

L'AMELIORATION VARIETALE DU BLE DUR (T. DURUM Desf.) EN FRANCE

par P. GRIGNAC

Maître de Conférences à l'Ecole National Supérieure Agronomique de Montpellier.

L'amélioration variétale du Blé dur (*T. durum* Desf.) est très récente en France. Elle a débuté vers 1955 à la Station d'Amélioration des Plantes (E.N.S.A. de Montpellier) lorsque l'approvisionnement en Blé dur des semouleries est devenu difficile et préoccupant.

Or, pour la fabrication des semoules et des pâtes alimentaires, le grain de certaines variétés de Blé dur demeure, pour l'ensemble de qualités, (rendement en semoule, couleurs, et aspect de la pâte crue, tenue à la cuisson, etc...) la matière première idéale et il ne semble pas que l'on dispose actuellement de variétés de Blé tendre réunissant l'ensemble des caractéristiques exigées par l'industrie et les consommateurs.

Aussi, les responsables de la C.E.E. ont défini ainsi le terme Blé dur « Blé de l'espèce *Triticum durum* et les hybrides du croisement interspécifique du *Triticum durum* qui présentent le même nombre de chromosomes que celui-ci. Le Blé dur ainsi défini doit avoir une couleur jaune ambrée à brun et présenter une cassure vitreuse d'aspect translucide et corné ».

Ainsi, la C.E.E. tient compte dans sa définition des progrès que peut apporter l'amélioration variétale et des exigences technologiques du grain en plus des caractères propres à l'espèce.

I. LES OBJECTIFS DE LA SELECTION.

Actuellement, les rendements et la qualité du grain fluctuent énormément en fonction des conditions climatiques. Car, l'amélioration est loin d'avoir obtenu des résultats comparables à ceux que l'on constate chez le Blé tendre ou le Maïs. Nous cultivons encore des variétés soit issues directement de populations de pays (ex: Bidi 17) ou d'un nombre très réduit de cycles de sélection, soit obtenues dans des pays étrangers à conditions climatique et agronomiques très différentes des conditions françaises.

Aussi l'avenir de la culture du Blé dur est-elle liée à la mise au point de variétés adaptées aux divers milieux et aux conditions de la culture intensive.

Etant donné les relations, les objectifs et les méthodes communs entre l'amélioration du Blé tendre et celle du Blé dur, nous nous contenterons de présenter les objectifs particuliers et les modifications apportées aux méthodes de sélection. Enfin, nous vous ferons part des principaux résultats obtenus.

A - LA PRODUCTIVITE.

On constate que la productivité des variétés actuelles est toujours inférieure à celle des variétés modernes de Blé tendre (différences de l'ordre de un tiers, soit 10 à 20 q/ha).

En effet, à partir d'un seuil bas (300 épis pour *Bidi 17*, 450 épis pour *Lakota*, 500 épis pour *Durtal*), une augmentation de la densité des épis entraîne une diminution rapide de la fertilité des épis. Ce fait se traduit par un nombre de grains au mètre carré nettement inférieur à celui du Blé tendre ce qui limite la capacité de mise en réserve des substances élaborées par la photosynthèse au cours de la maturation.

Ce défaut semble dû à une activité photosynthétique réduite à température basse et à luminosité faible. En particulier, l'entassement de la végétation est très préjudiciable pour le Blé dur.

De plus, on observe une concurrence excessive entre les organes végétatifs et l'épi au cours de la montaison.

Ainsi une amélioration quelconque des facteurs du milieu (fumure, irrigation) se traduit surtout par une augmentation de la taille des feuilles ou des tiges. Le nombre de fleurs fertiles et de grains varie peu ce qui entraîne une demande insuffisante de substances destinées à s'accumuler dans les grains.

Pour augmenter la productivité, il est donc nécessaire de créer un nouveau type de plante possédant un meilleur équilibre entre partie végétative et organes reproducteurs, une meilleure activité photosynthétique au début de la montaison et une plus grande aptitude à assurer les migrations vers l'épi et les grains.

Aussi, après de nombreux essais repartis dans des régions différentes et portant sur des lignées à caractéristiques très éloignées, nous avons défini un idéotype, variété idéale, susceptible d'obtenir des rendements très élevés.

Il posséderait les caractéristiques suivantes liées au rendement.

Nombre d'épis par plante = 2. Longueur du dernier entre noeud = 48,7 cm. Longueur de la tige = 90 cm. Longueur de l'épi = 12 cm. Nombre de grains par épi = 45. Poids de 1000 grains = 46 g. Diamètre du dernier noeud = 0,6 cm. Largeur de la dernière feuille = 1,2 cm.

Nous ne possédons pas encore de lignée cumulant ces divers caractères et les efforts de la sélection tendent, par un choix judicieux de géniteurs

diférents, à créer ce type idéal. Il n'existe pas un seul idéotype et les résultats que nous avons trouvé sont fonction des lignées, des variétés testées et des milieux d'expérimentation.

B - REGULARITE DES RENDEMENTS.

1) *Résistance aux adversités climatiques*: Dans les zones traditionnelles de culture du Blé dur, le relèvement rapide de la température au printemps, l'évapotranspiration intense et la pluviométrie faible en cours de maturation, ont permis la culture de variétés à chaumes longs et fins particulièrement sensibles à la Verse.

Dans nos conditions plus humides, la Verse est un accident fréquent et grave qui rend aléatoire l'obtention d'un rendement élevé et la production de grains totalement vitreux (la vitrosité du grain est très liée à la nutrition azotée). Aussi, l'obtention de variétés résistantes à cet accident est un objectif essentiel qui a orienté la sélection vers la recherche d'une part de transgressions de faible hauteur du chaume ou de meilleure lignification des premiers entre noeuds d'autre part de gènes de nanisme ou de taille courte présents chez de nombreuses variétés de Blé tendre.

De même, les variétés de Blé dur présentent une sensibilité élevée aux basses températures et, étant de rythme de développement de type printemps, l'endurcissement ne se produit pas. Certains gènes de résistance au froid indépendants du rythme de développement existent chez quelques variétés d'Anatolie, d'U.R.S.S. et d'Iran. Mais, ils paraissent liés à des gènes causant des necroses sur le feuillage et sont difficiles à introduire dans le matériel classique.

Actuellement nous essayons de créer de véritables variétés d'hiver à partir des Blés tendres et de certaines lignées de *T. turgidum* L en provenance des Balkans.

Par contre, la résistance aux hautes températures est toujours élevée. L'échaudage est dû à la présence de parasites ou à la verse, mais très rarement dans les conditions françaises, aux températures supérieures à 30°C en fin de maturation.

De même, la résistance à l'égrenage est normalement supérieure à celle des variétés de Blé tendre ce qui présente un avantage dans les zones chaudes et ventées.

Mais la germination prématurée du grain en épis avant la moisson est assez fréquente étant donné que les grains sont toujours de couleur blanche et ne possèdent pas de dormance de germination pouvant atténuer cet accident.

2) Résistance aux parasites.

Les problèmes de résistance aux principales maladies sont identiques à ceux qui se posent chez le Blé tendre, aggravés par le manque de variabilité au sein de l'espèce Blé dur. Normalement, la résistance à la Rouille noire est élevée et cette maladie paraît peu gênante sur cette céréale. Par contre, toutes les variétés sont sensibles à la Rouille brune, maladie très grave et très fréquente dans le Sud de la France où il existe de nombreuses races. Une certaine tolérance a été introduite dans certaines lignées à partir de variétés exotiques de Blé tendre (*Frontana, Kenya 368, Timstein*).

Pour la Rouille jaune, il existe des variétés peu sensibles aux races communes en France (ex: *Agathé*). Mais, l'évolution rapide des races complique la sélection d'autant plus que, dans le sud de la France, la Rouille jaune, sauf en 1975, n'existe pas ce qui nous oblige à étudier la résistance à ce parasite dans la région parisienne.

Mais, contre les piétins, la Fusariose des racines et des épis et l'Ergot, il ne semble pas que des progrès aient été obtenus. Tout le matériel existant tant français qu'étranger présente une sensibilité élevée à ces parasites ce qui rend aléatoire la culture du Blé dur dans les zones où les maladies sévissent.

C - QUALITE.

Le débouché du grain de Blé dur est unique. Seules la Semoulerie et la Fabrique de pâtes sont susceptibles de valoriser le grain.

Aussi un objectif essentiel de la sélection demeure l'obtention d'une qualité semoulière et pastière répondant aux exigences des industriels utilisateurs.

1) La qualité semoulière.

La qualité semoulière ou rendement du grain en semoule dépend de la grosseur et de la régularité du grain et, surtout, de la vitrosité de l'albumen. Un grain à albumen totalement vitreux se brise et donne de la semoule. Par contre, un grain farineux ou mitadin (plages à texture farineuse et à texture vitreuse) s'écrase, donne de la farine et, ainsi, son rendement en semoule est faible.

L'obtention d'un grain vitreux est la résultante de caractères variétaux (aptitude à accumuler des protéines dans le grain au cours des premiers stades de la maturation, élasticité et tenacité du gluten formé) et des conditions du milieu (nutrition azotée tardive, évapotranspiration élevée).

Une résistance élevée au mitadinage se trouve chez les variétés originaires

d'Afrique du Nord qui ont été sélectionnées dans un milieu normalement pauvre en azote après la floraison.

De plus, une fumure azotée copieuse, qui peut être apportée sur les lignées courtes, résistantes à la Verse, permet d'éviter le mitadinage et pallie à l'insuffisance de résistance.

De même, un poids individuel du grain élevé (poids de 1000 grains supérieurs à 50 g) se rencontre chez les variétés du bassin occidental de la Méditerranée.

2) La qualité pastière.

La qualité pastière est plus complexe. Elle est la composante de trois caractéristiques: l'aptitude à donner des pâtes jaunes et claires, la facilité de fabrication et la résistance de la pâte à la surcuisson.

L'aptitude à donner des pâtes jaunes et claires est devenue une caractéristique importante à cause de la généralisation des emballages transparents. Les pâtes jaunes sont choisies de préférence au moment de l'achat. De plus, la teinte jaune masque en partie les imperfections et les piqûres.

L'aspect de la pâte crue provient de la combinaison de deux teintes l'une brune provenant du développement de polyphénols sous l'action de polyphénols-oxydases et, peut être, de certaines protéines cupriques l'autre, jaune dû à la présence de pigments caroténoïdes qui peuvent être détruits en plus ou moins grande quantité par des lipoxygénases.

On définit ainsi deux indices de couleur mesurés au spectrophotomètre sur des disques de pâtes, l'indice de brun qui doit être faible et l'indice de jaune qui, au contraire, doit avoir une valeur élevée.

On peut également connaître l'activité des polyphénols oxydases en relation avec le brunissement des pâtes grâce l'électrophorèse.

On trouve chez de nombreuses variétés américaines telles que *Lakota*, *Hercules*, *Stewart 63*, etc., des teneurs élevées en pigments caroténoïdes et une faible activité des diastases ce qui se traduit par la production de pâtes de couleur jaune ambré. 3 ou 4 gènes à actions additives sont responsables de la teinte jaune. Mais, on constate une liaison négative entre l'aptitude à donner des pâtes jaunes, la grosseur du grain et la résistance au mitadinage.

Les piqûres noires sur les pâtes sont provoquées par la présence sur l'embryon et le sillon des grains de tâches brunâtres ou noirâtres appelées la moucheture. Les causes de la moucheture sont encore mal connues (piqûres de Thrips, blessures par d'autres insectes, réactions à la contamination par *Septoria* ou *Fusarium*). Néanmoins, on constate des différences considérables de sensibilité à cet accident suivant les variétés. Souvent, les variétés à gros grains sont plus atteintes par la moucheture que les variétés à petits grains.

Enfin la résistance à la surcuisson est devenue récemment un caractère important avec l'introduction dans l'industrie de presses à grand rendement qui travaillent à très forte pression.

Les pâtes de certaines variétés fabriquées avec cette méthode se délitent partiellement, s'agglomèrent et sont difficilement consommables. On ne connaît pas les facteurs qui agissent sur ce phénomène et il n'y a pas de liaison entre la tenacité du gluten et la résistance à la surcuisson.

Ainsi, les objectifs de l'amélioration sont-ils très nombreux et il a été nécessaire de faire un choix parmi eux étant donné l'urgence de développer la production jusqu'en 1975. Aussi, avons-nous choisi en priorité: la résistance à la Verse, la productivité, la résistance à la Rouille brune, la résistance au mitadinage et l'aptitude à donner des pâtes jaunes et claires.

II. LES METHODES D'AMELIORATION.

A - CONSIDERATIONS GENERALES.

Les méthodes de sélection calquées sur celles utilisées normalement sur le Blé tendre tentent de tenir compte des particularités liées à l'espèce Blé dur, des objectifs définis précédemment, des moyens disponibles et des conditions particulières de la Station de Montpellier.

Tout d'abord, l'amélioration est gênée d'une part, par la faible variabilité de l'espèce pour de nombreux caractères physiologiques: précocité, type de développement toujours printemps, absence de variétés à tallage abondant résistance insuffisante à la Verse, etc..., d'autre part, par l'absence de documents sur l'étude des collections de variétés permettant de faire un choix raisonné de géniteurs. Actuellement, divers organismes, en particulier, le C.I.M.M.Y.T. commencent à publier les diverses caractéristiques des variétés.

L'utilisation du Blé tendre comme source de variabilité oblige à modifier considérablement les méthodes de sélection étant donné le nombre différent de génomes.

Les objectifs n'ont pas la même importance suivant la zone de culture intéressée. Le Sud-Est met l'accent sur la résistance au mitadinage, le Sud-Ouest est très attaché à la tolérance à la Rouille brune alors que la Région parisienne met en priorité la résistance à la Verse et l'aptitude à donner des pâtes colorées. Il est donc nécessaire de réaliser une expérimentation des lignées dans les différentes zones de culture et les résultats ne sont pas toujours très concordants. Aussi, pour réaliser cette expérimentation, avons-nous fait appel aux sélectionneurs privés et, ainsi, une véritable collaboration s'est instituée entre nous se traduisant par des échanges de matériel, la mise en place d'essais et la réalisation de programmes communs. C'est un des

seuls exemples d'une coopération organique au niveau de la sélection entre l'I.N.R.A. et les sélectionneurs privés.

Enfin, si la section « Blé dur » de la Station d'Amélioration des Plantes de Montpellier ne dispose que de moyens réduits, les conditions du milieu impriment une très forte pression de sélection qui permet d'éliminer rapidement le matériel défectueux: les sols pauvres en matières organiques nécessitants de fortes fumures azotées, la possibilité d'irrigation permettent une maîtrise totale de l'alimentation azotée ce qui est important pour juger de la résistance à la Verse et de la résistance au mitadinage. Le climat chaud, la présence de rosées abondantes en avril créent un milieu très favorable au développement des maladies (Rouille noire, Rouille brune, Oïdium, Septoria, Fusarium). Enfin, les températures élevées en période de maturation sont favorables pour un choix sévère des lignées à système racinaire important et à faculté d'assurer les migrations vers le grain en conditions défavorables.

Pour permettre une sélection plus rapide et pour prolonger la période de sélection efficace qui est très brève sous notre climat, nous utilisons, en plus, une série de tests tels que:

— mesure de la durée d'activité du système racinaire en liaison avec la tolérance aux maladies et la résistance à la sécheresse.

— mesure de l'ancrage des racines en liaison avec la résistance à la Verse racinaire.

— mesure du diamètre du dernier noeud et de la longueur du dernier entre noeud en relation avec la productivité de la lignée.

B - SCHEMA D'AMELIORATION UTILISE POUR LES CROISEMENTS INTERSPECIFIQUES (BLE DUR X BLE TENDRE).

Après bien des tâtonnements, nous utilisons actuellement la technique de sélection suivante qui tient compte des phénomènes de stérilité dus aux nombres différents de chromosomes des deux parents.

	Blé tendre x Blé dur
(F ₁ souvent stérile)	F ₁ x Blé dur F ₁ (Récolte, en général, inférieure à 200 grains)
semis en mélange	F ₂ choix des épis à caractères morphologiques de Blé dur et presque stériles.
idem F ₂	F ₃ récolte en mélange après élimination des plantes différentes du Blé dur

idem F ₂	F ₄ idem F ₃
»	F ₅ récolte épi par épi, choix des épis fertiles à grains normaux, peu échaudés
semis épi par épi 30 grains par ligne de 1,5 m	F ₆ Choix des lignées sur le caractère à introduire dans l'espèce Blé dur (ex: fort tallage)
idem F ₆	F ₇ Choix des meilleures lignées et recroisement F ₈ avec lignées classiques de Blé dur.

En F₈ et F₉, il est réalisé, en plus, des essais comparatifs de rendement.

La récolte en F₂ des épis presque stériles provenant de plantes ayant un nombre de chromosomes compris entre 28 et 42 permet d'augmenter les chances d'échanges de gènes entre les génomes.

Enfin, la sélection ne commençant qu'en F₅ ne s'adresse qu'à des lignées typiques de Blé dur ayant retrouvé le nombre de 28 chromosomes.

Etant donné l'introduction de caractères défectueux, il est nécessaire de recroiser les meilleures lignées obtenues avec des lignées classiques de Blé dur.

C - SCHEMA D'AMELIORATION UTILISE POUR LES CROISEMENTS INTERVARIETAUX.

La méthode utilisée va varier suivant que l'on recherche une amélioration générale de l'ensemble des caractéristiques ou seulement l'obtention d'un géniteur. Mais, elle s'inspire du schéma suivant inspiré par le manque de connaissances que nous avons sur les géniteurs utilisés et par la nécessité de faire rapidement un choix efficace.

Nous effectuons chaque année environ 50 croisements entre variétés reçues de pays étrangers 2 ou 3 ans auparavant et lignées en F₅, F₆, F₇ issues du programme de sélection.

Les plantes F₁ sont, en général, recroisées soit avec un des parents, soit avec une troisième lignée de façon à augmenter la variabilité.

La récolte de chacune des F₁ s'effectue en mélange ce qui nous permet d'avoir environ 1500 grains sur 300 à 500 F₁.

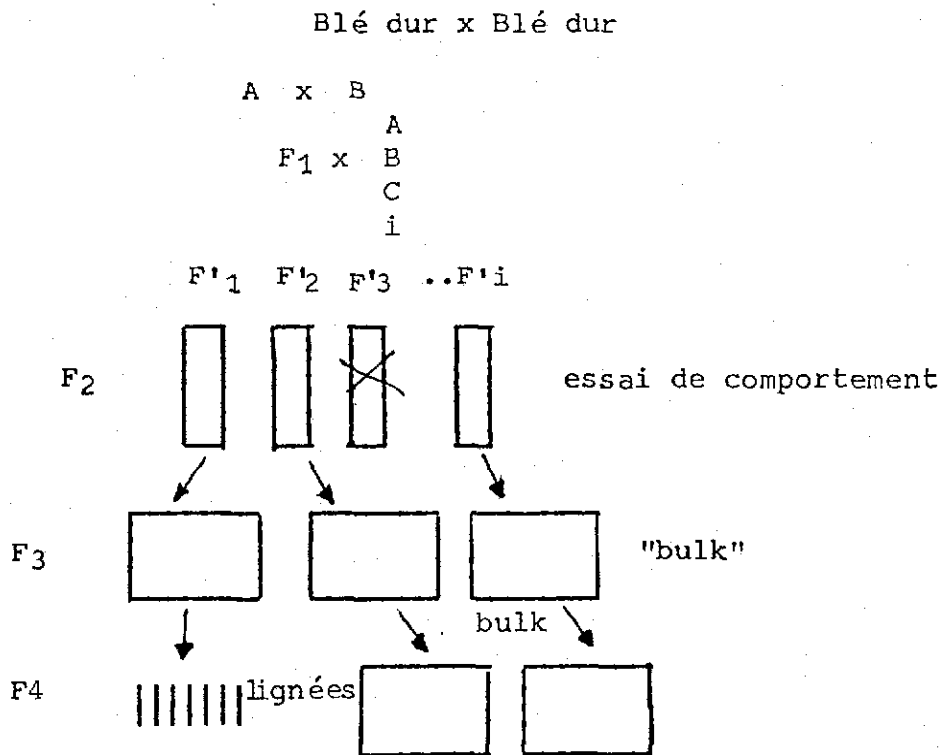
Les diverses F₂ sont testées en essai comparatif de rendement par rapport aux variétés les meilleures. Seules sont conservées celles qui obtiennent des rendements corrects.

La F₃ est obligatoirement cultivée en bulk étant donné que la F₂ est récoltée en mélange.

Sur les descendances en F₃ assez homogènes, nous n'effectuerons qu'un choix après la récolte basé sur la grosseur du grain. Sur celles que nous jugeons hétérogènes, nous récoltons seulement un épi sur les plantes qui nous paraissent intéressantes.

Ainsi en F_4 , nous avons des descendance soit en « bulk » soit en lignées.

A partir de la F_5 , la totalité du matériel est soumise à la sélection généalogique classique et les essais comparatifs de rendement entre les lignées commencent en F_6 ou F_7 .



Les meilleures lignées retenues sont soumises aux épreuves d'inscription au catalogue dans des conditions voisines de celles du Blé tendre après avoir été multipliées et fixées par un organisme producteur de semences lié par contrat avec l'I.N.R.A..

Nous avons tenté d'étudier l'efficacité de la méthode que nous utilisons, simple compromis entre la méthode généalogique classique et la « bulk method », en comparaison avec la méthode généalogique classique avec sélection dès la F_2 et création de lignées en F_3 , la « bulk method » ne commençant la sélection qu'à partir de la F_5 et la méthode de la descendance d'un seul grain préconisée par Goulden consistant à ne récolter qu'un grain par épi sur les plantes F_2 et F_3 et à faire un choix seulement en F_5 sur les lignées issues des épis récoltés en F_4 .

Pour les descendance des croisements étudiés, les quatre méthodes semblent donner des résultats voisins, les rendements des cinq meilleures

lignées, actuellement en F₈, issues de chacune des quatre méthodes ne donnent pas de résultats significativement différents. Si ces résultats se confirment, il sera, sans doute, possible de simplifier considérablement le schéma de sélection et de diminuer le travail au cours des premières générations.

III. PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS.

L'amélioration variétale s'est traduite par la création de variétés (d'abord *Montferrier*, puis *Agathé*, *Durtal* et *Tomclair*) qui ont contribué à l'augmentation des rendements et de la production totale de Blé dur.

Agathé de type classique à paille assez haute, a donné les rendements les plus élevés dans toutes les zones de culture. Mais, à cause de sa sensibilité à la moucheture et de la faible coloration des pâtes produites, sa culture se développe seulement dans le Sud de la France.

Durtal, à paille courte, assez résistante à la Verse, s'est rapidement imposée dans le bassin parisien. En 1975, cette variété représentait environ 80 pour cent des emblavements de Blé dur de la région parisienne et, son extension coïncidant avec la surproduction, les fabricants de pâtes lui reprochent la faible tenue des pâtes à la surcuisson.

Tomclair, nouvelle variété inscrite en 1975, est plus raide, plus productive que *Durtal*. Son grain plus gros, plus régulier, donne des pâtes plus colorées. Mais, il est encore trop tôt pour connaître le devenir de cette variété.

Enfin, 6 lignées sont actuellement soumises aux épreuves d'inscription au catalogue.

Pour illustrer les progrès en matière de sélection pour le rendement, nous avons réuni dans le tableau suivant les rendements obtenus en expérimentation par les 5 meilleures lignées d'origine française ou étrangère au cours de 3 périodes 1950-1952, 1963-1965 et 1973-1975.

Rendement moyen des 5 meilleures lignées de Blé dur.

périodes d'expérimentation	Rendement en q/ha
1950-1952	28,2
1963-1965	44,3
1973-1975	56,2

Il faut noter que cette augmentation du rendement moyen traduit également l'utilisation de techniques culturales intensives qui peuvent être appliquées sur les lignées récentes.

Les progrès en matière de qualité sont moins spectaculaires étant donné la qualité déjà très élevée de nombreuses lignées d'origine américaine. Mais les progrès en biochimie, la mise au point de tests rapides par le laboratoire de technologie devraient permettre d'obtenir des résultats comparables plus rapidement.

IV. CONCLUSION.

L'amélioration variétale du Blé dur, en France, est récente; elle n'a qu'une importance réduite et les moyens qui lui sont consacrés sont faibles.

Malgré les résultats encourageants déjà obtenus, il est, sans doute, peu probable que dans un avenir proche, il soit possible d'obtenir des rendements aussi réguliers et aussi élevés que ceux du Blé tendre. A cause de défaut majeurs (sensibilité à l'hiver, à l'humidité stagnante, aux divers piétins etc.) la culture devra se cantonner à des zones privilégiées.

Mais en faisant appel soit aux espèces voisines (*T. turgidum*, *T. dicoccum*, *T. Aethyopicum*) soit au Blé tendre, on doit pouvoir augmenter considérablement la variabilité de l'espèce et les possibilités d'amélioration.

De plus, il est, sans doute, possible d'utiliser certains caractères du Blé dur pour l'amélioration du Blé tendre (tolérance aux hautes températures et à la sécheresse, richesse en protéines, faible teneur en inhibiteurs tryptiques, etc...).

Pour pallier à l'absence de moyens et pour atteindre ces objectifs ambitieux, les principaux sélectionneurs et l'I.N.R.A. liés par des accords bilatéraux, échangent du matériel en cours de sélection, effectuent en commun de nombreuses séries d'essais, réalisent les premières multiplications ce qui permet d'augmenter considérablement l'efficacité de chacun des participants à cette collaboration. Il serait très intéressant que cet exemple donné par la sélection des variétés de Blé dur soit suivi pour l'amélioration d'autres espèces.