

## **EVOLUTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE DES VARIETES COMMERCIALISEES CHEZ DIFFERENTES ESPECES DE GRANDE CULTURE**

**Bernard LE BUANEC**

Ancien Président de l'Association internationale des sélectionneurs (ASSINSEL)

### **RESUME**

La diversité génétique des variétés actuellement cultivées est aujourd'hui l'objet de débats et les conclusions dépendent des indicateurs de diversité utilisés. Le nombre de variétés à disposition des agriculteurs, si l'on ne s'assure pas que ces variétés sont distinctes, n'est pas un indicateur pertinent bien qu'il soit souvent utilisé. Les indicateurs généalogiques et ceux fondés sur l'utilisation de marqueurs moléculaires sont plus pertinents et à quelques exceptions près, en particulier lors de changements de techniques culturales ou d'idéotypes variétaux, changements que l'on peut comparer à des syndromes de domestication, ils montrent qu'il n'y a pas eu perte de diversité des variétés cultivées au cours des 100 dernières années. Ceci est en grande partie dû à l'extension du pool génétique disponible pour les travaux d'amélioration des plantes, que ce soit du matériel élite, du matériel exotique ou des espèces sauvages apparentées. Il faut donc veiller à ne pas imposer des contraintes trop fortes, tant sur les plans national qu'international à l'accès et au mouvement de ces ressources génétiques. La diversité génétique en agriculture ne dépend pas seulement de celle des variétés disponibles. Il est important de tenir également compte de la part de marché des variétés les plus cultivées ce qui montre, en plus des résultats du travail de sélection, l'importance du choix fait par les agriculteurs.

**(Mots clés :** diversité génétique, ressources génétiques, indicateurs de diversité, variétés cultivées, espèces de grande culture.

### **1 - INTRODUCTION**

Depuis maintenant plusieurs années il y a un débat tant au niveau national qu'au niveau international sur la perte de diversité des variétés cultivées du fait des méthodes modernes de sélection. Cette affirmation est en général fondée sur la mesure du nombre de variétés disponibles pour les agriculteurs, mais est-ce un bon indicateur de diversité ? Une des difficultés de ce débat tient au fait que l'on utilise différents indicateurs. En effet, pour caractériser la diversité les experts en sciences sociales utilisent le nombre de variétés, la proportion des surfaces plantées avec ces variétés et le taux de passage par les agriculteurs d'une variété à une autre. Les biologistes utilisent plutôt des indicateurs généalogiques, l'analyse de caractéristiques morphologiques et des indices de fréquence de gènes mesurées par des marqueurs moléculaires (1). Non seulement ces indicateurs mesurent des phénomènes différents mais encore leurs relations sont souvent faibles.

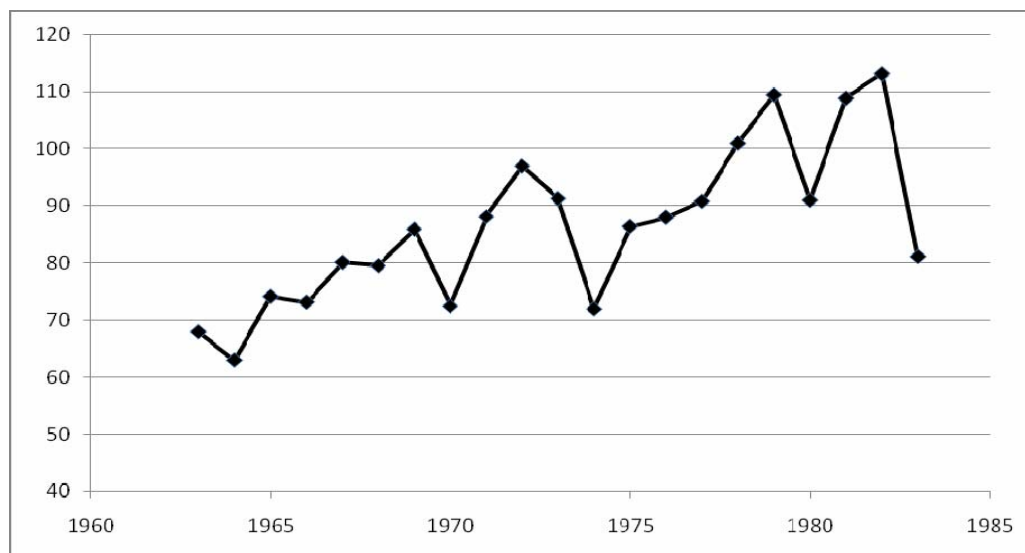
Nous passerons en revue ces différents indicateurs.

## 2 - LE NOMBRE DE VARIETES

C'est souvent le critère qui est utilisé pour indiquer que le passage des variétés locales aux variétés améliorées a provoqué une forte baisse de la diversité génétique. Cependant ce critère ne semble pas pertinent comme le montre l'établissement des catalogues variétaux en Europe dans les années 1930. En 1935 le nombre de variétés de blé du catalogue allemand passa de 454 à 17 variétés acceptées et 54 variétés acceptées avec réserve du fait de synonymie et/ou d'absence de distinction dans les comparaisons au champ (2). Pour les mêmes raisons le nombre de variétés de blé au catalogue français passa de 562 en 1933 à 170 en 1937 et 40 en 1945 (3). Un facteur de réduction de l'ordre de 10 est observé dans les deux cas. Si l'on peut attacher plus de crédit en terme de diversité au nombre de variétés « distinctes » inscrites de nos jours on peut noter que ce nombre est aujourd'hui très élevé. Il y a par exemple 294 variétés de blé tendre d'hiver au catalogue français et 1017 variétés de maïs. Rien qu'en 2009, 87 variétés de maïs ont été inscrites au catalogue français. Au niveau international on observe la même tendance, par exemple la liste des variétés certifiables de l'OCDE comprend actuellement 40 000 variétés et ce nombre est en augmentation d'environ un millier tous les ans.

Si l'on utilise le nombre de variétés il faut aussi, selon Donald Duvick (4), noter qu'aujourd'hui les agriculteurs et les sélectionneurs ont au moins trois sources de diversité pour assurer la stabilité de leur production et de leur revenus, à savoir la diversité dans le temps, la diversité en place et la diversité en réserve. La diversité dans le temps est illustrée par le changement séquentiel de variétés par l'agriculteur, la mise en marché régulière de nouvelles variétés par les sélectionneurs et la rotation des cultures. La diversité en place concerne pour une même culture la culture en mélange de différentes variétés sur la même parcelle ou la culture de variétés différentes sur les parcelles de l'exploitation. Enfin la diversité en réserve correspond aux milliers de variétés expérimentales, au grand nombre des matériels très divers des pools de sélection et des banques de gènes *ex situ* et *in situ*.

On parle régulièrement des risques dus à l'homogénéisation génétiques des variétés et les trois exemples le plus souvent cités sont la crise du mildiou de la pomme de terre en Irlande, avant le développement de la création variétale moderne, la rouille du café au Brésil et l'helminthosporiose du maïs aux Etats Unis en 1970 due à la généralisation du cytoplasme Texas. Il est intéressant d'analyser le cas du maïs aux Etats Unis (5) (fig. 1).



**Figure 1** Evolution des rendements (bu/ac) de maïs aux Etats Unis de 1963 à 1983.

En fait, l'incident du à l'helminthosporiose du maïs aux Etats Unis en 1970 a provoqué une variation de rendement de l'ordre de celles provoquées par les variations climatiques interannuelles. Il ne s'agit

pas de minimiser les risques, surtout à l'échelle de la parcelle de chaque agriculteur, mais de les resituer à leur juste valeur. La production de 1971 montre également que la diversité en réserve a permis de régler le problème en une campagne agricole.

### 3 - LES INDICATEURS GENEALOGIQUES

Dans le passé la sélection était faite par les agriculteurs dans des pools de gènes limités à ce qui était disponible dans le village ou, au mieux, dans la région. Olivier de Serre (second lieu, chapitre IV « des semences ») conseil déjà de changer de semences régulièrement : « prendre du blé du voisin pour semer n'est pas le changement que j'entends, car se serait toujours en revenir là, que de semer comme du votre propre : mais il faut en envoyer quérir loin de vous, une ou deux journées, afin que la diversité [...] vous satisfasse en cet endroit ». Cette situation a changé de façon drastique depuis le développement de l'amélioration des plantes modernes à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, avec le développement de l'hybridation et, par exemple, la commercialisation du premier blé « hybride »<sup>1</sup> « Dattel » en France. Les croisements, d'abord intra-spécifiques ont ensuite été étendu aux espèces apparentées et, en allant à l'extrême, à tout le monde vivant grâce à la transgénèse.

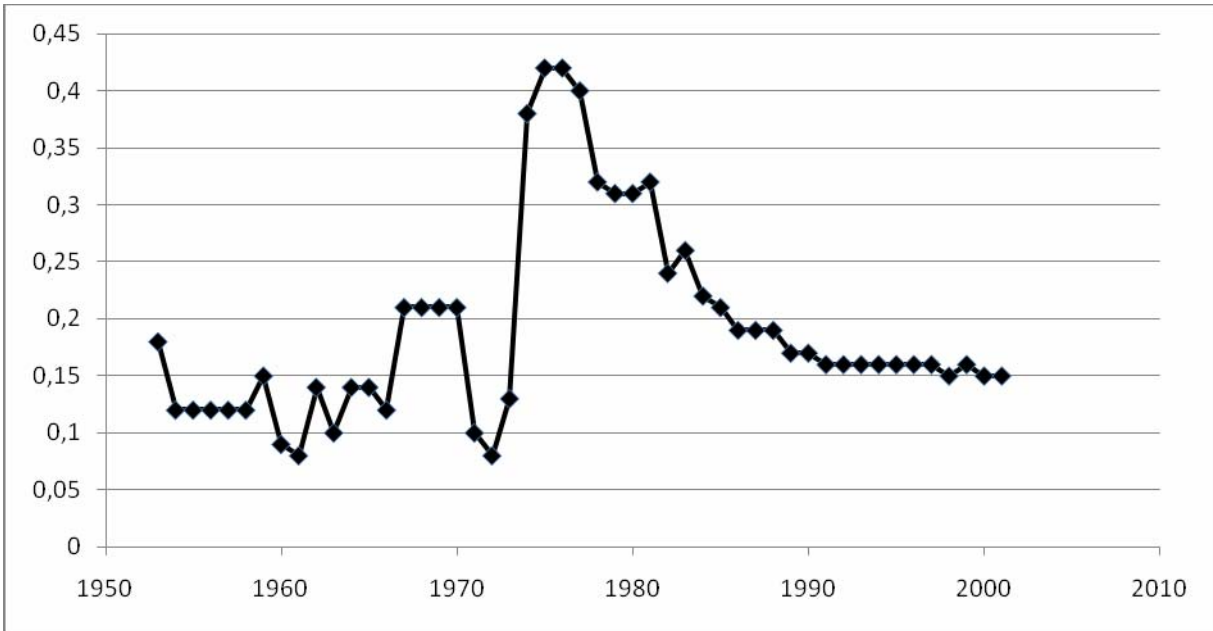
Pour en revenir aux indicateurs généalogiques classiques, quelques exemples montrent bien l'évolution récente. En France les sélectionneurs devaient donner l'information sur les parents des variétés qu'ils souhaitaient inscrire au catalogue national des variétés commercialisables, ce qui permet d'avoir des informations sur la généalogie de ces variétés. Le nombre de parents utilisés dans les programmes de sélection comparés au nombre de variétés inscrites a été relativement stable des années 1930 aux années 1960 mais s'est accru de façon significative dans les années 1970 et 1980. De plus le matériel « exotique » représentait moins de 30% des parents en 1960 et presque 50% dans les années 1980 (3).

Une approche plus systématique de la diversité des blés en Inde et aux USA, fondée sur le coefficient de parenté, a été effectuée en 1995 (1). Au début du 20<sup>ème</sup> siècle les agriculteurs américains plantaient des variétés locales et des sélections qu'ils avaient faites dans ces variétés. Le coefficient moyen de parenté des variétés de blé de printemps en 1920 était de l'ordre de 70%. Dans les années 1980 il n'était plus que de l'ordre de 20%. Les blés indiens avaient eux pour les variétés commercialisées, au début du 20<sup>ème</sup> siècle, un coefficient de parenté bas, de l'ordre de 10%, le sous-continent indien étant une source historique de diversité génétique pour le blé. Une augmentation de ce coefficient jusqu'à 20% eu lieu au milieu des années 1960, lors de la révolution verte. Ce coefficient, pondéré par les surfaces des variétés les plus cultivées, atteint à cette période un peu plus de 50% mais il retomba rapidement au-dessous de 30% en 1985 du fait de la mise en marché de plusieurs nouvelles variétés.

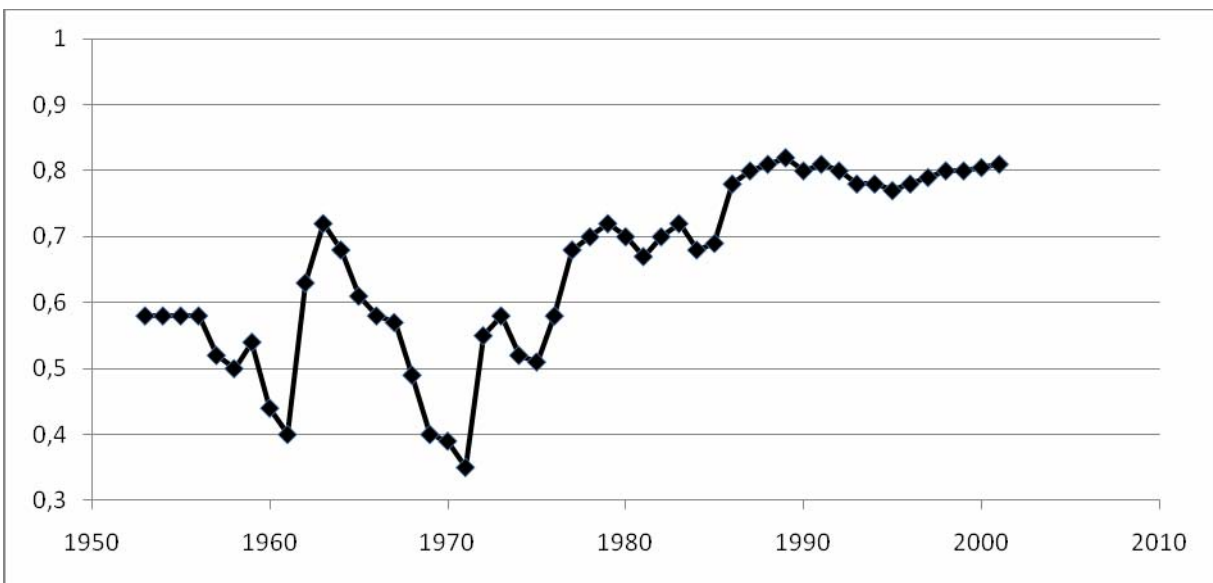
Une étude plus récente (6), conduite sur les variétés hongroises enregistrées au cours des 50 dernières années montre une évolution similaire à celle observée en Inde. Le coefficient de parenté, relativement bas du début des années 1950 au début des années 1970, entre 0,1 et 0,2 augmente fortement au début des années 1970 jusqu'à un peu au-dessus de 0,4 lorsque le besoin de variétés courtes pour récolte mécanique se fit sentir. Il est retombé au niveau de départ à la suite du travail de sélection effectué pour le développement de nouvelles variétés (fig. 2).

Les auteurs de cette étude montrent également les limites de l'analyse de la diversité des variétés au catalogue pour juger de la diversité des cultures dans le pays. La comparaison de la diversité pondérée calculée, tenant compte du coefficient de parenté des variétés inscrites et de la part de marché des variétés les plus cultivées, montre qu'en fait le choix des agriculteurs a une très grande importance sur la diversité réellement utilisée (fig. 3).

<sup>1</sup> C'est-à-dire résultant de sélection généalogique à partir d'une F1.

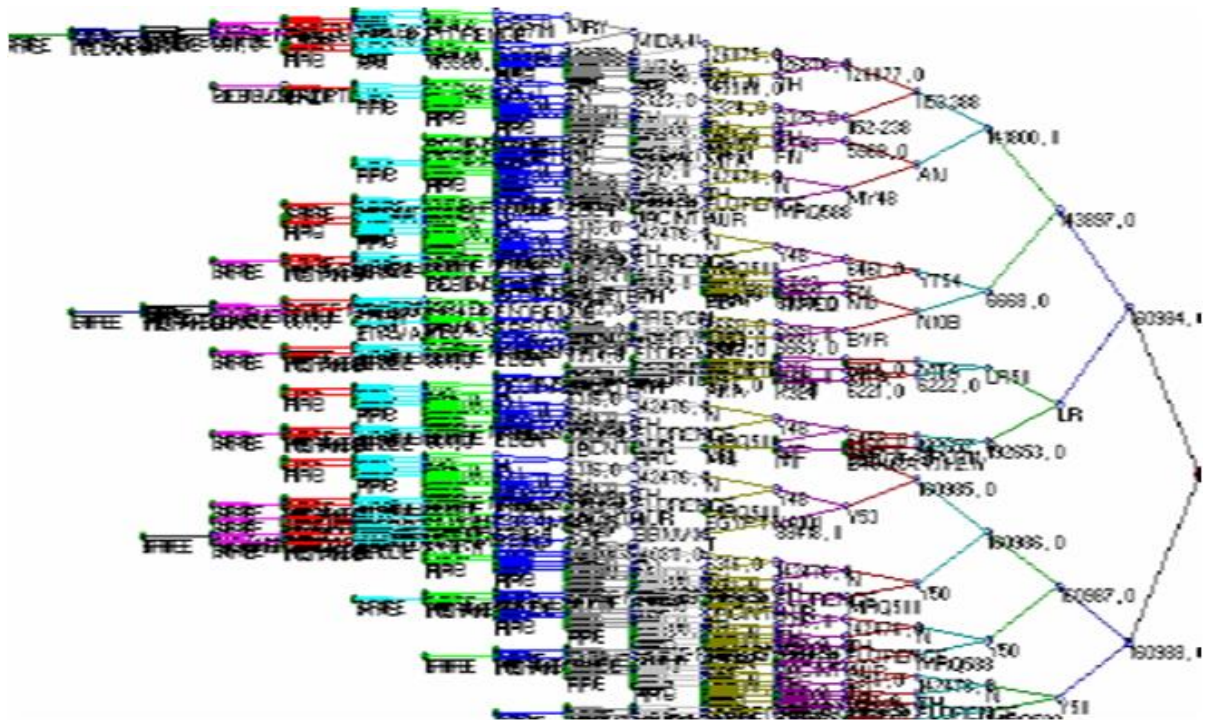


**Figure 2** Coefficient moyen de parenté entre les variétés de blé hongroises enregistrées entre 1952 et 2000



**Figure 3** Diversité pondérée de 0 à 1 de la production hongroise de blé.  
(Calculée d'après le coefficient de parenté, le nombre de variétés et leurs parts de marché).

L'arbre généalogique de la variété de blé Sonalika créée par CIMMYT montre bien la complexité de l'ensemble des parents utilisés pour sélectionner une nouvelle variété de blé (fig. 4).



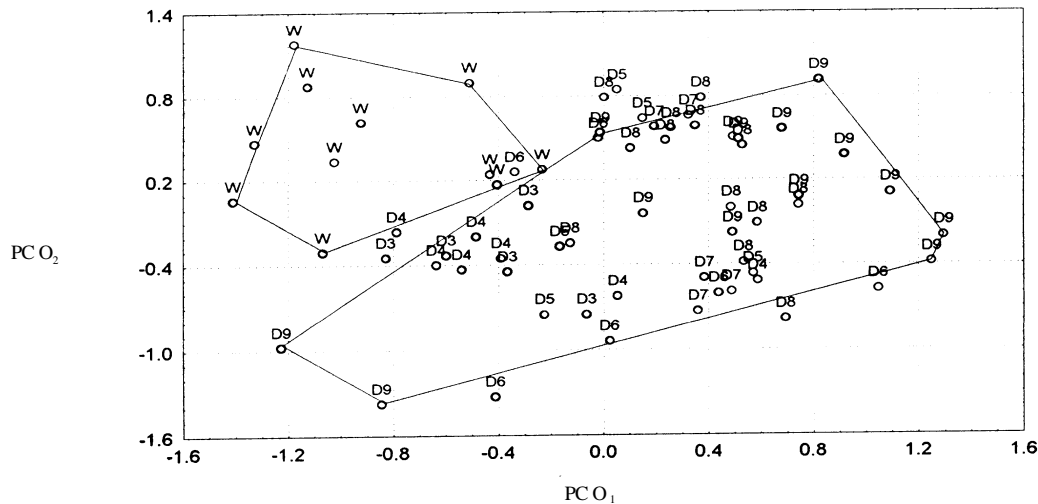
**Figure 4** Exemple de pedigree : la variété de blé Sonalika

Une étude (7) de l'évolution du pedigree d'hybrides de maïs largement cultivés dans le corn belt des Etats Unis des années 1930 aux années 1990 montre l'apparition régulière de nouveaux parents, 35% dans les années 1940, 36% dans les années 1960 et 20% dans les années 1980 avec une augmentation des parents d'origine exotique et disparition de certains parents utilisés les années antérieures. Le coefficient de parenté est resté très bas jusqu'aux années 1960, de l'ordre de 0,05% puis a cru pour atteindre 0,17% dans les années 1990, en liaison avec une diminution d'introduction de nouveaux parents. Cependant les auteurs notent qu'il n'y a pas de diminution du progrès de gain de rendement de ce fait.

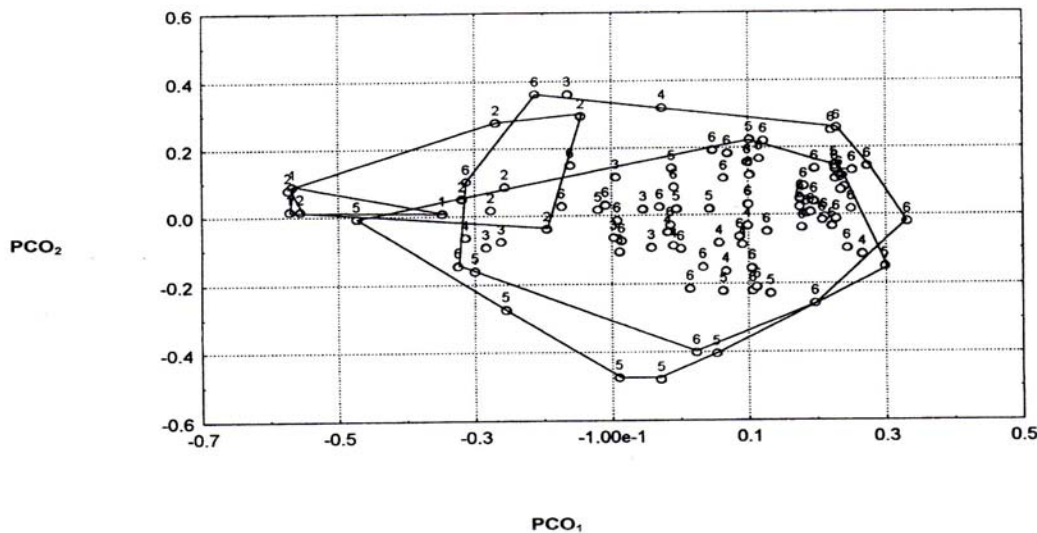
#### 4 - Les marqueurs moléculaires.

Depuis les premières applications des RFLP au règne végétal au début des années 1980 les marqueurs moléculaires sont de plus en plus utilisés pour étudier la diversité génétique des variétés cultivées par les agriculteurs. Comme pour toutes les autres méthodes les résultats doivent être analysés avec précaution du fait de biais statistiques ou méthodologiques possibles. Les quelques exemples ci-dessous permettent de se rendre compte des résultats obtenus dans différentes situations.

Les variétés de la liste recommandée du Royaume Uni, orge de printemps depuis 1920, blé d'hiver depuis 1930 et colza depuis 1973 ont été analysées par AFLP ou RFLP ainsi que phénotypiquement (8). Les conclusions des auteurs sont : « les données de l'étude démontrent que l'amélioration moderne des plantes, le droit d'obtenteur et la liste recommandée n'ont conduit à aucun rétrécissement significatif du niveau général de diversité des cultures au Royaume Uni au cours des 60 à 70 dernières années ». L'observation des figures 4 et 5 montre qu'au cours des années 1970 il y a eu une gamme étroite de diversité à la disposition des agriculteurs, ce qui peut être expliqué par des changements dans les techniques culturales et les idéotypes variétaux comme les blés à paille courtes et le colza sans acide érucique. Cependant après un tel rétrécissement de la diversité on assiste à une nouvelle augmentation rapide par la mise à disposition de nouvelles variétés. (Ceci est cohérent avec ce que nous avons vu pour le blé en Inde et peut probablement être comparé à l'évolution constatée après un syndrome de domestication, à une autre échelle de temps).



**Figure 5** Analyse en composantes principales des données AFLP des principales variétés de blé cultivées au Royaume Uni de 1934 à 1994. La décennie est indiquée par D5 (=1950s) etc. Par souci de clarté seule l'enveloppe pour la décennie 1990s est tracée, ainsi que celle des blés du reste du monde.



**Figure 6** Analyse en composantes principales des données RFLP des principales variétés de colza cultivées au Royaume Uni de 1973 à 1994. Les variétés sont numérotées par période de 5 ans : 1=début des années 1970s, 2=fin des années 1970s, etc.

Dans le cadre du projet Gediflux de l'Union Européenne l'évolution de la diversité de quatre cultures majeures d'Europe, le blé, l'orge, le maïs et la pomme de terre au cours des cinquante dernières années a été analysée en utilisant divers marqueurs ADN (9). Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes : « la diversité génétique de l'orge n'a pas changé de façon quantitative au cours de la période considérée avec plus de diversité trouvée aujourd'hui dans les variétés les plus commercialisées. De même la diversité génétique est plus grande dans les variétés de blé les plus commercialisées et, globalement, une augmentation de la diversité a été notée. Une augmentation initiale de la diversité a été notée pour le maïs en Allemagne, suivie par une diminution. La diversité génétique du maïs en France montre des variations qualitatives plutôt que quantitatives mais aucune diminution globale n'a été trouvée. Pour les pommes de terre aucune perte d'allèle n'a été observée et plusieurs marqueurs sont présents seulement dans les variétés mises en marché après 1970. Pour cette culture il n'y a pas eu d'érosion génétique au cours des 60 dernières années mais au contraire une légère augmentation de la diversité globale ce qui peut être du, selon les auteurs, à l'introgression de caractères de résistance aux maladies provenant de variété sauvages ».

L'analyse de la variation de la diversité génétique de 504 variétés d'orge cultivées en Europe au vingtième siècle (10), regroupées en 4 périodes de 30 ans (20 ans pour la dernière période) montre que si 24 des 159 allèles du premier groupe ont disparu dans le dernier groupe, 51 nouveaux allèles ont été trouvés dans ce dernier groupe. Les auteurs concluent que l'effort de sélection et les systèmes de mise à disposition des variétés n'ont pas provoqué de perte quantitative de diversité au cours des quatre périodes considérées dans le lot analysé.

De nombreuses études sur des blés européens, américains et australiens ont été effectuées au cours des dernières années (11,12, 13). Toutes ces études indiquent qu'il n'y a pas eu de perte significative de diversité au cours des périodes étudiées. 75 variétés de blé de printemps du nord de l'Europe ayant fait l'objet d'un programme intense d'amélioration ont été analysées à l'aide de microsatellites (14). Les résultats suggèrent que la diversité génétique des blés de printemps nordiques a été augmentée par l'amélioration des plantes entre 1900 et 1940, qu'il y a eu ensuite diminution de 1940 à 1960 et de nouveau augmentation à partir de 1960, toujours par le biais de l'amélioration des plantes. On note cependant au cours des périodes la perte de certains allèles, compensée par l'introduction de nouveaux.

Il faut cependant noter une étude sur les blés de force de printemps canadiens (15) qui montre en utilisant des microsatellites une perte de diversité entre 1845 et 2004, perte attribuée à l'amélioration des plantes. Les auteurs suggèrent que cette perte de diversité est due à une très forte pression de sélection, en particulier vers les aspects qualitatifs à la demande du marché, dans un matériel génétique étroit.

## **5 - Conclusion.**

A quelques exceptions près, et quel que soit l'indicateur utilisé, on constate en général que l'amélioration des plantes moderne et les règles de mise en marché n'ont pas diminué la diversité génétique des variétés de grande cultures cultivées par les agriculteurs. On peut même, par exemple en ce qui concerne le blé, considérer avec certains auteurs, que l'incorporation réussie et le réassemblage de la diversité génétique d'espèces apparentées a créé des blés contenant plus de variation que jamais disponible pour les agriculteurs et les sélectionneurs (16). Ceci a résulté en une diminution de la sensibilité des variétés à différents stress et en même temps permet, grâce au grand nombre de variétés génétiquement différentes disponibles, de répondre rapidement par un changement de variété en cas de nouveau stress biotique ou d'une nouvelle demande du marché (6).

Cette situation est due à la possibilité pour les sélectionneurs d'utiliser de façon très large des ressources génétiques soit de matériel élite soit de variétés locales ou d'espèces sauvages apparentées. Il faut donc être très vigilant sur l'évolution des conditions d'accès à ces ressources, conditions qui deviennent de plus en plus difficiles. Des contraintes fortes sur le mouvement international des ressources génétiques et sur leur utilisation pourraient contribuer à la diminution de la diversité génétique dans le futur (17).

*« Journée ASF du 4 février 2010 »*  
*« Diversité génétique, structures variétales et amélioration des plantes »*



## BIBLIOGRAPHIE

- (1) Smale M. (1995). Ongoing Research at CIMMYT: Understanding Wheat Genetic Diversity and International Flows of Genetic Resources. In: Part 1 of CIMMYT World Wheat Fact and Trends, Supplement, 1995. Mexico, D.F: CIMMYT, 40pp.
- (2) Liste des variétés des espèces cultivées admises dans le Reich, Situation au 1er juin 1935. (Traduit de l'allemand).
- (3) Simon M. (1999). Les variétés de blé tendre cultivées en France au cours du XXe siècle et leurs origines génétiques. C.R. Acad. Agric. Fr., 1999, 85, N° 8, pp. 5-26.
- (4) Duvick, D. (1999). Genetic Diversity and Modern Crop Varieties, UPOV-WIPO-WTO Joint Symposium, The Protection of Plant Varieties under Article 27.3 (b) of the TRIPS Agreement, Geneva, Feb 15, 1999.
- (5) Smith, S. (2008). Communication personnelle.
- (6) Lang, L. and Bedö, Z. (2004). Changes in the genetic diversity of the Hungarian wheat varieties registered over the last fifty years. In Proceedings of the 17<sup>th</sup> EUCARPIA General congress, Ed. Vollmann, Grausgruber & Ruckebauer, Boku, Vienna, PP.9-12.
- (7) Smith, J.S.C. et al. (2004) Changes in Pedigree Backgrounds of Pioneer Brand Maize Hybrids Widely Grown from 1930 to 1999. Crop Sci. 44:1935-1946.
- (8) Law, J. et al. (1998). European Commission Report: the assessment and interpretation of diversity at the molecular and phenotypic levels in past and present varieties of wheat, barley and oilseed rape.
- (9) Reeves, J.C. et al. (2004). Changes over time in the genetic diversity of four major European crops- a report from the Gediflux Framework 5 project. In Proceedings of the 17<sup>th</sup> EUCARPIA General congress, Vollmann, Grausgruber & Ruckebauer, BOKU, Vienna, PP. 3-7.
- (10) Malysheva-Otto, L et al (2007). Temporal trends of genetic diversity in European barley cultivars. Mol Breeding (2007) 20:309-322.
- (11) Donini, P. et al. (2005). The impact of breeding on genetic diversity and erosion in bread wheat. Plant Genetic Resources 3(3):391-399.
- (12) Huang X-Q et al (2007). Did Modern Plant Breeding Lead to Genetic Erosion in european Winter Wheat Varieties? Crop Sci. 47:343-349(2007)
- (13) White, J et al. (2007). The genetic diversity of UK, US and Australian cultivars of Triticum aestivum measured by Dart markers and considered by genome. TAG 2007.
- (14) Christiansen, M.J. (2002). Diversity changes in an intensively bred wheat gerplasm during the 20<sup>th</sup> century. Molecular Breeding 9: 1-11, 2002.
- (15) Fu, Y.-B. et al (2006). Impact of breeding on genetic diversity of the Canadian hard red spring wheat germplasm as revealed by EST-derived SSR markers. Theor Appl Genet(2006) 112:1239-1247.
- (16) Warburton, M. <http://www.cimmyt.org/english/wps/news/2006/jun/diversityRecovered.htm>, read on July 03, 2006.
- (17) Le Buanec, B. (2004). Plant Genetic Resources and Freedom to Operate. EUCARPIA, Tulln, Austria, 8 September 2004.