloir réaliser des stocks par fauche pour l'hiver ou les périodes de transition et donc réduire la surface pâturée destinée au troupeau, il n'est souvent pas nécessaire de stimuler plus la croissance de l'herbe. A cette période, la fertilisation est d'abord à raisonner en fonction de la demande en herbe du troupeau. En été, la fréquence et le risque de sécheresse doivent inciter à la prudence. S'il est souvent opportun de stimuler la production d'herbe à cette période pour prolonger la saison de pâturage, la fertilisation azotée n'est d'aucun intérêt en l'absence d'une pluviométrie régulière d'au minimum 40-50 mm par mois.

Cette **approche tactique plutôt que systématique de la fertilisation azotée** est souvent évoquée. Mais au-delà des principes rappelés ci-dessus, son opérationnalité pose encore questions. Dans l'idéal, il s'agirait de connaître la disponibilité en azote du sol et la demande en azote associée à la future croissance potentielle de la repousse. L'indice de nutrition azotée qui repose sur la courbe de dilution de l'azote (Salette et Lemaire, 1981) permet bien d'évaluer l'état de nutrition azotée de la plante. Mais cet indice reflète plus le passé nutritionnel de la plante. Il ne peut facilement renseigner sur le futur même s'il peut être utile pour raisonner globalement la fertilisation azotée (Duru *et al.*, 2000). La miniaturisation des capteurs et le développement d'appareils embarqués, voire positionnés dans les parcelles, devraient à terme permettre de mieux connaître en temps réel l'état physique des sols (humidité, température, voir N minéral disponible) et, à l'aide de modèles de croissance de l'herbe ainsi mieux ajustés, d'évaluer la pertinence d'un apport d'engrais azoté.

Au-delà de l'utilisation des engrais minéraux, la disponibilité en **engrais de ferme** dans les régions d'élevage doit aussi inciter à **les valoriser sur prairies** (Houssin *et al.*, 2002). Dans la plupart des régions, les périodes d'autorisations d'épandage ont d'ailleurs bien intégré ce potentiel de valorisation qu'offrent les prairies en place toute l'année. De nombreux travaux ont montré l'intérêt de cette valorisation, notamment pour les lisiers plus riches en azote immédiatement disponible mais aussi parce que fournisseurs conséquents de phosphore et potasse. L'influence de ces derniers éléments

(P et K) sur la productivité et la pérennité des prairies ne doit pas être oubliée. Et pourtant, l'impasse sur la fumure de fonds des prairies est aujourd'hui fréquente. L'analyse des teneurs en P et K de la plante associée au calcul de l'indice de nutrition développé par Salette et Huché (1991) permet d'évaluer l'état de nutrition phospho-potassique des graminées prairiales et de corriger les déficits préjudiciables à la productivité des prairies.

Afin de bénéficier du potentiel productif des prairies sans effet négatif sur l'environnement (qualité des eaux notamment), l'ensemble de ces considérations agronomiques incite à recommander, dans la plupart des situations françaises, **un apport annuel de 80 à 120 kg d'N minéral par hectare et par an et à s'assurer de l'état de disponibilité phospho-potassique des prairies**. A ce niveau d'apport, la fertilisation azotée se traduit par une efficacité d'environ 20-25 kg MS/kg N et permet, grâce à une gestion adaptée, de gagner en moyenne 80 à 100 jours de pâturage (Vérité et Delaby, 1998).

1.2. Utiliser et favoriser les espèces productives, en associant le trèfle blanc

Dans le cas des **prairies temporaires**, le semis constitue le moment privilégié pour implanter des espèces et variétés productives. Outre, le choix de variétés inscrites au catalogue national et ayant fait l'objet d'une sélection clairement définie et rigoureuse (CTPS), il importe de retenir les espèces adaptées aux conditions de milieu. La nature et la profondeur du sol, l'acidité, l'hydromorphie, la pluviométrie et la fréquence des sécheresses sont autant de paramètres qui vont orienter ce choix. **L'usage futur** (notamment la période et le mode principal de valorisation) **de cette prairie va également conditionner les espèces à planter**. L'ensemble des informations diffusées sur les sites web du GNIS ou de l'AFPF facilite la démarche à l'origine d'une future prairie adaptée, pérenne et productive.

Les attentes en matière de sélection variétale ont évolué, évoluent et **se font de plus en plus précises**. Si la production annuelle évaluée par fauche a longtemps été le critère d'évaluation et le critère de prédilection, d'autres éléments tels que la répartition saisonnière de la production, la composition chimique et la digestibilité, la résistance aux maladies... sont intégrés et contribuent à la productivité des prairies. D'autres critères telle la facilité de valorisation par l'animal (appétence, résistance à la section,...) ou la demande en azote pour une production donnée seraient souhaitables. A ce titre, il est intéressant de citer quelques approches originales récentes ou en développement en matière de sélection, qui visent à mieux intégrer à la fois le milieu et l'usage des prairies dans la sélection variétale. Ainsi, les chercheurs irlandais (McEvoy *et al.*, 2011) tentent d'élaborer une méthode d'évaluation économique des variétés, en affectant à divers critères d'intérêt dans leur système de production, un bénéfice exprimé en euros. Ces critères sont à l'heure actuelle la saisonnalité de la production, avec un attrait pour une production plus étalée au cours de l'année, la digestibilité selon les saisons, la pérennité des plantes. Bien que complexe et sujette à débat, cette approche affine le classement des variétés qui, dans ce milieu très favorable, sont exclusivement des ray-grass anglais. A l'opposé, un autre exemple (Gouttiers, 2013) se fonde sur la gestion locale de l'agro-biodiversité afin de valoriser par la sélection, des populations de plantes très adaptées aux spécificités de contextes plus rares, tels les milieux montagnards à hiver très rigoureux, les milieux soumis à des températures élevées et sécheresses récurrentes, voire les milieux salins. Cette approche originale tente, là aussi, d'améliorer la productivité sans perdre les atouts de l'adaptation aux milieux d'origine ou à des modes de valorisation plus spécifiques.

Contrairement aux prairies semées, souvent limitées en nombre d'espèces implantées et présentes, **les prairies permanentes** ou naturelles se caractérisent par une diversité floristique importante qui joue, entre autre, sur la productivité totale et sa répartition saisonnière. Cette diversité confère aux prairies des caractéristiques et aptitudes, désormais mieux connues et décrites grâce à l'analyse fonctionnelle et la phénologie des espèces (Duru *et al.*, 2010 ; Michaud *et al.*, 2011). Ces espèces n'ont pas toutes la même sensibilité à l'assainissement du milieu, à son enrichissement par la fertilisation phospho-potassique et/ou azotée et réagissent aux pratiques d'utilisation (Duru *et al.*, 2012) mises en place par les éleveurs. Parmi ces caractéristiques spécifiques, la souplesse d'exploitation (définie comme l'intervalle de temps entre le démarrage en végétation et l'épiaison) et la dynamique de croissance annuelle influencent l'accumulation de biomasse et la valeur d'usage (au sens « moment et type de récolte ») de ces espèces et des prairies qu'elles composent (Duru *et al.*, 2007 ; 2011). Ainsi, **il sera préférable pour exprimer le potentiel productif de telle ou telle parcelle, de telle ou telle prairie d'en orienter l'usage** vers un pâturage précoce, plus tardif, voire une récolte de foin ou d'ensilage (Baumont *et al.*, 2011) **selon sa composition floristique**.

A long terme, la composition spécifique des prairies permanentes est modifiée par la **fertilisation azotée**, ce d'autant plus que les apports sont élevés et réguliers. Cet enrichissement du milieu va favoriser le développement des espèces dite captatrices, à *turnover* tissulaire rapide (Cruz *et al.*, 2010) telles que le ray-grass anglais ou le dactyle qui améliorent la productivité globale des prairies et constituent des fourrages de choix pour l'alimentation des ruminants. A l'inverse, en l'absence de toute fertilisation azotée, ces prairies tendent à se dégrader (Belot, comm. pers.) du fait d'une moindre agressivité des espèces "gourmandes" et du développement d'espèces plus "lentes", peu productives.

Associé à l'enrichissement du milieu par la fertilisation minérale ou organique, la **rénovation des prairies par sursemis** peut dans certaines situations à cibler être opportune pour améliorer la productivité des prairies. Après la réalisation d'un diagnostic (GNIS, 2011) et l'analyse des causes de dégradations, diverses stratégies peuvent être envisagées (Lemasson *et al.*, 2008 ; Pierre *et al.*, 2013). Selon ces derniers auteurs, le sursemis est une technique exigeante dans sa mise en œuvre et aléatoire dans sa réussite. Si les conditions générales initiales requises pour réussir sont bien décrites, le succès repose surtout sur l'après sursemis. Les conditions climatiques et le mode d'exploitation post-levée sont plus déterminants que la dose de semis ou le matériel utilisé. Comme dans le cas des semis, sous climat estival séchant, il importe de privilégier le sur-semis de fin d'été-automne afin d'espérer une germination rapide et de pouvoir réaliser sans excès de piétinement, un pâturage avant l'hiver.

Que ce soit au semis ou en sursemis, l'intérêt du trèfle blanc et plus largement des prairies associant graminées et légumineuses n'est plus discuté. D'impertinente, l'idée de **l'association graminées - trèfle blanc** est devenue au fil du temps un concept largement admis, voire plébiscité par les promoteurs de l'agroécologie. Les nombreux atouts tant agronomiques et environnementaux que zootechniques du trèfle blanc ont ainsi, par exemple, été discutés et réaffirmés lors de la conférence « *Forage legumes in temperate pasture-based systems* » (Peyraud *et al.*, 2009). Même les chercheurs et éleveurs irlandais, fervents utilisateurs d'engrais minéral pour exprimer le potentiel de leurs prairies, s'y intéressent (Humphreys *et al.*, 2009 ; Hennessy *et al.*, 2013). Malgré ses qualités indéniables en termes de fixation symbiotique d'azote, de production annuelle et estivale de biomasse, de qualité du fourrage et de souplesse d'exploitation, le trèfle blanc reste une plante sensible, imprévisible, quelque peu "capricieuse". Cette petite légumineuse pose encore des questions de recherche complexes, notamment autour des interactions entre pratiques de pâturage et de fertilisation qui influencent sa vigueur et sa pérennité. Sous nos climats tempérés, sa contribution à la biomasse printanière (jusqu'en mai) est limitée et justifie, pour une mise à l'herbe précoce, des ajustements de la fertilisation azotée qui ne doivent pas altérer sa contribution future (Laissus, 1981). Dans ces conditions, un apport maximum de 80-90 kg d'azote en 2 passages avant mai semble recommandable. Les travaux publiés par Simon *et al.* (1997) autour de la pérennité du trèfle blanc dans les associations rappellent les exigences du trèfle et décrivent bien les situations à risques. Au-delà des oscillations "naturelles" de la contribution du trèfle blanc décrites par Loiseau *et al.* (2001), le comportement erratique du trèfle blanc dans des parcelles voisines, de même passé agronomique, reste mal expliqué et doit relever de synchronismes favorables ou défavorables entre l'état de la plante et sa valorisation ou non au bon moment.

Dans les milieux moins favorables aux grandes graminées exigeantes, **les prairies multi-spécifiques avec légumineuses** ont des atouts, bien recensés lors des journées de l'AFPF en 2008. Au 1^{er} rang d'entre eux, leur diversité (Fisher *et al.*, 2008) qui leur confère une capacité d'adaptation en lien avec le milieu et les caractéristiques spécifiques de l'année. Ainsi, la stabilité interannuelle de leur production en est renforcée, parfois au détriment de la multi-spécificité qui se réduit au fil des années. D'autre part, le (re)développement d'usages plus particuliers des prairies, tel l'affouragement en vert ou la fauche exclusive, justifie également le choix d'espèces plus diverses, avec une plus grande souplesse d'exploitation, mieux adaptées à la fauche. La difficulté reste de définir le mélange idéal, de le pérenniser et donc de bien connaître pour chaque espèce ses particularités, voire ses incompatibilités, et exigences spécifiques en regard du milieu. La recherche des mélanges idéaux, notamment par apprentissage, nécessite et nécessitera des approches locales rigoureuses pour mettre en cohérence prairies et milieux, et aboutir finalement à reconstituer des prairies "naturelles" productives.

Cette 1^{ère} partie sur les leviers d'actions mobilisables à court et plus long terme pour améliorer la productivité des prairies a permis de resituer les enjeux et possibilités en regard des acquis, des incertitudes mais aussi des exigences actuelles. **Il s'agit bien de faire vivre et évoluer les prairies**

afin de les rendre plus productives et non de simplement les entretenir et conserver un patrimoine. Néanmoins, cette volonté de produire plus se doit d'être localement adaptée. Elle doit **intégrer et valoriser les potentialités du milieu plutôt que chercher à les gommer ou les supprimer** ; elle doit **répondre aux diversités et aux spécificités de chaque élevage**, qui finalement est à la fois le premier consommateur et le garant de la pérennité des prairies et territoires concernés.

2. Des prairies bien valorisées

L'amélioration de la productivité des prairies concerne également sa valorisation par l'animal. S'il s'agit de produire plus, il s'agit aussi de mieux valoriser cette ressource fourragère renouvelable et bien adaptée à l'alimentation de la plupart des ruminants. Les bilans de valorisation des prairies calculés dans le cadre du conseil en élevage par les organismes de développement révèlent des potentiels gaspillés et/ou des gisements inexploités. Cette meilleure valorisation du disponible fourrager ne nécessite aucune dépense supplémentaire et améliore l'efficacité du système. **Le faible coût alimentaire associé à cette ressource, surtout lorsqu'elle est pâturée, ne doit en aucun cas être un prétexte à son gaspillage et justifier de la négligence dans sa valorisation.** Au contraire. Les travaux de recherche et développement de ces 20 dernières années autour de la valorisation des prairies permettent d'affirmer **l'existence de réserves de progrès substantielles.**

La valorisation des prairies passe par deux voies, souvent complémentaires et combinées, à savoir la récolte par fauche ou par pâturage. Sauf dans le cas particulier de l'affouragement en vert, la pratique de la fauche a deux déterminants majeurs : soit la régulation des excédents d'herbe, notamment au printemps, soit la constitution de stocks destinés à l'alimentation hivernale. Selon ces déterminants, les enjeux et les conditions de réalisation des chantiers de récolte ne seront pas identiques. Ces **récoltes par fauche** nécessitent ensuite la mise en œuvre de techniques de conservation par voie sèche ou humide qui ont fait l'objet de Journées AFPP récentes. Le lecteur pourra se reporter aux Actes de ces Journées publiés dans la revue *Fourrages* (2011). Ainsi, cette 2^e partie sera surtout consacrée à la description des **règles de gestion et de pratiques du pâturage favorables à l'amélioration de la valorisation des prairies.** Il s'agit d'abord de **pâturer longtemps**, à savoir tôt en fin d'hiver et tard en automne voire (sous conditions) de pratiquer le pâturage hivernal. La fréquence de pâturage, autrement dit l'âge de repousse joue un rôle important sur la biomasse présente et la valeur alimentaire de l'herbe offerte. Cette question du rythme de pâturage influence également la valorisation des prairies. Enfin, lors de chaque séquence de pâturage, le taux d'utilisation de l'herbe offerte doit être l'objectif prioritaire. Ce qui justifie de produire une herbe facile à pâturer et d'exiger de l'animal un pâturage ras... sachant qu'au pâturage, du fait des cycles de valorisation successifs, les effets se cumulent et l'état du couvert végétal en sortie de parcelle prépare celui qui sera offert aux animaux lors du cycle suivant.

2.1. Pâturer tôt, pâturer tard : des effets bénéfiques pour la prairie et pour l'animal

Au-delà de la période classique de pâturage qu'est le printemps, il existe un potentiel de jours de pâturage importants et mal utilisés, en sortie d'hiver et en automne. Les travaux prospectifs sur le changement climatique (Moreau *et al.*, 2008 ; Lee *et al.*, 2013) et les années climatiques récentes confortent cette idée d'une répartition différente de la croissance de l'herbe et donc d'une disponibilité en herbe plus importante aux deux extrémités de l'année.

Tant à l'échelle de la parcelle que de l'ensemble du système de pâturage, **la mise à l'herbe précoce en fin d'hiver reste un facteur de réussite essentiel de la gestion du pâturage** et de la valorisation des prairies. Si la date dépend des régions, et notamment de l'altitude, le début de saison de pâturage doit être synchrone, voire un peu anticiper, le démarrage en végétation des graminées. Outre le "nettoyage" des parcelles après l'hiver, le pâturage précoce permet de créer le différentiel d'état entre parcelles et d'installer le déroulement de la saison de pâturage. Ainsi, par exemple, les recommandations irlandaises publiées dans le "*Grazing guide*" suggèrent de pâturer l'ensemble de la surface en herbe, y compris les futures parcelles fauchées, avant le 10 avril. Les travaux publiés par O'Donovan *et al.* (2004) et Kennedy *et al.* (2006) ont également démontré tout l'intérêt d'un pâturage précoce pour la qualité des repousses qui favorise l'ingestion d'herbe par le troupeau et facilite la gestion des cycles suivants (O'Donovan et Delaby, 2008). A cette période de l'année, les conditions de pâturage, notamment la portance des sols, peuvent devenir difficiles mais ne doivent surtout pas

altérer le potentiel productif de la prairie. Des techniques de pâturage adaptées ont été proposées et évaluées. Elles s'appuient si possible sur l'apport de fourrages complémentaires (Delaby *et al.*, 2009) et le maintien des animaux à l'intérieur à certaines périodes ou sur un temps d'accès quotidien limité (4 à 8 h ; Kennedy *et al.*, 2009) qui stimule l'appétit des vaches par adaptation de leur comportement alimentaire (Perez-Ramirez, 2008) et limite les risques de dégradation des prairies.

L'automne, avec le retour des pluies et le maintien de températures douces, se caractérise souvent par une minéralisation intense de l'azote qui permet **une repousse de qualité trop souvent négligée**, notamment dans les troupeaux laitiers. Même si la croissance automnale est insuffisante pour maintenir une ration exclusivement au pâturage, l'herbe disponible peut composer une partie importante de la ration. La valeur alimentaire de l'herbe d'automne, et notamment sa richesse en MAT, en fait un compagnon idéal de l'ensilage de maïs ou du foin pour les vaches laitières comme pour les bovins ou ovins allaitants. Là aussi, il s'agit d'être opportuniste et de savoir saisir ces occasions de pâturage à temps partiel. L'aménagement du parcellaire et la facilitation de l'accessibilité par des chemins adaptés (largeur, matériaux) sont des préalables trop souvent négligés pour pouvoir bénéficier de cette opportunité de pâturage d'automne. Pour **inciter les animaux à pâturer, lors de ces périodes de transition alimentaire**, le moment d'autorisation d'accès à l'auge pour consommer les fourrages complémentaires est très important. Dans la mesure où les périodes d'après traite, matin comme soir, sont des moments où l'appétit est stimulé, il importe de mettre les vaches directement au pâturage sans passage à l'auge qui nuit à la bonne valorisation du pâturage. D'autre part, le comportement alimentaire des bovins et ovins est tel qu'ils ne pâturent pas ou très peu en phase nocturne. En automne, la période de pâturage diurne après la traite du soir s'en trouve ainsi limitée. Un avancement de la traite d'une heure, si possible, est recommandé afin d'offrir aux vaches un temps d'ingestion plus long dans la parcelle.

Pour les animaux à besoins alimentaires faibles à modérés, et dans le cas de **systèmes plus extensifs, le pâturage hivernal** est une alternative intéressante en matière de réduction des coûts de production qui, de plus, renforce l'autonomie des exploitations (Pottier *et al.*, 2009). Compte tenu d'une croissance végétale faible à quasi nulle en hiver, il s'agit d'adapter le type et la charge animale aux stocks sur pied disponibles et plus largement d'adapter le système de production pour mettre en cohérence la demande alimentaire animale et la disponibilité de ressource accumulée en automne (Pottier *et al.*, 2001). Il importe également de ne pas compromettre le potentiel de croissance des prairies au printemps suivant, ce qui est sans doute plus facile à réaliser avec des ovins que des bovins et donc privilégier les parcelles saines et portantes, adopter un intervalle entre passages très long et assurer à la prairie un temps minimum de repos hivernal de 1 à 2 mois.

Si pâturer plus longtemps dans l'année présente de nombreux atouts, il reste à en avoir la volonté et s'en donner les moyens pour le concrétiser dans des conditions optimales.

2.2. Pâturer plus souvent : des effets limités dans une gamme assez large

L'influence de la fréquence de coupe sur la productivité de la prairie et la qualité de l'herbe produite a fait l'objet de divers travaux qui généralement concluent à une augmentation de la production par hectare avec des intervalles plus longs. Cet accroissement de biomasse se traduit aussi par une dégradation de la qualité de l'herbe associée à une réduction de la proportion de feuilles vertes dans la biomasse mais aussi à l'apparition de feuilles sénescents (Leconte, 2002 ; Tunon, 2013). Ainsi l'âge de repousses est un repère important très utilisé dans les recommandations en matière de récolte des fourrages issus de prairies. Cependant peu de travaux ont abordé cette question en situation réelle de pâturage, avec évaluation des effets cumulatifs et dans des gammes d'âge de repousses et de biomasses offertes compatibles avec une valorisation par le pâturage. Des travaux récents réalisés en Irlande (Tableau 1 : McEvoy *et al.*, 2009 ; Curran *et al.*, 2010 ; Tunon, 2013 ; Wims *et al.*, 2014) et conduits à même quantité d'herbe offerte par vache et par jour éclairent cette question. L'augmentation de la fréquence de pâturage aboutit comme attendu à une réduction de la biomasse présente et la surface nécessaire par vache et par jour augmente (+ 5 m² pour 100 kg de MS /ha en moins). **Dès que la biomasse en entrée de parcelle est supérieure à 1 200 kg MS, et jusqu'à des biomasses de 2 000-2 200 kg, le nombre de jour de pâturage réalisés et la production de lait par hectare varient peu.** En Irlande, une gamme de 20 à 30 jours d'âge de repousse est pleinement compatible avec des performances élevées au pâturage pour une fertilisation annuelle de 250 kg N /ha.

En revanche, **le fait de réduire à moins de 20 jours l'âge de repousses et de pâturer à des biomasses inférieures à 1 200 kg de MS/ha en entrée de parcelle** (Tunon, 2013 ; Wims *et al.*, 2014) **a des conséquences préjudiciables à l'échelle du système**. Compte tenu des faibles biomasses, la vitesse de rotation a tendance à s'accélérer et nécessite certaines années, lors des périodes de trop faible croissance, une extension temporaire des surfaces pâturées pour faire face au déficit de biomasse. Le nombre de jours de pâturage réalisés par hectare décroche (Tunon, 2013). D'autre part, les excédents d'herbe à faucher deviennent très limités et les stocks réalisés sont insuffisants pour alimenter le troupeau en hiver (Wims *et al.*, 2014). En conséquence, sur prairie de graminée, les recommandations actuelles proposent un compromis autour de 1 200-1 500 kg de MS (au dessus de 4 cm, soit une hauteur mesurée à l'herbomètre de 10-12 cm selon les densités) en entrée de parcelle et une adaptation de l'âge de repousse en conséquence de cet objectif.

Sur prairies pâturées, l'augmentation de l'âge de repousse, qui serait souhaitable pour bénéficier de la pleine croissance de l'herbe et gagner des jours de pâturage par hectare, ne doit altérer ni la facilité de pâturage, ni la valeur alimentaire de l'herbe offerte. Dans cet objectif, la présence du trèfle blanc prend ici tout son intérêt. De par sa composition morphologique, sa valeur nutritive évolue peu avec l'âge de repousse et son appétence reste excellente. Contrairement aux prairies de ray-grass anglais pur, l'association avec du trèfle blanc permet de maintenir les performances laitières avec un allongement du temps de repousses intéressant à l'échelle du système (Ribeiro-Filho *et al.*, 2003).

Tableau 1 : Influence de l'âge de repousse et de la biomasse présente sur les performances des vaches laitières au pâturage.

Auteurs - Année	Mc Evoy <i>et al.</i> (2009)		Curran <i>et al.</i> (2010)		Tunon (2013)			Wims <i>et al.</i> (2013)		
Durée expérimentale	215 jours		206 jours		162 jours			212 jours		
Biomasse (kg MS/ha)	1 900	2 500	1 700	2 500	1 000	1 500	2 300	1 150	1 400	2 000
Nombre de cycles	10	7	10	7	10	8	5	12	10,5	9,5
Age de repousse (jours)	21	31	21	30	14	20	29	17	21	25
Surface (m ² /vache/jour)	113	83	119	83	176	113	74	136	111	85
Hauteur en entrée de parcelle (cm)	13,2	15,8	11,8	14,5	6,9	8,8	11,8	8,0	9,6	12,0
Hauteur en sortie de parcelle (cm)	5,1	5,4	4,7	5,2	4,0	4,2	4,3	4,0	4,0	4,2
Lait/vache (kg/jour)	19,3	18,5	20,1	19,0	22,3	21,9	21,0	18,4	17,8	18,2
Jours de pâturage/ha (jours)	869	817	819	844	644	721	787	1014	1058	1153
Lait/ha (kg)	16 461	15 786	16 983	15 440	14 361	15 790	16 527	17 447	17 852	19 403

2.3 Pâturer ras : respecter la cohérence entre les hauteurs en entrée et en sortie de parcelle

Au pâturage, lorsque le temps d'accès n'est pas limitant, les quantités d'herbe ingérées sont d'abord sous la dépendance des quantités d'herbe offertes (Delagarde et Peyraud, 2013). Vouloir maximiser les quantités d'herbe ingérées au pâturage dans l'objectif d'exprimer le potentiel de production laitière ou de croissance des animaux oblige alors à offrir des quantités d'herbe importantes par animal et par jour. Cette pratique a pour conséquence une augmentation sensible de la hauteur en sortie de parcelle et donc de la biomasse résiduelle. Ainsi, chez les vaches laitières, en l'absence de toute complémentation au pâturage, une augmentation de l'ingestion de 1 kg de MS passe par l'attribution d'environ 4 à 5 kg de MS en plus. Le taux marginal d'utilisation est faible, entre 15 et 25 % et la hauteur après pâturage augmente de 0,7 à 1,0 cm (Peyraud et Delaby, 2005). **Au pâturage, il existe donc un certain antagonisme entre la maximisation des performances individuelles et un fort taux de valorisation de la prairie. Bien pâturer, c'est réussir à minimiser cet antagonisme et donc fournir aux animaux une herbe facile à pâturer** qui sera ingérée en quantité importante à la fois par vache et par hectare.

Pour un niveau de performances souhaité, il existe une relation entre les hauteurs en entrée (HE) et en sortie (HS) de parcelle (Delaby *et al.*, 2011). **Le rapport entre ces deux hauteurs est un excellent indicateur de l'ingestion et un ratio HS/HE de 40 à 45% est un objectif à viser pour**

réaliser ce compromis entre performances par vache et par hectare. Un taux d'utilisation supérieur de la prairie est possible mais sera obtenu au détriment des performances individuelles. Pour une biomasse donnée, cela passe alors par une restriction de la surface offerte et donc une augmentation du chargement instantané. A l'échelle de la saison de pâturage, l'analyse bibliographique récente réalisée par McCarthy *et al.* (2011) confirme l'augmentation des performances par hectare (+ 20%) au détriment des performances par vache (- 7%) pour un accroissement du chargement de 1 vache/hectare. Cet accroissement du chargement aboutit en fait à une augmentation du nombre de jours de pâturage réalisés par hectare, ce qui explique que l'amélioration de la performance par hectare passe par une augmentation du taux de valorisation de l'herbe produite. Dans ces conditions, l'impact environnemental de l'augmentation du chargement est faible (Vérité et Delaby, 1998), comme l'indiquent les résultats obtenus en Irlande (Tableau 2, Horan et O'Donovan, comm. pers.). Malgré la réduction de la fertilisation azotée et des apports de concentré, les performances laitières par hectare (chargement et lait produit) ont augmenté tandis que le risque de lessivage des nitrates (évalué grâce à l'installation de bougies poreuses) a sensiblement diminué.

Tableau 2 : Mieux valoriser les prairies pour améliorer l'efficacité du système herbager. Données synthétisées par Horan et O'Donovan (comm. pers.) à partir des travaux conduits sur la ferme expérimentale de Curtins (Teagasc, Irlande).

Année	2003	2005	2007	2009	2011
Saison de pâturage (jours)	293	295	306	287	285
Chargement (vaches/ha)	2,44	2,63	2,67	2,88	2,88
Fertilisation N (kg/ha)	289	331	313	248	249
Concentré (kg/vache)	716	636	590	288	430
Lait (1 000 kg/ha)	15,6	15,5	14,6	14,4	15,3
Nitrates (NO ₃ ⁻ - N mg/l)	11,1	13,3	12,4	9,7	6,6

L'obtention systématique d'une hauteur faible en sortie de parcelle (< à 5 cm), témoin d'une bonne valorisation et garant de repousses de qualité (Stakelum et Dillon, 2007), est d'autant plus facile que la hauteur en entrée de parcelle est modérée. Là, encore un **objectif de 10 à 12-13 cm** semble à recommander pour optimiser la valorisation de l'herbe produite. Ces principes de gestion du compromis au pâturage, élaborés chez les vaches laitières, restent valables chez les bovins allaitants ou les génisses mais s'imposent avec moins d'acuité du fait de besoins et d'une réactivité plus faibles. **Dans le cas des ovins**, leur aptitude à pâturer plus bas incite à garder les mêmes règles d'optimisation du pâturage mais avec un **référentiel de hauteurs inférieur d'environ 2 cm.**

Bien valoriser les prairies par le pâturage oblige l'éleveur à être exigeant. Exigeant vis-à-vis du troupeau et de son apprentissage à assumer les souhaits de l'éleveur (et non l'inverse). Exigeant aussi dans le suivi et la gestion des parcelles afin de toujours pouvoir anticiper et revisiter les choix pour intégrer au mieux les imprévus, notamment en termes de croissance de l'herbe.

Conclusion

Les prairies dans leur ensemble représentent un gisement alimentaire considérable pour les ruminants. Gisement naturellement renouvelable qui pourrait souvent être mieux exploité. Les techniques d'amélioration de leur productivité et de leur valorisation, que ce soit par la fauche ou le pâturage, sont bien connues. Quels que soient les territoires, mais pour des raisons différentes, la place et la pérennité des prairies dépendent aujourd'hui plus qu'hier de la volonté des éleveurs de ruminants de les intégrer dans leurs systèmes fourragers. Les attentes sociétales autour de la multifonctionnalité des prairies ne pourront être satisfaites que si les éleveurs en deviennent complices, c'est-à-dire s'ils trouvent eux aussi dans les prairies et leur valorisation des motivations rémunérées de leurs activités d'élevage.

Cet article de synthèse a été réalisé dans le cadre des travaux du RMT "Prairies Demain".

Références bibliographiques

- AMIAUD B., CARRÈRE P. (2012) : "La multifonctionnalité de la prairie pour la fourniture de services écosystémiques", *Fourrages*, 211, 229-238.
- BAUMONT R., PLANTUREUX S., FARRIÉ J.P., LAUNAY F., MICHAUD A., POTTIER E. (2011) : "Prairies permanentes – Des références pour valoriser leur diversité", Institut de l'Élevage ed, Paris, France, 128 pages.
- CRUZ P., THEAU J.P., LECLoux E., JOUANY C., DURU M. (2010) : "Typologie fonctionnelle de graminées fourragères pérennes : une classification multitraits", *Fourrages*, 201, 11-17
- COMIFER (2013) : "Calcul de la fertilisation azotée. Culture annuelle et prairies", Paris, France, 160 pages. Disponible sur www.comifer.asso.fr
- CURRAN J., DELABY L., KENNEDY E., MURPHY J.P., BOLAND T., O'DONOVAN M. (2010) : " Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance are affected by pre-grazing herbage mass and pasture allowance", *Livestock Science*, 127, 144-154.
- DECAU M.L., SIMON J.C., JACQUET A. (2004) : " Nitrate leaching under grassland as affected by mineral nitrogen fertilisation and cattle urine", *Journal of Environmental Quality*, 33, 637-644.
- DECAU M.L., SALETTE J. (1992) : "Suivi de l'azote ammoniacal et nitrique dans les sols de prairie au cours des saisons et après destruction du couvert végétal", *Fourrages*, 132, 355-363.
- DELABY L., DELAGARDE R., PEYRAUD J.L. (2009) : "Quelle quantité de compléments distribuer aux vaches laitières lors de temps d'accès limité au pâturage ?", *Rencontres Recherches Ruminants*, 16, 50.
- DELABY L., LEURENT S., CARBONNIER Y., LELOUP L. (2011) : "Au pâturage, des indicateurs pour faciliter les décisions de sortie de parcelles des vaches laitières", *Rencontres Recherches Ruminants*, 18, 43.
- DELAGARDE R., PEYRAUD J.L. (2013) : "Gérer les variations des apports alimentaires des vaches laitières au pâturage", *INRA, Productions Animales*, 26(3), 263-276.
- DURAND J.L., VOLAIRE F., PICHON-COCHARD C., LORGEOU J. (2013) : " Ecophysiologie de la réponse et de l'adaptation des plantes fourragères et prairiales au changement climatique", *Fourrages*, 214, 111-118.
- DURU M., CRUZ P., JOUANY C., THEAU J.P. (2000) : "Intérêt, pour le conseil, du diagnostic de nutrition azotée de prairies de graminées par analyse de plante", *Fourrages*, 164, 381-395.
- DURU M., CRUZ P., THEAU J.P., JOUANY C., ANSQUER P., AL HAJ KHALED R., THEROND O. (2007) : "Typologies de prairies riches en espèces en vue d'évaluer leur valeur d'usage : bases agro-écologiques et exemples d'application", *Fourrages*, 192, 453-475.
- DURU M., CRUZ P., THEAU J.P. (2010) : "Évaluer la souplesse d'utilisation des prairies permanentes par la caractérisation de la composition fonctionnelle de la végétation et la phénologie des espèces", *Fourrages*, 201, 3-10.
- DURU M., THEAU J.P., HOSSARD L., MARTIN G. CRUZ P. (2011) : "Diversité de la composition fonctionnelle de la végétation au sein d'une prairie et entre prairies : caractérisation et analyse dans des élevages herbagers", *Fourrages*, 205, 61-73.
- DURU M., HOSSARD L., MARTIN G., THEAU J.P. (2012) : "A methodology for characterization and analysis of plant functional composition in grassland-based farms", *Grass and Forage Science*, 68, 216-227.
- FISCHER M., ROTTSTOCK T., MARQUARD E., MIDDELHOFF C., ROSCHER C., TEMPERTON V.-M., OELMANN Y., WEIGELT A. 2008 L'expérience de Iéna démontre les avantages de la diversité végétale pour les prairies. *Fourrages*, 195: 275-286.
- GASTAL F., LEMAIRE G. (1997) : "Nutrition azotée et croissance des peuplements végétaux cultivés" in *Assimilation de l'azote chez les plantes*, Morot-Gaudry J.F. ed, INRA, Paris, France, 355-367
- GNIS (2011) : <http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-presentation.html>
- GOUTIERS V., DEO M., HAZARD L., VALLAS M., EXPERTON C. (2013) : "CAPFLOR, un outil pour concevoir des prairies à flore variée : première production du projet MeliBio", Actes du colloque Dynabio, Tours, France, 133-134
- HENNESSY D., EGAN M., ENRIQUEZ-HIDALGO D. (2013) : "Exploiting the potential of white clover", In *Irish Dairying, Harvesting the potential*, Moorepark Open Day, 3rd July, Teagasc, Cork, Ireland, 50-51
- HNATYSZYN M., GUAIS A. (1988) : "Les fourrages et l'éleveur", Coll. Agriculture d'Aujourd'hui, Tec & Doc, Lavoisier, J. B. Baillière ed, Paris, France, 440 pages.
- HOUSSIN B. (2002) : "Valorisation du lisier de bovins sur prairies pâturées par des vaches laitières", *Fourrages*, 172, 369-376.
- HUMPHREYS J., CASEY I., LAIDLAW S. (2009) : " Comparison of milk production from clover-based and fertilizer-N-based grassland on a clay-loam soil under moist temperate climatic conditions", *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 48, 189-207.

- KENNEDY E., O'DONOVAN M., MURPHY J.P., O'MARA F.P., DELABY L. (2006) : " The effect of initial spring grazing date and subsequent stocking rate on the grazing management, grass dry matter intake and milk production of dairy cows in summer", *Grass and Forage Science*, 61, 375-384.
- KENNEDY E., McEVOY M., MURPHY J.P., O'DONOVAN M. (2009) : " Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behaviour, and dry matter intake", *Journal of Dairy Science*, 92, 168-176.
- LAISSUS R. (1981) : " Ajustement de la fertilisation azotée des prairies pâturées en vue d'utiliser les potentialités du trèfle blanc", *Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France*, Séance du 8 avril, 599-615.
- LECONTE D. (2002) : "Importance du rythme et de la hauteur de défoliation du ray-grass anglais sur la composition morphologique des repousses", *Fourrages*, 169, 47-63.
- LEE J.M., CLARK A.J., ROCHE J.R. (2013) : "Climate-change effects and adaptation options for temperate pasture-based dairy farming systems : a review", *Grass and Forage Science*, 68, 485-503.
- LEMASSON C., PIERRE P., OSSON B. (2008) : "Rénovation des prairies et sursemis. Comprendre, raisonner et choisir la méthode", *Fourrages*, 195, 315-330.
- LOISEAU P., SOUSSANA J.F., LOUAULT F. DELPY R., (2001) : " Soil N contributes to the oscillations of the white clover content in mixed swards of perennial ryegrass under conditions that simulate grazing over five years", *Grass and Forage Science*, 56, 205-217.
- MCCARTHY B., DELABY L., PIERCE K.M., JOURNOT F., HORAN B. (2011) : "Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production systems", *Animal*, 5, 784-794.
- McEVOY M., O'DONOVAN M., KENNEDY E., MURPHY J.P., DELABY L., BOLAND T. (2009) "Effect of pregrazing herbage mass and pasture allowance on the lactation performance of Holstein-Friesian dairy cows", *Journal of Dairy Science*, 92, 414-422.
- McEVOY M., O'DONOVAN M., SHALLOO L. (2011) : "Development and application of an economic ranking index for perennial ryegrass cultivars", *Journal of Dairy Science*, 94, 1627-1639.
- MCFEELY P.C., BROWNE D., CARTY O. (1975) : "Effect of grazing interval and stocking rate on milk production and pasture yield", *Irish Journal of Agriculture Research*, 14, 309-319.
- MICHAUD A., ANDUEZA D., PICARD F., PLANTUREUX S., BAUMONT R., (2011) : "Seasonal dynamics of biomass production and herbage quality of three grasslands with contrasting functional compositions", *Grass and Forage Science*, 67, 64-76.
- MOREAU J.C., RUGET F., FERRAND M., SOUVERAIN F., POISSON S., LANNUZEL F., LACROIX B. (2008) : "Prospective autour du changement climatique : adaptation de systèmes fourragers", *Rencontres Recherches Ruminants*, 15, 193-200.
- O'DONOVAN M., DELABY L., PEYRAUD J.L. (2004) : " Effect of time of initial grazing date and subsequent stocking rate on pasture production and dairy cow performance", *Animal Research*, 53, 489-502;
- O'DONOVAN M., DELABY L., STAKELUM G., DILLON P. (2004) : "Effect of autumn/spring nitrogen application date and level on dry matter production and nitrogen efficiency in perennial ryegrass swards", *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 43, 31-41.
- O'DONOVAN M., DELABY L. (2008) : " Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance is affected by timing of spring grazing and subsequent stocking rate"; *Livestock Science*, 115, 158-168
- PEREZ-RAMIREZ E., DELAGARDE R., DELABY L. (2008) : " Herbage intake and behavioural adaptation of grazing dairy cows by restricting time at pasture under two feeding regimes", *Animal*, 2(9), 1384-1392
- PEYRAUD J.L., DELABY L. (2005) : "Combiner la gestion optimale du pâturage et les performances des vaches laitières : enjeux et outils", *INRA, Productions Animales*, 18(4), 231-240.
- PEYRAUD J.L., LE GALL A., LÜSCHER A. (2009) : "Potential food production from forage legume-based-systems in Europe: an overview", *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 48, 115-135.
- PIERRE P., DELEAU D., OSSON B. (2013) : "Quel entretien pour les prairies permanentes ? De l'amélioration par les pratiques à la rénovation totale", *Fourrages*, 213, 45-54.
- POTTIER E., D'HOOR P., HAVET A., PELLETIER P. (2001) : " Allongement de la saison de pâturage pour les troupeaux allaitants", *Fourrages*, 167, 287-310.
- POTTIER E., TOURNADRE H., BENOIT M., PRACHE S. (2009) " Maximiser la part du pâturage dans l'alimentation des ovins : intérêt pour l'autonomie alimentaire, l'environnement et la qualité des produits", *Fourrages*, 199, 349-371.
- PRINS W.H., ARNOLD G.H. (1980) : "The role of nitrogen in intensive grassland production", *Proceedings of an International Symposium of the European Grassland Federation*, 25-29 August, Wageningen, the Netherlands, 171 pages.

- RIBEIRO-FILHO H.M.N., DELAGARDE R., PEYRAUD J.L. (2003) : "Inclusion of white clover in strip-grazed perennial ryegrass swards: herbage intake and milk yield of dairy cows at different ages of sward regrowth", *Animal Science*, 77, 499-510
- SALETTE J., LEMAIRE G. (1981) : "Sur la variation de la teneur en azote de graminées fourragères pendant leur croissance: formulation d'une loi de dilution", *C. R. Acad. Sc. Paris*, 292, 875-878.
- SALETTE J., HUCHÉ L. (1991) : "Diagnostic de l'état de nutrition minérale d'une prairie par l'analyse du végétal principes, mise en oeuvre, exemples", *Fourrages*, 125, 3-18.
- SIMON J.C., LECONTE D., VERTÈS F., LE MEUR D. (1997) : "Maîtrise de la pérennité du trèfle blanc dans les associations", *Fourrages*, 152, 483-498.
- STAKELUM G., DILLON P.G. (2007a) : "The effect of grazing pressure on rotationally grazed pastures in spring/early summer on subsequent sward characteristics", *Irish Journal of Agricultural & Food Research*, 46, 15-28.
- TUNON G.E. (2013) : "Improving the use of perennial ryegrass swards for dairying in Ireland", Thèse de Massey University, Palmerston North, New Zealand, 230 pages.
- VÉRITÉ R., DELABY L. (1998) : "Conduite alimentaire et rejets azotés chez la vache laitière. Interrelations avec les performances", *Rencontres Recherches Ruminants*, 5, 185-192.
- WIMS C., DELABY L., BOLAND T., O'DONOVAN M., (2014) "Effect of pre-grazing herbage mass on dairy cow performance, grass dry matter production and output from perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) pastures", *Animal*, 8:1, 141-151.