

amélioration des espèces végétales cultivées

objectifs et critères
de sélection

A. Gallais et H. Bannetot, éd.

MIEUX COMPRENDRE



 **INRA**
EDITIONS

amélioration des espèces végétales cultivées

objectifs et critères
de sélection

Ouvrage collectif coordonné
par

A. Gallais et H. Bannerot

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147, rue de l'Université - 75007 Paris

Mieux comprendre

Ouvrages parus dans la même collection :

L'épidémiologie en pathologie végétale : mycoses aériennes

Frantz RAPILLY

1991, 318 p.

**Principes d'amélioration génétique
des animaux domestiques**

Francis MINVIELLE

1990, 211 p.

Cytogénétique des mammifères et élevage

Paul C. POPESCU

1989, 114 p.

Les oligo-éléments en agriculture et élevage

Yves COÏC, Marcel COPPENET

1989, 114 p.

Éléments de virologie végétale

Pierre CORNUET

1987, 208 p.

Du même auteur :

Théorie de la sélection en amélioration des plantes

André GALLAIS

1989, 598 p.

Collection « *Sciences agronomiques* » chez Masson

Crédit photos : Stations INRA et CIRAD, Photothèque INRA pour les clichés 2.4 (P. Leclercq) et 7.4 (M. Le Lezec)

© INRA, Paris, 1992

ISBN : 2-7380-0383-4

ISSN : 1144-7605

Il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage - loi du 11 mars 1957 - sans autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de Copie, 6 bis rue Gabriel Laumain - 75010 PARIS

« Nous devons travailler pour une agriculture performante, diversifiée, économe, propre, à haute valeur ajoutée biologique, parfaitement intégrée dans un complexe agro-industriel dynamique et novateur. »

Jacques Poly

Avant-propos

Ce livre ne prétend pas montrer toutes les facettes de l'art et de la science de la création de variétés qu'est l'Amélioration des Plantes. Son but est d'illustrer l'étonnante diversité des espèces domestiquées par l'homme et par là même, la diversité des objectifs, des critères et des méthodes de sélection. Ce n'est donc pas une encyclopédie, malgré son volume ; face au choix d'un nombre important d'espèces (quarante cinq), la place par espèce était limitée. C'est donc l'essentiel qui a été dit pour chaque espèce, de façon assez sommaire pour ses origines et ses ressources génétiques, de façon un peu plus détaillée, mais encore très résumée, pour les objectifs et les critères de sélection, en insistant lorsque cela était possible sur quelques aspects originaux.

Nous avons également voulu faire ressortir la démarche du sélectionneur dans le choix des critères de sélection en fonction d'objectifs généraux (l'amélioration du niveau de la production en quantité et en qualité, et de sa régularité) mais aussi en fonction des contraintes biologiques liées aux espèces. L'amélioration des plantes étant une discipline de synthèse, les contributions de différentes disciplines devraient apparaître au lecteur : contribution de l'agrophysiologie, de la pathologie végétale, de la cytogénétique, des biotechnologies, etc.

Au total sept grands groupes d'espèces ont été retenus : les céréales, les plantes industrielles, les plantes fourragères, les plantes légumières, les plantes ornementales, les arbres fruitiers et les arbres forestiers. Les espèces retenues l'ont été en fonction de leur importance économique, mais encore davantage pour illustrer la diversité des situations : objectifs, critères, méthodes et techniques de sélection. Il s'agit d'espèces cultivées dans les pays tempérés, avec quelques espèces méditerranéennes. La présence des plantes ornementales se justifie par le fait qu'elles permettent d'illustrer la sélection pour des caractéristiques qualitatives (esthétiques), difficiles à évaluer.

Cet ouvrage se veut donc un ouvrage de culture générale en Amélioration des Plantes, voire en Agronomie au sens large. Les lecteurs qui voudraient en savoir plus sur telle espèce ou groupe d'espèces trouveront dans certains cas, des monographies très bien faites. De plus, chaque chapitre, ayant été traité par un ou des spécialistes de l'espèce, comprend de nombreuses références pour aller plus loin. Les méthodes de sélection et de création de variétés n'ont pas été développées, sauf si elles étaient très particulières. Pour les méthodes de base, le lecteur devra donc s'adresser à des ouvrages où elles sont présentées.

Si la juxtaposition des quarante cinq espèces choisies permet de bien illustrer la diversité des situations, elle ne montre pas suffisamment l'unité de l'organisation de la variabilité génétique des plantes et aussi l'unité de la démarche des sélectionneurs. C'est au lecteur de découvrir ces aspects. Nous espérons que les présentations générales de chaque groupe d'espèces aideront sa réflexion.

Enfin que le lecteur nous pardonne les inévitables différences de style. Coordonner plus de cinquante auteurs différents n'a pas été une chose facile. N'est-il d'ailleurs pas normal, voire souhaitable, qu'il subsiste une certaine diversité, puisque « la diversité génétique » est à la base de cet ouvrage et qu'elle est source de progrès !

A. GALLAIS, H. BANNEROT

« And he gave it for his opinion that whoever could make two ears corn, or two blades of grass, to grow upon a spot where only one grew before, would deserve better of mankind, and do more service to his country, than the whole race of politicians put together. »

Jonathan Swift

Remerciements

à tous les auteurs pour leur contribution,

à Maurice DERIEUX, Chef du Département d'Amélioration des Plantes de l'INRA qui a bien voulu soutenir cet ouvrage collectif et inciter tous les chercheurs de son département à y participer,

à M^{me} Marie-Marguerite ROLLAND pour la gentillesse, le dévouement et la compétence qu'elle a bien voulu apporter à la fusion des différentes contributions,

à Jean-Louis PHAM, Chargé de Recherche à l'ORSTOM, en détachement à la Station du Moulon, pour sa disponibilité, pour tous ses conseils et son aide très efficace dans la tâche difficile de gestion et d'édition des textes,

à M^{me} Raymonde BOULIDARD pour sa très grande conscience professionnelle dans la fabrication de l'ouvrage et son aide inestimable au niveau de la correction des épreuves,

à tous les Etablissements et organismes qui ont bien voulu participer aux frais de fabrication de cet ouvrage : Coopérative de Pau, Pioneer France-Maïs, Hybritech, Groupe Limagrain, Rhône-Poulenc, Rustica, RAGT, SE-PROMA.

Sommaire

CHAPITRE 1. LES CÉRÉALES

Les céréales à paille : présentation générale	
G. DOUSSINAULT, F. KAAAN, C. LECOMTE, P. MONNEVEUX	13
Le blé tendre	
P. AURIAU, G. DOUSSINAULT, J. JAHIER, C. LECOMTE, J. PIERRE, P. PLUCHARD, M. ROUSSET, L. SAUR, M. TROTTET	22
Le triticale	
M. BERNARD	39
L'orge	
L. JESTIN	55
Le riz	
M. JACQUOT, G. CLÉMENT, E. GUIDERDONI, B. PONS	71
Le maïs	
P. ANGLADE, Y. BARRIÈRE, M. BECKERT, A. BOYAT, M. DERIEUX, A. GALLAIS, C. GIAUFFRET, Y. HÉBERT, M. POLLACSEK	89
Références bibliographiques	112

CHAPITRE 2. LES OLÉO-PROTÉAGINEUX

Présentation générale	
J. MORICE	127
Les oléagineux	
Le colza oléagineux	
M. RENARD, H. BRUN, A.M. CHÈVRE, R. DELOURME, P. GUERCHE, J. MESQUIDA, J. MORICE, G. PELLETIER, C. PRIMARD	135
Le tournesol	
F. VEAR	146
Le soja	
P. ROUMET	161
Les protéagineux	
Le pois	
R. COUSIN	173
La féverole	
J. LE GUEN, G. DUC	189
Le lupin	
C. HUYGHE	204
Références bibliographiques	218

CHAPITRE 3.

La betterave sucrière	
C. BRIAN	229
La pomme de terre	
P. ROUSSELLE, F. ROUSSELLE-BOURGEOIS, D. ELLISSECHE	243
Références bibliographiques	261

CHAPITRE 4. LES PLANTES FOURRAGÈRES

Présentation générale	
C. POISSON	267
Les Graminées	
Le dactyle	
C. MOUSSET	285
La féтуque élevée	
J. JADAS-HÉCART, C. POISSON	299
Les ray-grass	
F. BALFOURIER, G. CHARMET, M. BETIN, B. BOURGOIN	310
Les Légumineuses	
Les luzernes	
G. GÉNIER, P. GUY, J.M. PROSPERI	323
Le trèfle violet	
C. MOUSSET-DÉCLAS	339
Références bibliographiques	349

CHAPITRE 5. LES PLANTES LÉGUMIÈRES

Présentation générale	
H. BANNEROT, P. PÉCAUT	361
La tomate	
J. PHILOUZE, H. LATERROT	379
Le haricot	
G. FOUILLOUX, H. BANNEROT	392
L'oignon	
C. FOURY, B. SCHWEISGUTH	406
Le piment	
E. POCHARD, A. PALLOIX, A.M. DAUBÈZE	420
Les choux	
Y. HERVÉ	435
Le melon	
M. PITRAT, G. RISSER	448
L'artichaut	
P. PÉCAUT, C. FOURY	460
Références bibliographiques	470

CHAPITRE 6. LES PLANTES ORNEMENTALES

Présentation générale	
E. BERNINGER	479
Espèces productrices de fleurs coupées	
Le rosier de serre pour fleurs à couper	
E. BERNINGER	490
Le gerbera	
J. MEYNET	505
Les plantes florales à bulbes	
Le glaïeul	
J. COHAT	518
La tulipe	
M. LE NARD	527
Les arbustes décoratifs	
Le <i>Weigela</i>	
L. DECOURTYE	538
Le <i>Pyracantha</i>	
A. CADIC	549
Références bibliographiques	560

CHAPITRE 7. LES ARBRES FRUITIERS

Présentation générale	
J. HUET	567
Le pommier	
Y. LESPINASSE	579
Le pêcher	
R. MONET	595
Les porte-greffe des espèces fruitières à noyau du genre <i>Prunus</i>	
G. SALESSES, C. GRASSELY, R. RENAU, J. CLAVERIE	605
Le noyer	
E. GERMAIN	620
Les agrumes	
P. OLLITRAULT, D. DE ROCCA SERRA	633
Références bibliographiques	647

CHAPITRE 8. LES ARBRES FORESTIERS

Présentation générale	
B. ROMAN-AMAT	657
Les feuillus	
Les peupliers	
M. VILLAR, F. LEFÈVRE, J.C. LEPLÉ, C. PICHOT, E. TEISSIER DU CROS	673

Le merisier	
M. LEMOINE, J. DUFOUR, F. SANTI	684
Les résineux	
Le pin maritime	
P. BARADAT, P. PASTUSZKA	695
Le Douglas	
J.C. BASTIEN, B. ROMAN-AMAT	710
Les mélèzes	
L.E. PÂQUES	720
Les cèdres	
M. BARITEAU, P. FERRANDES	732
Références bibliographiques	744
Glossaire	751
Index des matières	761
Liste des sigles	763
Liste des auteurs	765

CHAPITRE 1

Les céréales

Les céréales à paille : présentation générale

G. Doussinault, F. Kaan, C. Lecomte et P. Monneveux

Importance culturelle et économique

Les céréales présentent l'avantage décisif de constituer des provisions pouvant se conserver sous forme de grains de grande valeur nutritionnelle par leurs substances amylacées et leurs protéines (environ 10 p.100). Elles sont de transformation aisée et variée par cuisson.

Les premières évidences archéologiques de récolte de céréales datent d'un peu moins de 8000 ans av. J.-C. et se trouvent au Moyen-Orient dans le « croissant fertile » : Mésopotamie, Turquie, Palestine (Feldman, 1976). A cette époque, l'engrain (*Triticum boeoticum*) et l'amidonniér (*Triticum dicocoides*) faisaient l'objet de cueillette. A ces formes sauvages, au rachis cassant à maturité, se sont progressivement substituées des formes au rachis solide permettant une récolte de la plante sans perte de grains. Cette pratique a été un facteur déterminant de la sédentarisation et du développement des civilisations.

Le blé tendre est apparu entre 5000 et 6000 ans av. J.-C. dans le croissant fertile puis s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe. Aujourd'hui encore, les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires et des échanges économiques.

L'amélioration des techniques culturales et la sélection génétique réalisées par l'homme depuis le début du siècle ont conduit à une augmentation importante des rendements en blé qui sont passés de 8,6 q/ha en 1900 à 11,5 q/ha en 1950 et enfin à 22,4 q/ha en 1984 (Lupton, 1987). Par ailleurs, les surfaces se sont accrues d'environ 30 p.100 depuis 1950. La combinaison des deux phénomènes, augmentation de la productivité et augmentation des surfaces, a conduit à un accroissement de la production céréalière qui permet de faire face, de manière inégale, aux besoins alimentaires induits par l'explosion démographique que nous avons connue depuis le début du siècle (tabl. 1.1 et tabl. 1.2).

L'augmentation des rendements s'est faite de manière extrêmement différente selon les pays : pour le blé, on enregistre, aujourd'hui, 3,4 q/ha en Somalie et 78,1 q/ha aux Pays-Bas. L'Europe du Nord-Ouest est caractérisée par ses rendements élevés qui sont la conséquence d'une culture intensive pratiquée sur de petites surfaces. Dans ces régions, le rendement moyen du blé est passé de 30 à plus de 60 quintaux durant les trente dernières années.

Tableau 1.1 – Superficies et productions mondiales des céréales à paille (d'après Bonjean et Picard, 1990).

Superficie (millions d'hectares)	1954	1968	1977	1986
Blé	135,0	224,2	225,6	228,9
Riz	97,4	128,3	143,4	145,4
Orge	44,7	74,9	86,0	79,6
Avoine	37,2	32,3	30,0	25,6
Seigle	14,7	22,4	13,0	15,5
Triticale				2,0
Production (millions de tonnes)	1954	1968	1977	1986
Blé	151,5	328,2	381,5	535,8
Riz	166,2	299,0	366,2	475,5
Orge	55,8	130,7	164,0	180,4
Avoine	49,4	54,2	51,5	47,8
Seigle	20,3	33,5	23,0	31,8
Triticale				5,0

Tableau 1.2 – Production mondiale de blé en 1984 (d'après Lupton, 1987).

	Surfaces (millions d'ha)	Rendements (quintaux/ha)	Productions (millions de tonnes)
Afrique	8,24	11,2	9,27
Amérique	50,28	22,4	112,76
USA	27,08	26,1	70,64
Canada	13,16	16,1	21,20
Argentine	6,12	21,2	12,97
Asie	82,76	21,3	176,2
Chine	29,46	29,7	87,68
Inde	24,39	18,5	45,15
Turquie	9,03	19,1	17,23
Europe	78,30	26,1	204,56
URSS	51,06	14,9	76,0
France	5,09	64,5	32,88
Italie	3,28	30,5	10,00
Roumanie	2,35	33,6	7,90
Espagne	2,27	26,7	6,04
Royaume-Uni	1,94	77,1	14,96
Australie et Nouvelle-Zélande ..	12,28	15,4	18,87
Monde entier	281,87	22,5	521,68

En France, les deux céréales à paille les plus cultivées sont le blé tendre et l'orge qui occupent respectivement 4 820 000 ha et 1 750 000 ha en 1991. Nous sommes largement exportateurs (tabl. 1.3). Pour le seul blé tendre, nous exportons 18 millions de tonnes dont la moitié vers les pays de la CEE. L'avoine et le seigle continuent de régresser car ces deux céréales sont adaptées à des sols acides et pauvres que l'on sait corriger aujourd'hui ou qui ne sont plus labourés. Les efforts de la sélection ayant beaucoup diminué sur ces 2 espèces, l'écart se creuse avec le potentiel de rendement du blé et de l'orge.

Tableau 1.3 – Bilan français de la production et de l'utilisation du blé tendre et de l'orge.

	Blé tendre				Orge			
	1988	1989	1990	1991	1988	1989	1990	1991
Superficie (1 000 ha) . . .	4 613	4 519	4 712	4 820	1 967	1 862	1 822	1 751
Rendements (qx/ha) . . .	56,0	62,8	64,9	—	53,5	52,6	54,0	—
Production (1 000 t.) . . .	25 814	28 376	30 580	—	10 528	9 800	9 846	—
Collecte	22 165	24 573	27 283	—	6 889	6 642	6 887	—
Importations	146	216	224	—	107	115	86	—
Usages en France	7 652	7 698	7 809	—	1 448	1 367	1 437	—
Aliment. humaine	4 889	4 921	4 967	—	198	269	185	—
Aliment. animale	2 055	1 827	2 069	—	925	783	942	—
Usages industriels	250	250	300	—	—	—	—	—
Semences	458	450	473	—	200	190	190	—
Exportations	15 419	18 039	17 356	—	5 565	7 685	5 655	—
Grains	13 236	16 071	15 301	—	4 390	6 685	4 363	—
Produits	2 183	1 968	2 055	—	1 175	1 000	1 292	—
CEE	7 684	6 537	8 154	—	2 632	5 046	2 550	—
Pays tiers	6 546	10 390	8 375	—	2 933	1 639	2 742	—
Aide	1 189	1 112	827	—	—	—	—	—

Source : ONIC-UNCAC.

Les objectifs de l'amélioration

Les céréales à paille sont cultivées partout en France, elles doivent donc être adaptées à des conditions de milieu très diversifiées. Avec plus de 7 millions d'hectares, elles occupent une part importante des surfaces labourées et leur culture joue un rôle considérable en matière d'environnement. Elles sont essentiellement destinées à fournir les industries en matières premières et si leur prix est garanti pour la plupart d'entre elles, il ne cesse de décroître.

Il en résulte que les objectifs généraux d'amélioration des céréales vont être tournés vers la diminution des coûts de production, vers une meilleure régularité des rendements et de la qualité et vers une adaptation des caractéristiques des grains aux utilisations industrielles.

La diminution des coûts de production passe par l'adaptation des variétés à des itinéraires techniques faisant intervenir une quantité moindre d'intrants. La sélection pour la résistance aux champignons parasites permet ainsi d'économiser un, voire deux traitements fongicides. Un raccourcissement des pailles qui entraîne une meilleure résistance à la verse évite l'emploi de régulateurs de croissance et permet une meilleure utilisation de l'azote par la plante. La diminution des intrants, permise par la création de variétés adaptées, contribue par ailleurs largement à diminuer la pollution par les traitements agropharmaceutiques et les nitrates.

L'amélioration de la régularité de la récolte en quantité et qualité est obtenue par la sélection pour la résistance aux variations de l'environnement. La résistance au froid pour les céréales d'hiver qui couvrent plus des quatre cinquièmes de la sole céréalière est une caractéristique importante au même titre que la résistance à la sécheresse pour la partie Sud de la France. En ce qui concerne les caractéristiques de la valeur d'utilisation, la résistance à la germination sur pied est primordiale, car son déclenchement entraîne une hydrolyse de l'amidon et modifie les caractéristiques technologiques.

1. La résistance aux parasites

a) Cas des parasites présentant une forte interaction avec l'hôte

Ce groupe rassemble surtout les parasites obligatoires fongiques. L'observation de mécanismes génétiques de résistance aux rouilles du blé tendre s'est faite très tôt après la redécouverte des lois de Mendel (Biffen, 1905). Une analyse des systèmes expliquant la variabilité de la relation hôte \times parasite conduisit Flor (1956) à émettre l'hypothèse d'une relation gène pour gène entre l'hôte et le parasite. Des observations sur la dynamique des races du parasite en fonction de la nature de l'hôte ont également conduit à proposer diverses stratégies d'utilisation de ces gènes de résistance spécifique : déploiement dans le temps et dans l'espace, accumulation de gènes dans une même variété, culture en mélange de lignées possédant des gènes différents (Frey *et al.*, 1973).

Parallèlement, on a constaté que certaines résistances, souvent incomplètes, semblaient être « non spécifiques » mais « durables » (Johnson, 1984). Cela a conduit les sélectionneurs à tenter d'utiliser des systèmes de résistance présumés plus stables dans le temps.

b) Cas des parasites présentant une faible interaction avec l'hôte

Ce groupe rassemble la plupart des parasites non obligatoires ou nécrotrophes. On ne connaît pas en général de haut niveau de résistance mais des différences de comportement entre génotypes très sensibles et moins sensibles. La première préoccupation des sélectionneurs a été d'essayer d'augmenter le niveau de résistance en recherchant des transgressions dans des croisements intraspécifiques ou en prospectant dans les espèces voisines et en tentant l'introgession du caractère chez le blé. Aucun contournement rapide