

Qualité des fourrages : de la plante à la ration alimentaire

J.L. Peyraud¹, R. Baumont²

Cet article présente de façon synthétique et critique les apports de la session 2 du Congrès Européen des Herbages 2002 (La Rochelle, 27-30 mai).

RESUME

La qualité des fourrages reste un thème d'importance qui a rassemblé 25% des contributions au Congrès. Trois axes principaux de recherche sont identifiés : i) la prévision de l'ingestion des fourrages et de leur valeur nutritionnelle. L'utilisation de la spectrométrie dans le proche infra-rouge pour prévoir rapidement la composition chimique des fourrages, leur digestibilité et leur ingestibilité offre des perspectives indéniables. Des progrès significatifs dans la compréhension de la régulation de l'ingestion sont aussi à attendre d'approches modélisatrices encore peu développées à ce jour ; ii) mieux connaître au pâturage la composition de la ration prélevée par les herbivores et l'impact de l'animal sur la végétation (notamment dans les systèmes extensifiés) ; iii) progresser sur la connaissance et la maîtrise des déterminants de la qualité (en lien avec l'architecture du couvert et les bases moléculaires et biochimiques de la composition du végétal). L'enjeu est ici de bien définir les priorités.

MOTS CLES

Composition chimique, ingestibilité, méthode d'estimation, pâturage, prairie, recherche scientifique, sélection variétale, qualité des produits, qualité organoleptique, structure de la végétation, valeur alimentaire, végétation.

KEY-WORDS

Chemical composition, cultivar breeding, estimation method, feeding value, grassland, grazing, organoleptic quality, product quality, scientific research, sward structure, vegetation, voluntary intake.

AUTEURS

1 : INRA, UMR INRA/ENSAR Production du Lait, F-35590 Saint-Gilles ; Jean-Louis.Peyraud@rennes.inra.fr

2 : INRA, Unité de Recherches sur les Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle ; baumont@clermont.inra.fr

Les systèmes de production en Europe n'ont plus comme seul objectif de produire du lait ou de la viande. Ils doivent aussi limiter leurs impacts sur l'environnement, préserver, voire accroître, la biodiversité, participer aux paysages et permettre d'élaborer une large gamme de produits animaux, depuis des produits à bas prix jusqu'à des produits ayant des signes de qualité reconnaissables. Dans ce contexte qui se complexifie, les systèmes herbagers ont des atouts, et de nouvelles questions de recherche se font jour.

Dans cette session du 19^e Congrès Européen des Herbages, les rapports principaux ont apporté des éléments de réponse sur les perspectives de recherche concernant la qualité des fourrages. Le texte de Milne a identifié les enjeux futurs de la recherche sur les fourrages : i) améliorer la prévision de l'ingestion des fourrages et de la digestion de leurs protéines, en particulier par la modélisation ; ii) développer des recherches plus fondamentales sur les déterminants de la qualité des fourrages afin de pouvoir la manipuler et iii) dans les situations extensives, mieux connaître la composition de la ration prélevée par les herbivores, et la répartition spatiale de leur impact (défoliation et rejets) sur les couverts végétaux. Les textes de Robbins *et al.* et de Lantinga *et al.* ont bien illustré les recherches en cours sur la compréhension et l'amélioration de la qualité des fourrages. Celui de Robbins *et al.* a montré les potentialités des outils de la génétique moléculaire pour modifier la composition des fourrages. Celui de Lantinga *et al.* a fait le point des connaissances sur les relations entre morphogenèse et qualité (principalement la digestibilité) du fourrage. Ces rapports ont été complétés par des contributions qui ont permis d'avoir une image sur les axes de recherche actuellement développés.

1. Etat actuel de la recherche en Europe

La qualité des fourrages reste un thème d'importance si l'on en juge par le nombre de contributions : 103 contributions (soit environ le quart des contributions au Congrès). Les thématiques abordées ont concerné principalement la valeur nutritionnelle des fourrages (55% des papiers), la composition chimique et la composition botanique des prairies (20% des papiers), le comportement animal et l'étude de l'interface animal-herbe (15% des papiers). A peine 10% des communications ont concerné l'effet des caractéristiques des fourrages et de leur utilisation au sein de rations sur les performances des animaux.

Les principaux thèmes abordés concernant la valeur des fourrages ont été :

- L'effet des conditions d'exploitation (principalement le stade) et de l'introduction de légumineuses sur la valeur nutritionnelle de l'herbe (une dizaine de posters). Plus de la moitié de ces contributions faisait référence à des conditions de production moins intensives que par le passé.
- La digestion ruminale des fourrages (12 posters) avec une majorité d'entre eux relatifs à la dégradation des protéines.
- Les méthodes d'estimation rapide de la valeur des fourrages (une dizaine de posters) dont la majorité a porté sur les méthodes de spectrométrie dans le proche infrarouge.
- L'amélioration génétique de la valeur nutritionnelle de l'herbe (7 papiers) dont 3 contributions ont concerné des approches de génétique moléculaire.
- La conservation des ensilages a représenté une petite dizaine de papiers dont plus de la moitié en provenance des pays de l'Est.

Les principaux thèmes abordés sur la composition des prairies ont été :

- L'effet des modalités d'exploitation en vert (fertilisation, stade, hauteur de coupe) et de la conservation du fourrage sur sa composition (10 posters).
- L'approche classique d'analyse floristique et chimique de prairies naturelles dans différentes situations pédoclimatiques (Europe du Nord et continentale, 6 papiers).
- Trois papiers ont fait référence aux fourrages en tant que source de micro-nutriments pour l'animal (composés secondaires et oligo-éléments).

Cette analyse montre des thèmes en émergence tels que la sélection des fourrages pour une meilleure qualité à l'aide des techniques de biologie moléculaire. D'autres approches, plus classiques, s'adaptent à de nouvelles conditions de production. Des travaux ont fait référence à la valeur nutritionnelle et à la digestion des fourrages dans des systèmes moins intensifs (jusqu'à la production biologique) et/ou faisant une plus large place aux légumineuses. D'autres thèmes sont moins prioritaires : techniques de conservation des ensilages, analyse floristique des prairies ou valorisation des pailles. On peut s'étonner que peu de travaux aient

concerné la composition en éléments secondaires des plantes pouvant avoir un effet soit sur la qualité des produits (composés terpéniques...), soit sur la santé ou la reproduction des animaux (phyto-oestrogènes...). Quatre papiers (dont deux ont été présentés dans la session 3 sur la qualité des produits animaux) ont fait référence à la composition en acides gras poly-insaturés (principalement l'acide α linoléique, C18:3n-3) des fourrages et aux phénomènes d'hydrogénation des acides gras au niveau du rumen dans un objectif de qualité des produits animaux. Hormis le travail sur l'ensilage de blé immature (Froidmont *et al.*) et sur *Elymus repens* (Heikkilä), il faut noter l'absence de travaux relatifs à la valeur alimentaire d'espèces plus diversifiées ou à l'étude des effets associatifs entre fourrages au sein d'une ration sachant que ces espèces ou ces associations pourraient avoir un rôle plus important à l'avenir dans des systèmes cherchant à préserver l'environnement et la biodiversité. L'approche par modélisation reste encore timide. En dehors du rapport de Lantinga *et al.*, seuls 4 papiers (principalement dans le thème "interface herbe - animal") faisaient explicitement référence à la modélisation.

2. Améliorer la prévision de l'ingestion et de la valeur nutritionnelle des fourrages

Les techniques de mesure de la qualité des fourrages doivent être réexaminées à la lumière des nouveaux objectifs assignés aux systèmes de production. Il est nécessaire de prévoir plus précisément l'ingestion, la digestion, l'efficacité d'utilisation de l'azote et la composition du régime lorsque l'animal est dans un environnement complexe.

Pour estimer la valeur nutritionnelle des fourrages, il est nécessaire de connaître, au-delà de la seule digestibilité, les fractions protéiques et des glucides structuraux potentiellement dégradables dans le rumen, et l'efficacité des synthèses microbiennes. Les progrès dans la connaissance de la digestion et du métabolisme chez les ruminants au cours des dernières décennies ont permis de développer de nouvelles méthodes de mesure et de prévision de la qualité des fourrages. Ces méthodes sont basées sur des approches *in situ* et *in vitro*. La méthode *in situ* consiste à suivre la dégradation d'un fourrage placé dans un sachet de nylon dans le rumen d'un animal. Elle a permis des progrès importants, notamment dans la connaissance de la valeur azotée des fourrages. Aujourd'hui, elle a vraisemblablement atteint ses limites en raison de la nécessité d'utiliser des animaux préparés chirurgicalement, de la variabilité des résultats obtenus entre laboratoires et des biais éventuels liés à la préparation physique des échantillons (broyage, séchage). Elle reste malgré tout très utilisée, par exemple pour caractériser les fourrages issus de prairies naturelles récemment extensifiées (Bruinenberg *et al.*).

La méthode *in vitro* consiste à mesurer la production de gaz lors de la fermentation d'un fourrage dans du liquide du rumen. Elle permet en théorie de mieux suivre l'activité microbienne et est plus simple à mettre en œuvre que la méthode *in situ*. C'est une méthode actuellement attractive. Certains auteurs ont ainsi proposé de l'utiliser pour suivre la dégradation des protéines du fourrage et les synthèses microbiennes. En réalité, elle semble avoir un potentiel voisin de la méthode *in situ* et le risque existe de vouloir l'utiliser au-delà de son potentiel réel. En particulier, il est peu probable qu'elle puisse permettre de prévoir l'ingestion des fourrages.

Le développement de méthodes permettant de prévoir l'aptitude d'un fourrage à être ingéré reste un enjeu essentiel car l'ingestion est le principal déterminant des performances d'un animal. Les méthodes *in vitro* et *in situ* ne le permettent pas et, en raison de la complexité de la digestion chez les ruminants, une mesure simple de la composition chimique est peu prédictive. En revanche, l'utilisation de ces critères dans des modèles mécanistes constitue un domaine à développer pour mieux prévoir la qualité des fourrages et en particulier leur ingestibilité. Baumont *et al.* (2002b) ont présenté un premier modèle de fonctionnement du rumen qui pourrait permettre de caractériser l'effet d'encombrement ruminal des fourrages.

La dernière décennie a vu également le développement important de la spectrométrie dans le proche infrarouge pour prévoir la composition chimique des fourrages, mais aussi directement leur digestibilité et leur ingestibilité. A l'avenir, cette technique pourrait aussi être utilisée pour prévoir d'autres indicateurs de la qualité des fourrages comme les fractions solubles et dégradables des protéines et des glucides de structure, les teneurs en composés secondaires. La spectrométrie dans le proche infrarouge semble aussi avoir des potentialités pour prévoir les quantités ingérées au pâturage à partir de l'analyse spectrale des fèces (Decruyenaere *et al.*). La principale difficulté de cette méthode, par ailleurs très rapide et permettant de tester un grand nombre d'échantillons, est l'acquisition de valeurs de référence pour la calibration. Ceci peut relancer l'intérêt de mesures *in vivo* sur animaux vigiles et le développement de méthodes traditionnelles plus rapides et plus précises.

La gestion du pâturage nécessite aussi des outils faciles à mettre en œuvre sur le terrain. Une démarche intéressante a été proposée par Jeulin *et al.* qui consiste à évaluer la valeur nutritionnelle d'un couvert végétal à base de ray-grass anglais et de trèfle blanc à partir d'une grille de notation visuelle des prairies et de la saison. Cette grille de notation a été au préalable calée à partir de nombreuses analyses de laboratoire.

3. Au pâturage, mieux connaître l'ingestion, la composition de la ration prélevée et l'impact de l'animal sur les couverts végétaux

L'utilisation comme marqueurs des n-alcanes, molécules indigestibles présentes dans les cuticules des plantes, a été proposée depuis le milieu des années 80 pour estimer les quantités ingérées et la digestibilité au pâturage. Beaucoup de méthodologie a été effectuée et le rapport de Milne a bien montré que cette technique a été validée avec succès mais principalement avec des couverts végétaux à base de ray-grass. Toutefois, d'autres techniques basées sur l'utilisation d'un marqueur externe (oxyde de chrome ou d'ytterbium) associé à une estimation de la digestibilité de ration à partir de la composition des fèces permettent également des mesures précises des quantités ingérées au pâturage (Parga *et al.*). Peu de données nouvelles ont été présentées sur les facteurs affectant l'ingestion des fourrages verts. Seuls deux travaux ont fait référence au pâturage (Crawford et Mayne ; Parga *et al.*) et deux autres textes (Van Caelenbergh *et al.* ; Tas *et al.*) étaient centrés sur des mesures d'ingestion d'herbe verte avec des animaux à l'auge.

Dans les systèmes plus extensifiés, il est également important d'estimer la composition de la ration prélevée par les animaux, non seulement pour prévoir sa valeur nutritionnelle mais aussi pour prévoir l'impact à long terme du pâturage sur la dynamique de végétation qui est un élément de la durabilité des systèmes. Le rapport de Milne a bien montré que l'on pouvait exploiter les différences de profils en alcanes des plantes pour estimer la composition du régime à partir du profil en alcanes des fèces des animaux. Toutefois, le potentiel de cette approche, qui a pu être validée dans le cas de mélanges simples avec quatre espèces végétales au plus, doit être testé à l'avenir dans des situations complexes. Le deuxième aspect pour étudier et prévoir l'impact du pâturage sur la dynamique de végétation est d'évaluer la répartition spatiale des prélèvements. Les techniques de localisation des animaux par GPS permettent maintenant d'étudier comment les herbivores utilisent de grands espaces. L'association des différentes techniques de mesure permettra à l'avenir de mieux décrire les interactions entre les plantes et les animaux. La session a d'ailleurs bien montré les développements récents de la thématique. A tous les niveaux d'échelle considérés, les relations animal-plantes constituent des systèmes complexes dont la représentation simplifiée dans un modèle doit aider à la compréhension. Des modèles prenant en compte l'hétérogénéité spatiale des prairies pâturées sont en cours de développement dans différentes équipes de recherche (Swain *et al.* ; Carrère *et al.* ; Baumont *et al.*, 2002a). Ils intègrent des lois de réponse du comportement de l'animal dans des pâturages hétérogènes (Dumont *et al.* ; Prache *et al.*) et ont pour objectif de simuler la dynamique d'un système troupeau/parcelle pâturée. Ces travaux expérimentaux et de modélisation doivent contribuer à une meilleure gestion des systèmes pâturés de manière extensive en cherchant à concilier la production animale et la durabilité de l'écosystème prairial.

4. Connaissance des déterminants de la qualité

Au cours de la dernière décennie, peu d'efforts ont été consacrés à l'amélioration de la compréhension des déterminants de la qualité, sans doute du fait de la restriction des budgets de recherche consacrés à la nutrition des ruminants (Milne). Ces déterminants sont de deux ordres : ils relèvent de l'élaboration de l'architecture du couvert et des bases moléculaires et biochimiques de la composition du végétal. La possibilité de modifier la composition des fourrages, et donc leur qualité, par les outils de la génétique moléculaire va sans doute donner un nouvel essor à cette recherche.

*** Bases moléculaires et biochimiques de la composition du végétal**

Le rapport de Robbins *et al.* a présenté les programmes actuellement en cours à l'IGER d'Aberystwyth au Pays de Galles. Ils s'orientent dans deux directions : amélioration de la digestibilité des parois des graminées par réduction des composés phénoliques et de leurs liaisons aux glucides pariétaux, et limitation des pertes azotées dans le rumen par la biosynthèse de tanins chez les légumineuses. Ces travaux ont déjà établi qu'il est possible de manipuler l'expression de certains gènes régulateurs impliqués.

Différentes stratégies sont à l'étude chez la fétuque et le ray-grass italien en utilisant des gènes impliqués dans la régulation de la biosynthèse des composés phénoliques ou par l'introduction de gènes microbiens. Ces approches doivent permettre d'identifier l'ensemble des gènes impliqués et cette information aidera à l'identification de QTL et aux programmes d'amélioration génétique des plantes. Des contributions issues du même centre de recherches ont illustré les potentialités de ces techniques mais aussi les difficultés rencontrées. Bettany *et al.* ont réussi à faire exprimer chez le ray-grass d'Italie et la fétuque un enzyme microbien qui réoriente le métabolisme des précurseurs de la lignine. Malheureusement, l'expression du transgène est parfois très faible et la croissance des plantes transgéniques a été fortement ralentie. Buanafina *et al.* ont réussi à créer des lignées de fétuque et de ray-grass d'Italie exprimant le gène de l'acide férulique estérase isolé d'*Aspergillus niger* et qui bloque l'estérification de l'acide férulique sur les arabinoxylyanes. Les premiers résultats ne laissent cependant pas apparaître une amélioration très sensible de la digestibilité. Chez les principales légumineuses utilisées en Europe qui ne contiennent pas de tanins, l'objectif serait de faire exprimer les gènes déterminant les synthèses de tanins pour limiter la dégradation ruminale des protéines. Les recherches sont actuellement conduites sur le lotier corniculé considéré comme une plante modèle pour étudier les possibilités de modulation des teneurs en tanins. Des transgènes caractérisés par leur teneur en tanins condensés ont pu être créés. Des teneurs de l'ordre de 2 à 3% de la matière sèche confèrent un niveau significatif de protection des protéines sans pour autant affecter les teneurs en composés phénoliques.

Le challenge pour l'avenir est de définir des pistes claires pour l'amélioration des fourrages par la génétique. Pour cela, il est nécessaire de développer une approche transdisciplinaire (généticiens, agronomes, nutritionnistes). En effet, la liste est longue des attributs intéressants à modifier par rapport à des objectifs environnementaux, nutritionnels, de qualité des produits ou de santé de l'animal. On peut s'interroger sur les objectifs et les voies d'action présentées. Si l'amélioration de la digestibilité est un enjeu fort pour les graminées tropicales, ce n'est pas le cas pour la plupart des graminées tempérées. De même, d'autres stratégies existent pour limiter les pertes d'azote dans le rumen : utilisation de tannins de châtaignier dans la ration (Julier *et al.*) ou dans l'ensilage pour limiter la protéolyse (Cavallarin *et al.*), utilisation de fourrages enrichis en sucres (Davies *et al.*), ou d'additifs chez la vache au pâturage (Wilson *et al.*). Abberton *et al.* ont également exploré d'autres voies d'amélioration par la génétique. On peut aussi imaginer des associations de fourrages ou la création de variétés gardant une productivité raisonnable en situation de fertilisation N plus limitante. En outre, il ne faut pas oublier que l'épargne d'azote dans le rumen n'a de l'intérêt que si l'animal est capable de bien valoriser l'azote ainsi épargné et que le principal déterminant des risques environnementaux reste le chargement.

* **Elaboration de l'architecture du couvert**

La communication de Lantinga *et al.* a fait le point des connaissances sur la morphogenèse des couverts et ses conséquences sur la digestibilité *in vitro* sous l'effet de facteurs externes (fertilisation N, température et âge d'exploitation).

Les mécanismes responsables de la mise en place de la structure d'un couvert sont maintenant mieux connus. Les gaines foliaires ont un effet morphogénétique important. Leur hauteur s'accroît au cours de la croissance. Les feuilles apparaissent donc de plus en plus haut. Avec l'accroissement de la hauteur des gaines, la vitesse d'apparition des feuilles diminue tandis que leur durée de vie et leur longueur augmentent. Il y a ainsi une relation positive entre la longueur d'un limbe et celle de la gaine de la feuille précédente. Toutefois, le rôle de la hauteur des gaines sur la vitesse d'apparition des feuilles semble plus important chez le dactyle et la fétuque que chez les ray-grass. L'effet de la fertilisation azotée sur les productions s'explique par un accroissement de la vitesse d'élongation des feuilles et de la vitesse de tallage alors qu'elle n'affecte pratiquement pas la vitesse d'apparition des feuilles. La température accroît la vitesse d'élongation et la longueur des feuilles et des gaines. Elle accroît dans un premier temps la vitesse d'apparition des feuilles, puis la réduit pour des températures élevées.

Les effets de l'âge et de la température sur la digestibilité sont maintenant mieux expliqués à partir de leur effet sur la morphologie de la plante. Avec le temps écoulé depuis le début d'une repousse, les feuilles nouvelles qui apparaissent sur une talle sont de plus en plus riches en constituants pariétaux et leur masse surfacique s'accroît. De plus, leur teneur en parois s'accroît au cours de leur vie du fait de la diminution progressive de la teneur en contenus cellulaires. Les parois se lignifiant, les teneurs en parois indigestibles s'accroissent donc avec le temps. L'accroissement de la température entraîne une réduction de la masse surfacique des différents organes mais celle-ci diminue plus rapidement que leur masse surfacique en parois, si

bien que les teneurs en parois s'accroissent. Deux tentatives de modélisation de la digestibilité *in vitro* permettent de synthétiser les connaissances. Le premier modèle, de nature empirique, relie la digestibilité du dactyle à la longueur de la gaine du limbe le plus jeune, à la température moyenne durant la croissance et à l'état de nutrition azotée de la plante. Selon ce modèle, la digestibilité *in vitro* de repousses végétatives chute de 0,76 à 0,68 pour des températures s'accroissant de 15 à 25°C et elle chute de 0,72 à 0,67 pour des indices de nutrition diminuant de 100 à 60. La digestibilité est négativement reliée à la hauteur de la gaine, ce qui confirme l'intérêt d'un pâturage ras pour préserver la qualité des repousses. L'ensemble des mécanismes a par ailleurs été intégré dans un modèle qui simule la croissance, la morphologie, la composition et la digestibilité du ray-grass. Ce modèle met bien en évidence l'intérêt d'intégrer la morphologie du couvert dans la prévision de la digestibilité.

Après ce premier travail de défrichage et de conceptualisation au niveau du végétal, il apparaît maintenant nécessaire de compléter l'approche avec des nutritionnistes afin de valider les conclusions, de quantifier l'ampleur réelle des phénomènes *in vivo* et de prendre en compte les autres critères (dynamique des phénomènes dans le rumen, digestion des protéines) qui affectent l'ingestibilité et la valeur nutritionnelle du fourrage. Il s'agit aussi de développer des modèles de prévision de la qualité faisant appel à des variables d'entrée faciles à mesurer en pratique.

5. Conclusion et perspectives

La diversification des objectifs de production rend plus difficile que par le passé la définition des objectifs scientifiques et des travaux à conduire en matière de qualité des fourrages. La nécessité de mieux évaluer l'ensemble des conséquences liées à l'utilisation des fourrages et des écosystèmes pâturés par les herbivores renforce la nécessité de développer des approches transdisciplinaires pour intégrer les connaissances qui sont souvent apparues très approfondies et parcellaires dans les différentes disciplines et avec pas (ou peu) de lien entre disciplines. Les travaux récents de génétique moléculaire sont prometteurs et ont déjà bien établi qu'il est possible de manipuler la composition fine des fourrages. Toutefois, il est maintenant nécessaire de définir des pistes claires de travail car la liste des attributs intéressants à modifier est importante et il ne faut pas se tromper d'objectif. Un autre enjeu sera de perfectionner les méthodes d'évaluation et de développer des modèles de prévision à différentes échelles spatio-temporelles. Pour cela on devra développer les mesures de référence *in vivo*.

Plusieurs axes de recherches mériteraient aussi d'être renforcés. Il s'agit notamment de recherches sur i) les déterminants de l'ingestion et des choix alimentaires, ii) les espèces fourragères plus diversifiées, iii) l'utilisation simultanée de différents fourrages (on manque notamment de références sur les valeurs nutritionnelles des associations de graminées et légumineuses), iv) la composition des fourrages en relation avec la qualité des produits, mais aussi la santé ou la reproduction des animaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Toutes les références ci-dessous proviennent de l'ouvrage : Multi-function grasslands. Quality forages, animal products and landscapes, Proc. 19th General Meeting of the European Grassland Federation (La Rochelle, France, 27-30 May 2002), J.L. Durand, J.C. Emile, C. Huyghe, G. Lemaire ed., Grassland Science in Europe, vol. 7, British Grassland Society.

Abberton M.T., Marshall A.H., Minchin F., Macduff J., Michaelson-Yeates T. (2002) : "Breeding forage legumes for quality", 58-59.

Baumont R., Dumont B., Carrère P., Pérochon L., Mazel C. (2002a) : "Design of a multi-agent model of a herd of ruminants grazing a perennial grassland : the animal sub-model", p 236-237

Baumont R., Le Morvan A., Dulphy J.P., Sauvart D. (2002b) : "Development of a simple mechanistic rumen model in order to improve prediction of forage fill effect and voluntary intake", p 238-239

Bettany A.J.E., Dalton S.J., Timms E., Michael T.J., Walton N.J., Morris P. (2002) : "Modifying lignin and cell wall phenolics in forage grasses by altering precursor supply", p 62-63

- Bruinenberg M.H., Valk H., Hindle V.A., Struik P.C. (2002) : "The in situ degradability of forages from semi-natural grasslands", p 110-111.
- Buanafina M.M., Langdon T., Hicks H., Hauck B., Dalton S.J., Morris P. (2002) : "Targeted expression of a ferulic acid esterase from *Aspergillus niger* in leaves of forage grasses", p 66-67
- Carrère P., Force C., Soussana J.F., Louault F., Dumont B., Baumont R. (2002) : "Design of a spatial model of a perennial grassland grazed by a herd of ruminants : the vegetation sub-model", p 282-283.
- Cavallarin L., Antoniazzi S., Borreani G., Tabacco E., Valente M.E. (2002) : "Effect of chestnut tannin on protein degradation in lucerne silages", p 68-69
- Crawford A.D., Mayne C.S. (2002) : "Effect of herbage allowance on performance of two breeds of dairy cattle at pasture", p 242-243.
- Davies D.R., Leemans D.K., Merry R.J. (2002) : "Ensiling either high or low sugar containing perennial ryegrasses with or without red clover", p 194-195
- Decruyenaere V., Stilmant D., Lecomte Ph., Budgen A., Dardenne P. (2002) : "Improvement and indirect validation of the NIRS analysis applied to faeces to measure grass intake in pasture", p 196-197
- Dumont B., Carrère P., D'hour P. (2002) : "Foraging of sheep and cattle in heterogeneous grasslands : patch distribution matters", p 244-245
- Froidmont E., Barthiaux-Thill N., Decruyenaere V., Fabry J. (2002) : "Immature wheat silage : an alternative to maize silage for feeding dairy cows", p 200-201
- Heikkilä Y. (2002) : "Couch grass (*Elymus repens*) compared with timothy (*Phleum pratense* L.) silage in milk production", p 202-203
- Jeulin T., Lescoat P., Delaby L. (2002) : "Visual assessment of the nutritive values of a ryegrass - white clover mixture in rotational grazing", p 130-131
- Julier B., Lila M., Huyghe C., Allison G., Robbins M. (2002) : "Effect of condensed tannin content on protein solubility in legume forages", p 134-135
- Lantinga E.A., Duru M., Groot J.C.J. (2002) : "Dynamics of plant architecture at sward level and consequences for grass digestibility : modelling approaches", p 45-57.
- Milne J. (2002) : "Forage plant characteristics : how to meet animal requirements", p 31-36
- Parga J., Peyraud J.L., Delagarde R. (2002) : "Age of regrowth affects grass intake and ruminal fermentations in grazing dairy cows", p 256-257
- Prache S., Damasceno J., Béchet G. (2002) : "Preferences of sheep grazing down conterminal monocultures of *Lolium perenne*-*Festuca arundinacea* : test of an energy intake-rate maximization hypothesis", p 258-259
- Robbins M.P., Allison G., Bettany A.J.E., Dalton S., Davies T., Hauck B., Hughes J.W., Timms E., Morris P. (2002) : "Biochemical and molecular basis of plant composition determining the degradability of forage for ruminant nutrition", p 37-44.
- Swain D., Hutchings M.R., Marion G. (2002) : "Modelling systems variation using non-linear methods to describe grazing processes", p 260-261
- Tas B.M., Taweel H.Z., Smit H.J., Tamminga S., Dijkstra J., Elgersma A. (2002) : "Intake, digestibility, and milk production of dairy cows fed perennial ryegrass cultivars during the season", p 262-263
- Van Caelenbergh W., Fiems L.O., De Campeneere S., De Boever J.L., De brabander D.L. (2002) : "Factors influencing grass intake by Belgian Blue double-muscle cows", p 266-267
- Wilson I.A., Roberts D.J., Henderson A.R. (2002) : "Performance of grazing dairy cows fed different concentrate energy types and an additive to reduce protein degradability", p 268-269

SUMMARY

The quality of forages : from the plant to the animal's diet

This is a synthetical and critical presentation of the papers of the session n°2 of the European Grassland Congress (La Rochelle, 27-30 May 2002).

The quality of forages remains a subject attracting much attention : a quarter of the papers were devoted to it. The breeding of forages for an improvement quality through techniques of molecular

biology is a recent research subject ; other, more traditional, approaches are being adapted to new production conditions (nutritive value of forages in less intensive production systems and/or in systems where legumes play a greater role).

Three different directions for future research work on the forages were identified : 1) improvement of the prediction of forage intake and protein digestion (to the traditional *in vivo* and *in vitro* methods must be added the large development of near infra-red spectrometry for the rapid determination of the chemical composition of the forages, their digestibility and voluntary intake... and also that of new methods for the prediction of intake aptitudes especially through model building), 2) a better knowledge of the composition of what is taken in by herbivorous stock (especially in extensified systems ; description of models simulating the dynamics of a herd/grazed plot system) and of the spatial distribution of the effects of browsing (defoliation and refusals) on the swards, 3) development of more basic research work on the factors that determine forage quality so as to be able to act on them, these factors being those that are responsible for the build-up of the sward structure, and also the molecular and biochemical bases of the plants' composition. Other directions of research ought also to be strengthened : on what determines voluntary intake and diet selection, on more diversified forage species, on the nutritive value of grass-legume associations, etc.