

Génétique et prairies

C. Huyghe

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

Résumé

Le thème de ces journées est très vaste. Aux côtés de la création variétale, la génétique couvre aussi l'analyse de la diversité génétique des collections ou maintenue *in situ* dans les prairies permanentes, les avancées de la biologie moléculaire et cellulaire, ou encore les contributions de la génétique des populations.

Le contexte de la réflexion de ces journées est celui défini par le contexte socio-économique de l'utilisation des prairies et cultures fourragères, la situation de la filière semences qui a connu au cours des dernières décennies des évolutions profondes avec des développements remarquables, le contexte réglementaire et enfin les avancées cognitives remarquables dans les différentes disciplines scientifiques concernées. L'émergence de la biologie à haut débit a profondément modifié notre cadre de réflexion et de travail.

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, qu'il faut connaître et 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. Mais au-delà, il est nécessaire de s'interroger sur les possibilités d'un progrès génétique au sein de ces couverts permanents.

Enfin, l'objectif de ces journées réside dans l'identification de questions posées à la recherche ; cette nécessaire co-construction doit associer les chercheurs et les utilisateurs des produits de la recherche.

Introduction

Le titre de ces journées, 'Génétique et prairies', peut apparaître extrêmement vaste et, effectivement, le thème couvert est très large.

Au moment de construire le contenu de ces journées, le choix délibéré a été fait de ne pas se limiter à la dimension 'Amélioration génétique et cultures fourragères', mais aussi d'une part de **couvrir 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**.

Avant de vous proposer un cadre de réflexion pour ces journées, il convient de revenir sur les motivations du Conseil d'Administration de l'AFPF qui ont conduit à élaborer les journées sur ce thème.

La première de ces motivations répond totalement à la mission centrale de l'Association qui est de favoriser les échanges entre l'ensemble des personnes et des structures concernées par les prairies, et en particulier les échanges entre la Recherche, le Développement et les utilisateurs. La construction d'un socle de connaissances commun est une dimension essentielle à la vie et l'activité

de notre association. La notion d'échange doit être considérée comme une composante de la transdisciplinarité telle que définie par FRY *et al.* (2004), à savoir le partage du développement de connaissances et de théories entre les acteurs, qu'ils soient chercheurs ou utilisateurs, mais aussi la co-construction des enjeux et des objectifs.

La seconde motivation est, de toute évidence, les avancées rapides dans tous les domaines de la génétique. Elles ont conduit à une modification profonde des attitudes et des regards vis-à-vis de tous les domaines de la génétique. Elles permettent aussi aujourd'hui d'envisager autrement les recherches en génétique sur les prairies conduisant d'une part à modifier les paradigmes de l'amélioration variétale chez les espèces prairiales, pour la plupart allogames, et d'autre part à pouvoir, voire à devoir, faire des choix quant aux méthodologies à mettre en œuvre pour obtenir ces progrès génétiques. Ces avancées rapides conduisent à changer le contexte du travail en génétique et de l'utilisation des résultats de la recherche. Mais le contexte est également modifié par l'environnement socio-économique et l'environnement réglementaire. Ceux-ci ont aussi fortement évolué au cours de la dernière décennie.

Enfin, la dernière motivation de ces journées, directement générée par la co-construction des enjeux et des objectifs est de faire de ces deux journées un instant privilégié pour identifier les questions de recherche qu'il nous faudra instruire dans les années à venir.

1. Le contexte qui change

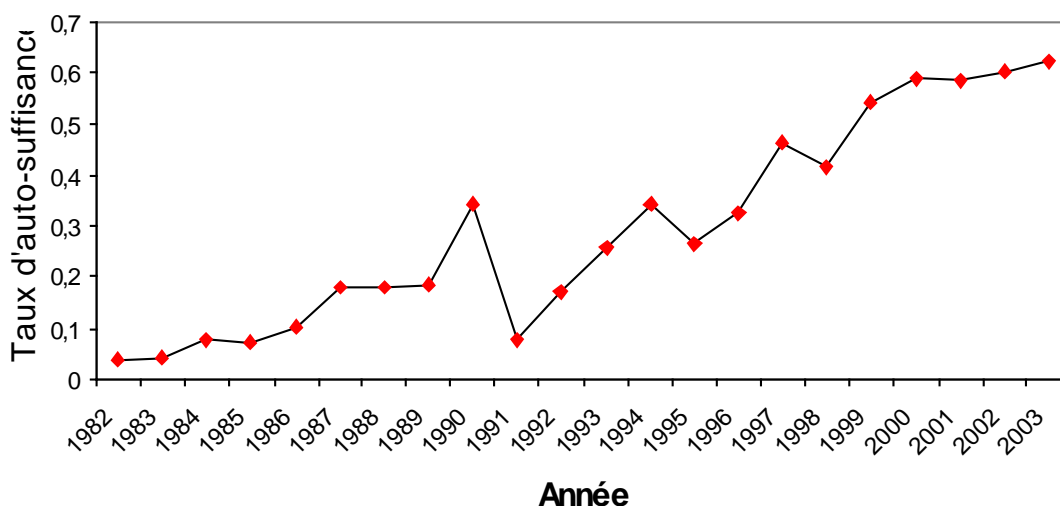
Le contexte socio-économique a changé, comme est venu nous le rappeler la Journée AFPP sur la réforme de la politique laitière : changements de la performance zootechnique, de la taille des exploitations, de la répartition des surfaces fourragères, des objectifs et attentes des éleveurs. Les préoccupations environnementales sont devenues plus présentes et se traduisent aujourd'hui par des conditionnalités appliquées au droit à paiement unique des exploitations (DPU).

Ces changements se traduisent quant **aux attentes des éleveurs vis-à-vis de leurs prairies et cultures fourragères** : attente 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.

L'évolution du contexte socio-économique s'impose aussi au **monde de la semence**. Sur 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. On peut illustrer l'importance de la sélection nationale par la part qu'occupent les obtentions françaises dans l'offre variétale. Ainsi, sur la base des ventes de semences en France sur 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. Cette importance de la sélection française ou conduite en France s'explique 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 changer 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 production, tant en structure, qu'en volumes et en qualité, a fortement changé. Il suffit pour s'en convaincre de regarder l'auto-suffisance 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 auto-suffisance de plus de 60% (FIGURE 1). Ceci est le fruit 1) de l'augmentation du nombre des obtentions françaises consécutives aux efforts de recherche conjoints des secteurs publics et privés, 2) d'un effort des entreprises semencières pour développer cette production, 3) de la mise au point de techniques de production adaptées à nos contraintes pédoclimatiques et 4) de l'identification de zones et d'agriculteurs ayant un réel savoir-faire dans ce domaine.

FIGURE 1 – Evolution de l'auto-suffisance en semences de ray-grass anglais en France des campagnes 1981/1982 à 2002/2003.



Le changement de contexte est aussi d'ordre réglementaire. Il y sera fait plus longuement référence au cours de ces journées. Je me limiterai donc à lister quelques points importants de cette évolution. Il y a tout d'abord les **évolutions réglementaires** relatives à l'inscription des variétés, qu'il s'agisse des *Festulolium* dont le règlement technique stipule aujourd'hui qu'ils sont issus des croisements entre une espèce du genre *Festuca* et une espèce du genre *Lolium*, de la réglementation sur l'absence d'endophytes dans les semences des variétés fourragères ou encore les règles d'évaluation de la valeur agronomique des variétés. Ces règles sont constamment révisées pour prendre en compte au mieux les attentes à la fois des créateurs et 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 seconde évolution réglementaire majeure des toutes dernières années 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 concernent l'ensemble des champs disciplinaires que recouvre le thème de ces journées. Il n'est évidemment pas possible de lister et expliciter ici l'ensemble de ces avancées. On va plutôt chercher à identifier les éléments déterminants pour le présent et pour les années à venir.

– Amélioration génétique et innovation variétale

L'amélioration génétique qui se traduit dans la création variétale constitue un élément clé de la progression technique observée sur les prairies et cultures fourragères. Elle 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 bénéficiant pas des progrès génétiques élaborés. Un certain nombre de contributions au cours de ces journées reviendront sur ce point pour, d'une part, démontrer et quantifier le progrès génétique observé au cours des dernières décennies et, d'autre part, présenter ce que sont aujourd'hui les objectifs, critères et méthodes de sélection.

Un point qui a vu des développements conséquents, à savoir la création des *Festulolium*, ne sera pas présenté aujourd'hui, mais il a fait l'objet d'un article récent et particulièrement bien documenté dans la revue *Fourrages* (GHESQUIERE et MOUSSET, 2003).

– Diversité et ressources génétiques

La diversité génétique interspécifique, fréquemment couverte par le vocable de biodiversité, présente dans les prairies 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). 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 des réservoirs de diversité génétique remarquables. Les développements en géo-statistique permettent de mieux appréhender la structuration de cette diversité et donc potentiellement de mieux la préserver. On peut par identification de zones riches 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 techniques de marquage moléculaire, au premier rang desquels la technique RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) (WILLIAMS *et al.*, 1990) rapidement suivie des AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), micro-satellites ou encore les ISSR, qui conduit au génotypage, véritable carte d'identité des génotypes, à l'élaboration de cartes génétiques, ou encore l'identification des zones du génome impliquées dans le contrôle de caractères quantitatifs complexes (QTL).

L'identification d'espèces modèles s'est rapidement avérée être une étape incontournable compte tenu de l'importance des investissements techniques. Elle s'est de plus avérée pertinente devant la mise en évidence de l'importance de la **conservation des gènes**, *i.e.* un grand nombre de gènes sont communs pour l'ensemble des espèces végétales et codent pour les mêmes fonctions. De plus, quand on travaille sur des espèces proches, la structure des génomes s'avère conservée. Ainsi, la disposition des gènes sur les chromosomes est la même. Cette propriété, appelée synténie, est une caractéristique particulièrement utile pour l'analyse des génomes d'un grand nombre d'espèces. Cependant, si les fonctions des gènes sont conservées, ceci ne signifie pas qu'entre espèces, les gammes de variation allélique disponible soient les mêmes.

Les espèces prairiales qui font l'objet d'étude en génétique et en amélioration des plantes **ont des particularités biologiques** qui rendent leur étude en génomique délicate. Tout d'abord, les espèces sont allogames (production de graines par pollinisation croisée) et il est difficile, voire impossible, d'en dériver des lignées. Ceci signifie que, pour la plupart des gènes ou des marqueurs, les plantes sont hétérozygotes. De plus, la plupart de ces espèces sont des polyploïdes soit par autopolyploïdisation soit par allopolyploïdisation. Ainsi, chaque plante de luzerne pourra porter 4 allèles par gènes ou marqueur parce que l'espèce est une autotétraploïde.

Malgré ces difficultés, **des avancées nombreuses et majeures** ont été faites avec des développements de cartes génétiques, de jeux de marqueurs, de banques de fragments de chromosomes (BAC pour *Bacterial Artificial Chromosome*) séquencés. Au cours de ces deux journées, différentes illustrations de ces avancées seront présentées.

Les espèces prairiales bénéficient toutefois 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 traduction immédiate de cette synténie est la portabilité des marqueurs, la similarité des cartes et la localisation semblable de certains QTL (*Quantitative Trait Loci*). 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 tels 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, à la répression d'une voie normalement active (construction anti-sens) ou 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. L'exposé, présenté en fin de journée, permettra d'évoquer 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.

Il faut également s'arrêter sur la principale préoccupation environnementale qui 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. 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 dans des régions adaptées à la production de semences aux USA.

– 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 mettent en jeu 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. 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 intra-population.

3. Le progrès génétique est-il 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 la nécessité de progrès et sur le type de progrès recherché.

– Les progrès génétiques pour une prairie multifonctionnelle ?

L'agriculture, et avec elle les prairies, découvrent l'obligation qui leur est faite d'être multifonctionnelle 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.

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 figurent 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

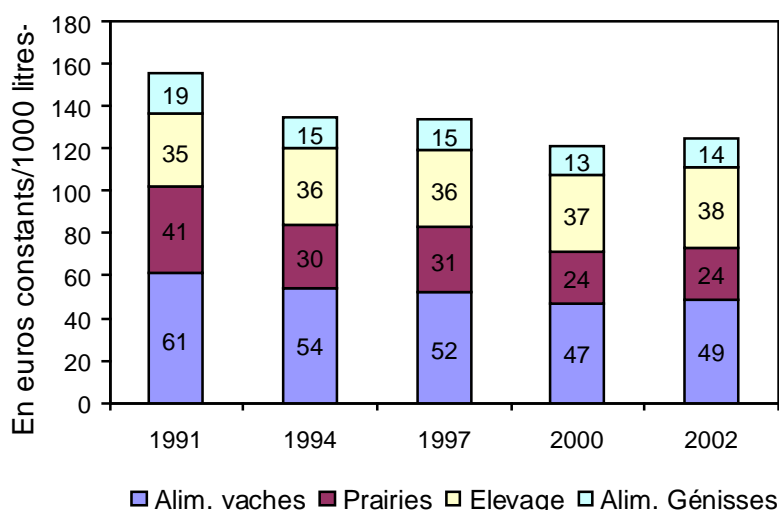
Une part croissante de prairies est implantée avec des associations et des mélanges d'espèces. La question est fréquemment posée de la valorisation du progrès génétique dans une prairie multi-espèces. Dans les débats entre professionnels de la sélection et de la semence au moment de l'élaboration des 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 Semences Fourragères.

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 la production de fourrages, coûts qui de plus sont en diminution (FIGURE 2). La part des semences dans ces coûts n'est pas disponible dans ces études, 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.

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



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 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'avoir 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). Par contre, la possibilité de structurer la diversité génétique intra-spécifique 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 intra-spécifique, 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 seront évoqués au cours de ces journées. Des technologies nouvelles seront présentées, qui pourront être totalement inconnues pour certains. Ces échanges viendront renforcer le socle de connaissances partagées par la communauté présente au sein de l'AFPF.

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. Ces échanges et les problématiques qui seront identifiées contribueront à orienter la recherche publique et privée au cours des prochaines années.

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. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 101, 15289-15294.
- FRY G., TRESS B., TRESS G., 2004. The potential and limitations of integrated grassland research. In A. Lusscher *et al* (Eds) *Land use systems in grassland dominated regions. Grassland Science in Europe*, 9, 1157-1167.
- 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 Science* 58, 138-150
- GHESEQUIERE M., MOUSSET C., 2003. Festulolium: définitions et perspectives. *Fourrages* 176, 479-492.
- HECTOR A., SCHMID B., BEIERKUHNLEIN C., CALDEIRA M.C., DIEMER M., DIMITRAKOPOULOS P.G., FINN J.A., FREITAS H., GILLER P.S., GOOD J., HARRIS R., HOGBERG P., HUSS-DANEL 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.
- LOUAULT 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. In Durand J.L *et al* (Eds). *Multi-function grasslands. Grassland Science in Europe* 7, 338-339.
- ODAT N., JETSCHKE G., HELFWIG 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. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 101, 10101-10106.
- 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. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 101, 14533-14538
- WILLIAMS J.G.K., KUBELIK A.R., LIVAK K.J., RAFALSKI J.A., TINGEY S.V., 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research* 18, 6531-6535.