

Génétique et prairies. Présentation de la problématique

C. Huyghe

Le thème traité lors de ces Journées AFPP est très vaste : de la création variétale à l'analyse de la diversité génétique des collections ou des prairies permanentes, en passant par les avancées de la biologie moléculaire et cellulaire ou les contributions de la génétique des populations. Un tableau global de la problématique est ici dressé.

RÉSUMÉ

En réponse à l'évolution du contexte socio-économique des prairies et cultures fourragères, la situation de la filière semences a connu des évolutions profondes avec des développements remarquables ; la réglementation s'est adaptée au nouveau contexte européen ; et il faut souligner les avancées cognitives remarquables dans les différentes disciplines scientifiques concernées. Le progrès génétique reste une priorité, même si les axes d'amélioration peuvent changer dans un objectif de durabilité des systèmes de production ou pour une utilisation des variétés dans des prairies multi-espèces. Cependant, le progrès génétique a un coût et un prix, dont il faut reconnaître la légitimité. On ne peut limiter la question de la génétique aux seules prairies semées. Les prairies permanentes constituent de remarquables réservoirs de diversité génétique. Et il est nécessaire de s'interroger sur les possibilités d'un progrès génétique au sein de ces couverts permanents.

MOTS CLÉS

Evolution, prairie permanente, prairie temporaire, ressources génétiques, sélection variétale.

KEY-WORDS

Cultivar breeding, evolution, genetic resources, ley, permanent pasture.

AUTEUR

Unité de Génétique et d'Amélioration des Plantes Fourragères, INRA, F-86600 Lusignan ;
huyghe@lusignan.inra.fr

Le thème "Génétique et prairies" des Journées AFPP 2005 est extrêmement vaste. Nous avons choisi délibérément de ne pas nous limiter à la dimension "Amélioration génétique et cultures fourragères" mais aussi, d'une part, de parcourir l'ensemble des champs disciplinaires que couvre aujourd'hui la génétique et, d'autre part, de réfléchir en quoi la dimension génétique est pertinente pour les prairies qui ne font pas l'objet de semis réguliers et fréquents.

Pour ce secteur, comme d'ailleurs pour l'ensemble de l'agriculture, les évolutions du contexte socio-économique sont extrêmement rapides et importantes. Il nous a paru important de nous situer dans cette dynamique.

1. Un secteur en évolution...

Le contexte socio-économique de l'élevage change, comme est venu nous le rappeler le précédent Séminaire A.F.P.F. sur la réforme de la politique laitière : changements de la performance zootechnique, de la taille des exploitations, de la répartition des surfaces fourragères, des objectifs et attentes des éleveurs. Les préoccupations environnementales sont devenues plus présentes et se traduisent aujourd'hui par des conditionnalités appliquées au droit à paiement unique des exploitations.

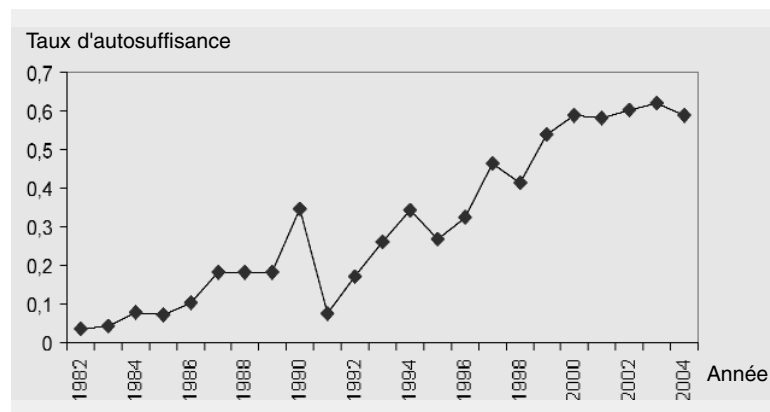
Ces changements se traduisent quant aux **attentes des éleveurs vis-à-vis de leurs prairies et cultures fourragères** : attentes en termes de productivité, de qualité et de résistances aux maladies, exigence de souplesse d'exploitation, nécessité de pérennité, et ceci en général dans un contexte de sous-fertilisation azotée.

Cette évolution du contexte socio-économique s'impose aussi au **monde de la semence**. Pour les espèces fourragères pérennes, les regroupements d'entreprises ont conduit à la structuration au niveau européen de quelques grands groupes de recherche de taille mondiale et à une diminution considérable des petits obtenteurs. Dans cette évolution et à l'échelle européenne, les obtenteurs français occupent une place significative (cf. SILHOL et DEBRABANT, ce même ouvrage). On peut illustrer **l'importance de la sélection nationale** par la part qu'occupent les obtentions françaises dans l'offre variétale. Ainsi, au cours de la campagne 2002/2003, les obtentions des entreprises françaises ou ayant une structure de sélection en France représentent 85% des ventes en ray-grass anglais et 93% des ventes en luzerne. La sélection française ou conduite en France est marquée par un réel volontarisme des acteurs français de la sélection et par le fait qu'aujourd'hui encore **le marché français est un marché porteur**. Mais il faut aussi être conscient du fait que tout changement dans ce marché, tant en taille qu'en termes de réglementation, est susceptible d'en modifier l'attrait.

Il ne faut pas limiter cette analyse de l'évolution à la seule création variétale mais aussi s'arrêter quelques instants sur **la production de semences** en France. Au cours des deux dernières décennies, la structure, les volumes et la qualité de la production ont fortement évolué (cf. l'intervention de DENEUFBOURG *et al.*). Il suffit

FIGURE 1 : Evolution de l'auto-suffisance en semences de ray-grass anglais en France (campagnes 1981/1982 à 2003/2004).

FIGURE 1 : Changes in the self-sufficiency of Perennial Ryegrass seeds in France (crop years 1981/1982 to 2003/2004).



pour s'en convaincre de regarder l'autosuffisance française pour la production de semences de ray-grass anglais qui constitue un des principaux marchés. D'une situation de totale dépendance au début des années 1980, la France atteint aujourd'hui une autosuffisance de plus de 60% (figure 1). Ceci est le fruit i) de l'augmentation du nombre des obtentions françaises consécutives aux efforts de recherche conjoints des secteurs publics et privés, ii) d'un effort des entreprises semencières pour développer cette production, iii) de la mise au point de techniques de production adaptées à nos contraintes pédoclimatiques et iv) de l'identification de zones et d'agriculteurs ayant un réel savoir-faire dans ce domaine.

Le **contexte réglementaire** est lui aussi en évolution permanente (cf. GENSOLLEN *et al.*, même ouvrage) : les évolutions sont relatives à l'inscription des variétés, qu'il s'agisse de la définition des *Festulolium*, de la réglementation sur l'absence d'endophytes dans les semences des variétés fourragères, ou encore des règles d'évaluation de la valeur agronomique des variétés. Ces règles sont constamment révisées pour prendre en compte au mieux les attentes des créateurs comme celles des utilisateurs. On peut légitimement penser que l'évaluation de la valeur agronomique a contribué et contribue de façon substantielle à faire du Catalogue une véritable liste recommandée, et du marché français, un marché permettant la valorisation des investissements en innovation variétale. Une autre évolution réglementaire récente concerne l'autorisation de commercialiser des mélanges de variétés fourragères, dans un cadre clairement défini permettant de protéger à la fois l'utilisateur et le créateur de progrès génétique.

Enfin, la dernière évolution forte dans le secteur des semences est bien sûr la **modification de l'Organisation Communautaire de Marché "Semences et Plants"**. Aujourd'hui, dans le cadre de la nouvelle PAC, la France a retenu le principe d'un découplage total des aides jusqu'ici allouées à la production de semences, les aides préalablement reçues par les agriculteurs multiplicateurs faisant dorénavant partie des conditionnalités appliquées au droit à paiement unique des exploitations. Ceci est susceptible de diminuer fortement l'attractivité de la production de semences fourragères par rapport à d'autres productions et notamment les céréales qui restent partiellement couplées.

2. Des avancées dans les différents champs disciplinaires concernés

Les dix dernières années ont vu des évolutions profondes dans le domaine de la biologie. On pense préférentiellement à l'émergence de la biologie à haut débit avec le séquençage et le décodage des génomes de différentes espèces, dont un certain nombre d'espèces végétales. Mais les avancées sont bien plus nombreuses et il n'est pas possible de présenter ici l'ensemble de ces avancées. Identifier les éléments déterminants pour le présent et pour les années à venir nous paraît plus pertinent.

■ Amélioration génétique et innovation variétale

L'amélioration génétique qui se concrétise dans la création variétale constitue un élément clé de la progression technique observée sur les prairies et cultures fourragères. Plusieurs contributions, d'une part, démontrent et quantifient le progrès génétique observé au cours des dernières décennies (notamment TABEL et ALLERT, prochain ouvrage) et, d'autre part, présentent ce que sont aujourd'hui les objectifs, critères et méthodes de sélection (notamment BOURDON *et al.*, et SCOTT). La création des *Festulolium* ne sera pas ici abordée, mais elle a fait l'objet d'un article récent et particulièrement bien documenté dans la revue *Fourrages* (GHESQUIÈRE et MOUSSET, 2003).

L'amélioration génétique est **un des leviers mis en œuvre au cours de la révolution fourragère et a contribué sans aucun doute à l'évolution positive des performances des prairies et des productions animales**. Cependant, elle ne concerne qu'une partie des prairies françaises : les prairies permanentes, qui représentent 69% des prairies et cultures fourragères, ne bénéficient pas directement des progrès génétiques élaborés.

■ Diversité et ressources génétiques

La diversité génétique interspécifique présente dans les prairies, fréquemment couverte par le vocable de biodiversité, a été abondamment décrite et ses relations avec la productivité fourragère ont été étudiées. On notera notamment l'approche intéressante proposée par HECTOR *et al.* (1999) et démontrant la **relation positive entre nombre d'espèces présentes et productivité de la prairie**. Cette approche apparaît en première lecture assez surprenante pour ceux qui sont empreints de prairies et cultures fourragères monospécifiques, mais elle est à même de nous amener à repenser nos modèles de réflexion.

A cette dimension interspécifique, il est indispensable d'ajouter **la dimension intraspécifique**. Cette diversité est essentielle au progrès génétique et c'est à ce titre qu'elle a fréquemment été préservée dans les collections *ex situ*. Il est intéressant de considérer que pour la plupart des espèces fourragères que nous utilisons, à l'exception de la luzerne, les prairies permanentes constituent de remarquables réservoirs de diversité génétique (cf. les interventions de BOLLER *et al.* et PROSPERI et SAMPOUX). Les développements en géostatistique permettent de mieux appréhender la structuration de cette diversité et donc potentiellement

de mieux la préserver. Par l'identification de zones riches, on peut envisager une préservation *in situ* de la diversité. Les prairies permanentes constituent donc un patrimoine génétique qu'il faut préserver.

■ Génomique

C'est sans conteste un champ disciplinaire qui a connu des bouleversements au cours de la dernière décennie. Le **séquençage systématique du génome et l'étude de sa transcription** constituent de vraies révolutions. Certaines techniques, comme la PCR (*Polymerase Chain Reaction*) qui permet la réplication de l'ADN, ont connu une explosion de leur utilisation. Elles sont à la base du développement de diverses techniques de marquage moléculaire, de l'identification des zones du génome impliquées dans le contrôle de caractères quantitatifs et conduisent à l'identification des gènes responsables des variations de caractères d'intérêt agronomique (cf. JULIER et BARRE, prochain ouvrage).

Les espèces prairiales bénéficient de leur **proximité phylogénétique avec des espèces modèles**. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des légumineuses fourragères (luzerne, trèfles) dont la synténie avec l'espèce modèle *Medicago truncatula* est très forte (CHOI *et al.*, 2004). La situation est moins idyllique dans le cas des graminées, mais un grand nombre d'outils développés chez le riz, le blé, l'orge et même le maïs sont utilisables chez les graminées pérennes telles que le ray-grass et la fétuque. Conséquence de ces proximités : il est possible de bénéficier des avancées au sein des communautés scientifiques qui se créent autour de ces espèces modèles. Ainsi, la recherche de résistance à une maladie chez la luzerne pourra-t-elle bénéficier des recherches génériques conduites sur la légumineuse modèle dans le but de comprendre des mécanismes fondamentaux de relations hôtes - pathogènes.

■ Transgénèse

La transgénèse consiste à transférer chez une espèce un fragment d'ADN d'une autre espèce, issue ou non du même règne, et conduit à créer des organismes génétiquement modifiés (OGM). L'ADN exogène conduit au codage d'une protéine nouvelle, ou à la répression d'une voie normalement active (construction anti-sens) ou encore à sa modulation par la modification des promoteurs. Il ne convient pas ici de nous pencher sur les nombreux débats que cette technique a générés, qu'ils soient d'ordre éthique, environnemental ou économique. Arrêtons-nous plutôt sur **les spécificités de la mise en œuvre de ces technologies chez les espèces fourragères**. VERDAGUER *et al.* (prochain ouvrage) évoquent les potentialités offertes par cette technologie, notamment en termes de types de caractères susceptibles d'être manipulés. Les spécificités sont de deux ordres.

Tout d'abord la structure des variétés créées, à savoir **des variétés synthétiques**, complexifie la tâche du créateur, puisqu'il faudra transférer le ou les événements de transformation dans tout ou partie des parents des polycross donnant naissance aux variétés susceptibles d'être créées par cette voie (cf. BOURDON *et al.*, prochain ouvrage).

Il faut également s'arrêter sur la principale préoccupation environnementale qu'est **la dissémination**. Elle est inexistante dans le cas d'espèces cléistogames ou totalement autogames, ou d'espèces ne présentant pas de populations naturelles réceptrices et ne pouvant survivre sans intervention humaine. Mais ceci n'est pas le cas des espèces fourragères pérennes pour lesquelles de nombreuses populations existent dans les territoires français et européens, qui sont allogames et dont le pollen est, de plus, disséminé sur de grandes distances (cf. RONFORT, cet ouvrage). Ceci est le cas à la fois pour les légumineuses pérennes comme le démontre l'étude de TEUBER *et al.* (2004) sur la luzerne ou les graminées comme le montre l'étude de WATRUD *et al.* (2004) sur l'agrostide stolonifère. Dans cette dernière étude, des distances de dissémination du pollen de 20 km sont mises en évidence.

■ Génétique des populations

La génétique des populations a jusqu'à ce jour été peu mobilisée au bénéfice des espèces fourragères pérennes et de leur amélioration génétique. Les variétés créées et utilisées sont des synthétiques à base génétique large, ce qui signifie que les couverts implantés sont génétiquement hétérogènes. Elles sont exploitées au long d'une série de cycles de défoliation-repousse, qui expose les plantes à des mécanismes de compétition pour le partage des ressources du milieu (lumière, eau, azote éléments minéraux) dans des conditions pédoclimatiques variées.

De plus, ces cycles mettent en œuvre des modalités et des fréquences de défoliation variables qui sollicitent des mécanismes de réponse adaptative plus ou moins rapides et efficaces entre plantes. **Les populations de plantes sont donc susceptibles d'évoluer génétiquement** si certaines plantes viennent à disparaître sous l'effet d'un manque d'adaptation, ou par conséquence de la compétition ou si, par le biais de la multiplication végétative, certains génotypes supplantent les autres (cf. STRAUB *et al.*, cet ouvrage). Il convient alors d'analyser les relations possibles entre les évolutions de la valeur agronomique de peuplements mono-spécifiques et les évolutions génétiques. Le développement des marqueurs moléculaires permet aujourd'hui de caractériser finement les changements de fréquence des génotypes et de mettre en œuvre les études pour analyser les mécanismes sous-jacents. Cette prise en compte de l'évolution génétique est à même de changer le paradigme de l'amélioration génétique et de l'innovation variétale et, plus globalement, de la recherche en génétique chez ces espèces, en considérant à la fois la moyenne et la variance génétique intrapopulation.

3. Le progrès génétique est encore nécessaire

Comme il est dit plus haut, l'amélioration génétique a été et est une composante essentielle des travaux en génétique. Elle est totalement confondue à la notion de progrès. Il convient donc de s'interroger sur le type de progrès à rechercher.

■ Les progrès génétiques pour une prairie multifonctionnelle ?

L'agriculture et, avec elle, les prairies découvrent l'obligation qui leur est faite d'être multifonctionnelles et de contribuer à la durabilité des systèmes de production. Or, il est fréquent de rencontrer une confusion totale entre la durabilité et l'absence de progrès. Le progrès génétique reste une priorité (STRAEBLER et ARNAUD, prochain ouvrage), même si les axes d'amélioration peuvent changer dans un objectif de durabilité des systèmes de production ou pour une utilisation des variétés dans des prairies multi-espèces.

Les prairies permettent et doivent donc contribuer à concilier la production de ressource fourragère et la préservation de l'environnement, notamment par le maintien de la biodiversité et par la limitation des pertes d'azote par lixiviation. Pour répondre à cet objectif, **la pérennité des prairies apparaît comme une voie privilégiée.** L'augmentation de la pérennité des prairies constitue un objectif de sélection nouveau, même si les dispositifs mis en œuvre aujourd'hui pour l'évaluation des variétés au moment de leur inscription ne permettent pas de mesurer précisément ce trait. L'amélioration de la résistance aux maladies qui figure depuis de nombreuses années parmi les priorités des sélectionneurs contribue aussi fortement à cette pérennité en même temps qu'à l'amélioration de la productivité et de la qualité du fourrage. En revanche, il convient de **s'interroger** et de débattre **sur l'importance d'une amélioration génétique de la productivité quel que soit le niveau de la fertilisation azotée.** Il conviendrait tout d'abord de bien distinguer la productivité "primaire" relative à la production de biomasse par l'écosystème prairial, de la productivité "secondaire" qui est la part de la biomasse produite qui est effectivement consommable par les herbivores. Si la première est sans doute peu variable génétiquement, il est possible que la seconde le soit davantage, reflétant ainsi des différences de morphogenèse entre génotypes. Mais ces estimations sont difficiles à réaliser, notamment en système pâturé, du fait de la complexité des interactions végétation - herbivores.

■ Le progrès génétique dans des prairies multi-espèces

Une part croissante de prairies est implantée avec des associations et des mélanges d'espèces. La question est fréquemment posée de la valorisation du progrès génétique dans une prairie multi-espèces. Dans les débats entre professionnels de la sélection et de la semence au moment de l'élaboration des décrets relatifs à la fabrication des mélanges et à leur commercialisation en France, le principe a été retenu selon lequel il n'était pas possible d'obtenir de bons mélanges avec des variétés de valeur génétique médiocre. De la même façon, il n'a jamais été mis en évidence que des mélanges et associations entre variétés de bonne valeur agronomique montraient des performances décevantes. Mais **l'utilisation en mélanges conduit à s'interroger** sur deux points. Tout d'abord, cela modifie-t-il les attentes vis-à-vis de la structure des variétés et sur les caractéristiques morphologiques et physiologiques des variétés ? Comment faut-il réfléchir le choix des variétés que l'on associe dans un mélange ? Il

conviendrait sur ce point de voir en quoi les notions de groupes et de traits fonctionnels, aujourd'hui bien établies en écologie, et les concepts sous-jacents sont pertinents pour les prairies multi-espèces, et en quoi ils peuvent guider les choix. Il s'agit en particulier d'analyser la possibilité de valoriser la relation positive entre la productivité et le nombre de groupes fonctionnels présents (REICH *et al.*, 2004).

■ Le coût et le prix du progrès

La sélection est une entreprise au long cours et la création de variétés a un coût. La sélection ne peut exister que si le marché des semences permet des retours financiers suffisants susceptibles d'alimenter l'ensemble des intervenants de la filière des semences fourragères (TABEL et ALLERT, prochain ouvrage).

Au niveau de l'éleveur, l'achat de semences représente un investissement pour plusieurs années. Le différentiel de prix entre des variétés améliorées et des variétés anciennes est significatif mais relativement modeste. Si on se réfère aux données publiées par le BTPL sur un ensemble constant de 267 exploitations laitières, l'étude conduite sur 11 années montre la part modeste des coûts de production des fourrages, coûts qui sont de plus en diminution (figure 2). La part des semences dans ces coûts n'est pas disponible, mais il est clair qu'elle est très faible, les frais liés aux travaux d'implantation et de récolte et ceux liés à la fertilisation étant beaucoup plus importants. Une situation semblable est observée en production de viande (M. LHERM, comm. pers.). **L'achat de variétés récentes apportant un progrès génétique apparaît donc comme un investissement peu coûteux au regard de l'ensemble des coûts de production.**

4. Progrès génétique et prairies permanentes

Comme il a été dit plus haut, **les prairies permanentes constituent de remarquables réservoirs de diversité génétique exploitable**. L'introduction d'une diversité génétique nouvelle par le biais de variétés améliorées peut conduire à une pression sur les populations existantes des prairies permanentes par le seul fait des échanges de

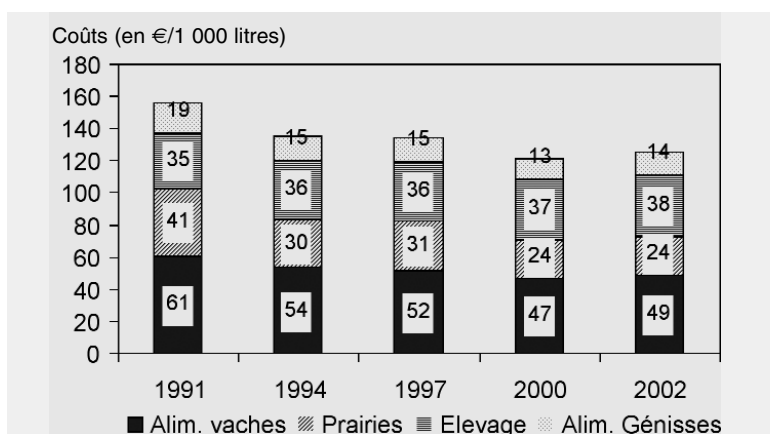


FIGURE 2 : Evolution des coûts de production sur un ensemble de 267 exploitations laitières (en euros constants ; source : BTPL).

FIGURE 2 : Changes in the production costs in an array of 267 dairy farms (in constant euros ; source : BTPL).

pollen et, dans une moindre mesure, de graines entre parcelles adjacentes. Si certaines prairies, ayant une richesse particulière, étaient utilisées comme outils de maintien *in situ* de la diversité génétique, il conviendrait alors de réfléchir, à l'échelle d'un territoire, à l'organisation et à l'utilisation de l'ensemble des prairies.

On peut également se demander **dans quelle mesure un progrès génétique peut être obtenu sur les prairies permanentes**. Deux voies peuvent alors être envisagées :

- Tout d'abord, le développement de techniques de sursemis permet la rénovation de la prairie en y apportant un patrimoine génétique nouveau. Cette technique est particulièrement intéressante quand le travail du sol est difficile et que l'implantation classique est impossible. Elle l'est aussi dans des zones particulièrement vulnérables où le retournement de la prairie est une source importante d'impacts négatifs (pertes d'azote, risque d'érosion pendant la période de sol nu, perte de diversité). Il convient alors d'effectuer une rénovation sans destruction de la totalité du couvert végétal mais en recherchant une implantation dans des sillons. Le choix de la ou des variétés sursemées est alors particulièrement critique, la rapidité d'implantation de l'espèce étant une condition essentielle à la réussite de l'opération.

- On peut aussi envisager les techniques culturales comme un moyen de "manipuler" et de façonner la composition spécifique et génétique du peuplement prairial. Il a été fréquemment démontré que la fréquence des espèces et la structure du couvert variaient avec l'intensité de l'exploitation (GARCIA *et al.*, 2003 ; LOUAULT *et al.*, 2002). En revanche, la possibilité de structurer la diversité génétique intraspécifique par cette approche reste aujourd'hui une inconnue totale. Rien n'a en effet été exploré quant aux relations existant entre les mécanismes structurant la diversité inter et intraspécifique, même si cette problématique commence à se faire jour (ODAT *et al.*, 2004).

Conclusions

Au terme de ce cadrage de la problématique, il convient de souligner la diversité des champs disciplinaires, des problématiques et des concepts qui ont été évoqués au cours de ces Journées A.F.P.F. Des échanges sont venus renforcer le socle de connaissances partagées par la communauté présente au sein de l'A.F.P.F. Cependant, il est aussi nécessaire d'utiliser ces échanges pour identifier les questions de recherche pertinentes à mettre en œuvre ainsi que les objectifs de sélection à poursuivre et orienter ainsi la recherche publique et privée au cours des prochaines années.

Intervention présentée aux Journées de l'A.F.P.F.,
"Génétique et prairies", les 15 et 16 mars 2005.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHOI H.K., MUN J.H., KIM D.J., ZHU H.Y., BAEK J.M., MUDGE J., ROE B., ELLIS N., DOYLE J., KISS G.B., YOUNG N.D., COOK D.R. (2004) : "Estimating genome conservation between crop and model legume species", *Proc. Nation. Acad. Sci. United States of America (PNAS)*, 101, 15 289-15 294.

C. Huyghe

- GARCIA F., CARRERE P., SOUSSANA J.F., BAUMONT R. (2003) : "How do severity and frequency of grazing affect sward characteristics and the choices of sheep during the grazing season ?", *Grass and Forage Sci.*, 58, 138-150
- GHEsqUIERE M., MOUSSET C. (2003) : "*Festulolium* : définitions et perspectives", *Fourrages*, 176, 479-492.
- HECTOR A., SCHMID B., BEIERKÜHNLEIN C., CALDEIRA M.C., DIEMER M., DIMITRAKOPOULOS P.G., FINN J.A., FREITAS H., GILLER P.S., GOOD J., HARRIS R., HOGBERG P., HUSS-DANELL K., JOSHI J., JUMPPONEN A., KORNER C., LEADLEY P. W., LOREAU M., MINNS A., MULDER C.P.H., O'DONOVAN G., OTWAY S.J., PEREIRA J. S., PRINZ A., READ D.J., SCHERER-LORENZEN M., SCHULZE E.D., SIAMANTZIOURAS A.S.D., SPEHN E.M., TERRY A.C., TROUMBIS A.Y., WOODWARD F.I., YACHI S., LAWTON J.H. (1999) : "Plant diversity and productivity experiments in European grasslands", *Science (Washington)*, 286, 1123-1127.
- LOUVAULT F., SOUSSANA J.F., PERRODIN M. (2002) : "Long-term effects of a reduced herbage use in a semi-natural grassland. 1. Plant functional traits and plant response groups", Durand J.L *et al.* éd. *Multi-function grasslands. Grassland Science in Europe*, 7, 338-339.
- ODAT N., JETSCHKE G., HELLWIG F.H. (2004) : "Genetic diversity of *Ranunculus acris* L. (Ranunculaceae) populations in relation to species diversity and habitat type in grassland communities", *Molecular Ecology*, 13, 1251-1257.
- REICH P.B., TILMAN D., NAEEM S., ELLSWORTH D.S., KNOPS J., CRAINE J., WEDIN D., TROST J. (2004) : "Species and functional group diversity independently influence biomass accumulation and its response to CO₂ and N", *Proc. Nation. Acad. Sci. United States of America (PNAS)*, 101, 10 101-10 106.
- TEUBER L.R., VAN DEYNZE A., MUELLER S., McCASLIN M., FITZPATRICK S., WILTSE C. (2004) : "Gene flow in alfalfa under honeybee (*Apis mellifera*) pollination", *North American Alfalfa Improvement Conference*, Québec, Juillet 2004.
- WATRUD L.S., LEE E.H., FAIRBROTHER A., BURDICK C., REICHMAN J.R., BOLLMAN M., STORM M., KING G., WATER P.K., VAN DE (2004) : "Evidence for landscape-level, pollen-mediated gene flow from genetically modified creeping bentgrass with CP4 EPSPS as a marker", *Proc. Nation. Acad. Sci. United States of America (PNAS)*, 101, 14 533-14 538

SUMMARY

Genetics and Pastures. Presentation of the problems raised

A very large range of subjects is covered by the themes tackled at the present meeting of the A.F.P.F. ; apart from the creation of cultivars, genetics is also concerned with the analysis of the genetic variation within plant collections or maintained in situ in permanent pastures, as well as the progress made in molecular and cellular biology, and also the contributions of population genetics.

The changes in the socio-economic context of pasture and forage crop use brought about deep mutations in the situation of the seed industry during the past few decades with remarkable developments, and the regulations had to adapt to the new European context. Moreover, in the various scientific fields concerned, there has been a remarkable increase in knowledge. Genetic advancement remains a priority, even if the direction of progress may change in view of considerations of sustainability in the production systems and of the utilization of cultivars in pastures with mixed species. However, it must not be forgotten that genetic progress has a cost and that its legitimacy has to be acknowledged. Genetics cannot be limited to the species sown in the pastures. Permanent pastures constitute remarkable sources of genetic diversity. Beyond this, the question of possible genetic progress within the constituents of permanent swards must not be overlooked.