



HAL
open science

Aptitudes générale et spécifique à la combinaison de lignées de betterave fourragère et sucrière (*Beta vulgaris* L.)

François Le Cohec, Pierre Soreau

► **To cite this version:**

François Le Cohec, Pierre Soreau. Aptitudes générale et spécifique à la combinaison de lignées de betterave fourragère et sucrière (*Beta vulgaris* L.). *Agronomie*, 1982, 2 (8), pp.721-726. <hal-00884438>

HAL Id: hal-00884438

<https://hal.science/hal-00884438v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Aptitudes générale et spécifique à la combinaison de lignées de betterave fourragère et sucrière (*Beta vulgaris* L.)

François LE COCHEC & Pierre SOREAU

I.N.R.A., Station d'Amélioration des Plantes, Centre de Recherches de Rennes, B.P. 29, F 35650 Le Rheu.

RÉSUMÉ

*Betterave fourragère,
Betterave sucrière,
Hybride F₁,
Aptitude générale
à la combinaison,
Aptitude spécifique
à la combinaison.*

Des hybrides F₁ obtenus par croisement de lignées fixées monogermes mâle-stériles de betterave à sucre et de lignées fixées de betterave fourragère ont été comparés dans sept essais pour les caractères suivants : rendement en matière sèche par hectare, poids des racines et teneur en matière sèche.

L'analyse des composantes de la variance indique que pour ces trois caractères les variances d'aptitude générale à la combinaison des lignées parentales sont largement supérieures aux variances d'aptitude spécifique à la combinaison.

Cependant les variances d'aptitude spécifique à la combinaison jouent fréquemment un rôle relativement important dans l'expression du rendement en matière sèche par hectare et du poids des racines en particulier. Un programme d'amélioration de la betterave destiné à la réalisation de tels hybrides F₁ devrait donc envisager l'utilisation à la fois de la partie additive et de la partie non additive de la variance génétique.

SUMMARY

*Fodder beet,
Sugar beet,
F₁ Hybrid,
General combining
ability,
Specific combining
ability.*

Estimates of general and specific combining ability in fodder and sugar beet lines (Beta vulgaris L.)

Data were collected in seven tests on dry matter yield per hectare, percent of dry matter and weight of the roots of fodder beet hybrids produced by crossing monogerm male sterile inbred lines of sugar beet and male fertile inbred lines of mangels.

Analysis of variance components indicated that general combining ability effects are much more important than specific combining ability effects in determining these characters.

However specific combining ability effects frequently play a part in the expression of dry matter yield and weight of the roots particularly. This means that parental lines have to be tested for both general and specific combining ability.

A breeding program for the improvement of F₁ fodder beet hybrids will consequently be designed to utilize both the additive and the non-additive portion of genetic variance.

I. INTRODUCTION

La découverte de la stérilité mâle chez la betterave par OWEN (1945) a permis la production commerciale de variétés hybrides de betterave fourragère et de betterave à sucre. Ces variétés sont obtenues par croisement de 2 parents hétérozygotes, un parent monogermes et mâle-stérile diploïde et un parent pollinisateur généralement tétraploïde. Ces parents sont choisis en fonction de leur aptitude à la combinaison c'est-à-dire de leur aptitude à exprimer au mieux dans la combinaison hybride les caractères recherchés (rendement en sucre ou en matière sèche par hectare, teneur en sucre, pureté des jus, etc...).

L'aptitude à la combinaison des lignées parentales est estimée à partir de l'analyse de croisements faits suivant un plan factoriel ou un plan diallèle (diallèle complet ou diallèle partiel). L'aptitude générale à la combinaison

(a.g.c.) d'un parent est définie comme son comportement moyen dans toutes les combinaisons hybrides. L'aptitude spécifique à la combinaison (a.s.c.) est la déviation entre la valeur observée d'un hybride et sa valeur prévisible sur la base de l'aptitude générale à la combinaison des lignées parentales.

Génétiqement, l'a.g.c. est le résultat des effets additifs des gènes et de leurs interactions (épistasie de type additif × additif) et l'a.s.c. le résultat des effets non additifs des gènes (dominance et épistasie). Une variance additive importante permet la constitution progressive de populations de base améliorées pour les caractères recherchés. Une variance non additive importante conduit à rechercher à partir de croisements contrôlés entre populations (sélection récurrente réciproque) les meilleures combinaisons de gènes et la plus grande vigueur hybride. Avant d'utiliser une méthode de sélection, il est donc important de connaître au

préalable, pour l'espèce considérée et dans le matériel utilisé, l'importance relative des variances d'a.g.c. et d'a.s.c.

Bien que des milliers d'hybrides de betterave soient testés chaque année dans le monde entier, les travaux sur l'aptitude à la combinaison chez la betterave demeurent en nombre limité et concernent uniquement la betterave à sucre.

A partir de l'étude de 90 hybrides, OLDEMEYER & RUSH (1960) ont d'abord mis en évidence l'importance de l'a.s.c. dans l'expression du poids des racines et de la teneur en sucre. OLDEMEYER *et al.* (1968) estiment au contraire, en se basant sur des résultats d'essais faits depuis 1960, que les variations dues à l'a.s.c. sont très faibles comparées à celles dues à l'a.g.c. ; HELMERICK *et al.* (1963) et ELLERTON (1972) aboutissent à des conclusions analogues. Il en est de même pour FURSTE *et al.* (1977) qui préconisent de sélectionner la betterave sur la base seulement de l'a.g.c. des parents dont l'importance est considérablement plus grande que l'a.s.c. pour le rendement en sucre par hectare, le poids des racines et la teneur en sucre. La méthode préconisée, celle des croisements top-cross, est plus simple, moins coûteuse que celle des croisements factoriels et permet de tester davantage de matériel. Les hybrides étudiés par FURSTE *et al.* (1977) sont issus du croisement de parents hétérozygotes et sont donc, comme toutes les variétés commercialisées actuellement, très hétérogènes. Ces auteurs pensent cependant qu'en utilisant un matériel parental plus homogène, il est probable qu'on constatera à l'avenir une importance plus grande des variances d'a.s.c. chez la betterave.

Depuis 1971, nous avons obtenu et comparé entre eux un grand nombre d'hybrides F_1 de betterave fourragère. Ces hybrides sont issus du croisement de lignées diploïdes dont le taux de consanguinité est proche de l'unité : une lignée américaine monogermes mâle-stérile de betterave à sucre et une lignée européenne multigermes de betterave fourragère. Les parents ayant été autofécondés pendant 5 à 6 générations, ces hybrides sont tous très homogènes et facilement distinguables entre eux. Ils représentent en particulier un progrès pour l'adaptation à la récolte mécanique et la conservation en silo.

Le but de cet article est d'étudier dans ce type d'hybrides l'importance relative des variances d'a.g.c. et d'a.s.c. et, en fonction des résultats enregistrés, d'apporter des éléments pour le choix d'une méthode de sélection.

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les lignées monogermes mâle-stériles de betterave à sucre utilisées ont été sélectionnées dans les populations américaines 550, 561, 562 et 569 de MAC FARLANE & SKOYEN (1965). Ces populations sont originaires de Californie et elles sont génétiquement très différentes des variétés européennes de betterave fourragère. Ces dernières sont des variétés françaises, anglaises, allemandes, hollandaises et danoises présentant des caractères variés de coloration, de forme et de volume des racines, de sorte que l'on peut considérer que les lignées qui en sont issues constituent un échantillon assez représentatif de la variabilité génétique existant en betterave fourragère.

Les croisements suivants ont été réalisés et comparés l'année suivante dans des essais en blocs randomisés à 4 ou 5 répétitions :

	1972	1973	1974	1975	1976	1978 A	1978 B
Lignées mâle-stériles	8	8	6	4	8	7	15
Lignées pollinisatrices	6	4	4	5	6	4	3

Ces lignées étaient testées pour la 1^{re} fois dans ces essais et elles étaient toutes différentes les unes des autres. Chaque hybride a été semé une seule année à la Station d'Amélioration des Plantes du Rheu.

La faculté germinative et l'énergie germinative des semences utilisées étaient bonnes de sorte qu'aucun hybride n'a été pénalisé en raison d'une mauvaise qualité des semences. Plusieurs hybrides ont présenté par contre une sensibilité particulière à l'oïdium (*Erysiphe polygoni*), en 1975 et en 1978 (essai A).

Les semis ont été faits chaque année dans le courant avril et les récoltes en fin novembre. Les parcelles comportaient 3 lignes de chaque hybride et 1 ligne de séparation semée avec une variété commerciale. Elles étaient distantes de 0,50 m et le démariage a été fait manuellement de façon à laisser une plante sur la ligne tous les 0,25 m. La surface récoltée par parcelle était de 9 m².

TABLEAU 1

Analyse de la variance pour l'aptitude à la combinaison.
Analysis of variance for combining ability.

Source de variation Source of variation	d.d.l. d.f.	Carrés moyens Mean squares	Composantes de la variance Components of variance
Femelle Female	F - 1	M_1	$S^2 + RS^2_{FM} + RMS^2_F$
Mâle Male	M - 1	M_2	$S^2 + RS^2_{FM} + RFS^2_M$
Femelle × Mâle Female × Male	(F - 1) (M - 1)	M_3	$S^2 + RS^2_{FM}$
Erreur Error	(R - 1) (FM - 1)	M_4	S^2

TABLEAU 2

Estimation des composantes de la variance et de leur écart-type pour le rendement en matière sèche par hectare.
Estimates of the components of variances and standard errors for dry matter yield per hectare.

	1972	1973	1974	1975	1976	1978 A	1978 B
S^2_F	0,114 ± 0,106 (*)	0,352 ± 0,268 (**)	0,324 ± 0,260 (**)	0,330 ± 0,289 (**)	0,219 ± 0,140 (**)	0,680 ± 0,410 (**)	0,444 ± 0,185 (**)
S^2_M	1,300 ± 0,861 (**)	3,242 ± 2,705 (**)	0,343 ± 0,327 (**)	0,359 ± 0,275 (**)	0,201 ± 0,148 (**)	0,190 ± 0,168 (**)	0,060 ± 0,068 (**)
S^2_{FM}	0,242 ± 0,118 (*)	0,389 ± 0,177 (**)	0,083 ± 0,128	- 0,022 ± 0,056	0,040 ± 0,047	0,037 ± 0,029	0,082 ± 0,036 (**)
$(S^2_F + S^2_M)/(S^2_F + S^2_M + S^2_{FM})$	0,85	0,90	0,89	1,00	0,91	0,96	0,86

(*), (**) Significatif aux niveaux de probabilité 5 p. 100 et 1 p. 100 respectivement.
(*), (**) Significant at the 5% and 1% levels of probability respectively.

TABLEAU 3

Estimation des composantes de la variance et de leur écart-type pour le poids des racines par hectare.
Estimates of the components of variances and standard errors for the weight of roots per hectare.

	1972	1973	1974	1975	1976	1978 A	1978 B
S^2_F	26,34 ± 14,74 (**)	17,02 ± 13,06 (*)	66,18 ± 45,24 (**)	35,04 ± 30,18 (**)	12,47 ± 7,66 (**)	22,88 ± 13,73 (**)	20,80 ± 8,73 (**)
S^2_M	20,83 ± 13,76 (**)	91,03 ± 77,22 (**)	28,84 ± 26,45 (**)	12,20 ± 10,36 (**)	4,57 ± 3,77 (**)	9,88 ± 8,44 (**)	20,80 ± 21,26 (**)
S^2_{FM}	1,87 ± 1,87	19,95 ± 8,81 (**)	14,17 ± 7,79 (**)	3,69 ± 4,05	- 2,43 ± 2,17	0,14 ± 0,91	4,66 ± 1,83 (**)
$(S^2_F + S^2_M)/(S^2_F + S^2_M + S^2_{FM})$	0,96	0,84	0,87	0,93	1,00	1,00	0,90

(*), (**) Significatif aux niveaux de probabilité 5 p. 100 et 1 p. 100 respectivement.
(*), (**) Significant at the 5% and 1% levels of probability respectively.

TABLEAU 4

Estimation des composantes de la variance et de leur écart-type pour la teneur en matière sèche.
Estimates of the components of variances and standard errors for the dry matter percentage.

	1972	1973	1974	1975	1976	1978 A	1978 B
S^2_F	0,870 ± 0,493 (**)	0,975 ± 0,537 (**)	1,511 ± 0,984 (**)	0,235 ± 0,213 (**)	0,097 ± 0,066 (**)	0,518 ± 0,324 (**)	0,363 ± 0,155 (**)
S^2_M	2,614 ± 1,678 (**)	2,495 ± 2,049 (**)	1,100 ± 0,922 (**)	0,367 ± 0,282 (**)	0,567 ± 0,314 (**)	0,693 ± 0,586 (**)	0,596 ± 0,605 (**)
S^2_{FM}	0,188 ± 0,076 (**)	0,009 ± 0,040	0,124 ± 0,065 (**)	0,077 ± 0,052 (**)	0,077 ± 0,027 (**)	0,091 ± 0,041 (**)	0,079 ± 0,037 (**)
$(S^2_F + S^2_M)/(S^2_F + S^2_M + S^2_{FM})$	0,95	1,00	0,95	0,89	0,90	0,93	0,92

(*), (**) Significatif aux niveaux de probabilité 5 p. 100 et 1 p. 100 respectivement.
(*), (**) Significant at the 5% and 1% levels of probability respectively.

Les caractères étudiés ont été le rendement en matière sèche par parcelle, le poids des racines à l'arrachage (après un léger décolletage et déduction faite de la tare de terre) et la teneur en matière sèche déterminée à l'étuve.

Les parents mâle-fertiles et mâle-stériles des hybrides constituant en fait 2 origines distinctes les variances d'a.g.c. des parents ont été calculées séparément dans chaque essai.

L'a.g.c. d'une lignée mâle-stérile (ou femelle) a été estimée à partir de son comportement en croisement avec toutes les lignées pollinisatrices (ou mâles) et, de même, l'a.g.c. d'une lignée pollinisatrice a été estimée à partir de son comportement en croisement avec toutes les lignées mâle-stériles. Cette analyse est celle d'un plan factoriel, la composante d'interaction étant une estimée de l'a.s.c. (Experiment II de COMSTOCK & ROBINSON, 1952).

Les variances d'a.g.c. des parents mâles S^2_M et des parents femelles S^2_F ainsi que les variances d'a.s.c. S^2_{FM} ont été obtenues comme indiqué dans le tableau 1 après décomposition de la somme des carrés pour les effets dus aux parents mâles, aux parents femelles et aux interactions mâles \times femelles.

En 1975 et 1976, des valeurs négatives ont été obtenues pour la variance S^2_{FM} . Ces valeurs devraient être considérées comme des estimées de valeurs faiblement positives et non différentes de zéro.

L'écart-type des variances S^2_F , S^2_M et S^2_{FM} a été calculé à partir de la racine carrée de l'estimation de ces variances. Les variances des carrés moyens ont été obtenues à partir

des égalités du type : $\text{var. } M_1 = \frac{2}{F-1} M_1^2$.

III. RÉSULTATS

Les variances d'a.g.c. et d'a.s.c. sont présentées pour chaque caractère dans les tableaux 2, 3 et 4.

Elles sont généralement significativement ou très significativement différentes de zéro à l'exception de certaines variances d'a.s.c. Ceci est une indication de l'importance à la fois des effets additifs et des effets non additifs des gènes.

Les variances S^2_M sont plus importantes que les variances S^2_F , en 1972 et 1973, ce qui correspond à une variabilité plus grande présente dans les variétés de betterave fourragère que dans les variétés américaines de betterave à sucre. Cependant cette différence n'apparaît pas nettement les autres années. Les rapports $\frac{S^2_F + S^2_M}{S^2_F + S^2_M + S^2_{FM}}$, généralement proches de 1, indiquent une prépondérance des variances d'a.g.c. sur les variances d'a.s.c.

Cependant les variances d'a.s.c. ont fréquemment une réelle importance. Il en est ainsi en particulier dans l'expression du rendement en matière sèche par hectare en 1972, en 1974 et en 1978 (essai B) soit pour 3 essais sur 7 et, dans l'expression du poids des racines, en 1973 et en 1974.

Les estimations des variances sont faites avec une grande imprécision en raison du faible nombre de degrés de liberté dans chaque essai.

IV. DISCUSSION

Les résultats dont il est fait état ont été obtenus à partir d'essais semés une seule année en un seul lieu et ne sont donc valables que dans les conditions particulières ainsi

définies. Il aurait été certainement préférable que les mêmes hybrides aient été testés pendant 2 années au moins.

L'analyse de ces essais confirme néanmoins, comme les études antérieures, l'importance primordiale de l'a.g.c. dans la détermination des 3 caractères étudiés. Cependant les variances d'a.s.c. n'ont pas l'importance négligeable constatée par les auteurs qui ont comparé des hybrides de betterave à sucre obtenus par croisement de 2 parents hétérozygotes. Ces conclusions différentes sont dues sans doute à ce que la variance d'a.s.c. « augmente avec le niveau de consanguinité des parents et qu'elle est plus facilement mise en évidence avec des lignées fixées qu'avec des génotypes non consanguins » (GALLAIS, 1976). On démontre en effet que la variance d'a.s.c. est multipliée par 4 et celle d'a.g.c. par 2 lorsque le degré d'homozygotie passe de 0 à 1.

Par ailleurs les variances d'a.g.c. sont importantes pour des lignées parentales nouvelles et non testées, comme c'est le cas ici, mais par la suite leur importance diminue par rapport aux variances d'a.s.c. à mesure que la sélection progresse et que seules demeurent les meilleures lignées choisies pour leur a.g.c.

Dans l'hypothèse où la réalisation d'hybrides de 2 lignées fixées ou d'hybrides F_1 de betterave analogues à ceux testés ici se développerait et que ces hybrides puissent remplacer les variétés hétérogènes actuelles, il est donc probable que la variance d'a.s.c. prendrait davantage d'importance par rapport à la variance d'a.g.c.

Un programme d'amélioration de la betterave destiné à obtenir des hybrides de ce type devrait permettre l'exploitation à la fois de la variabilité due aux gènes à effet additif et de la variabilité due aux gènes à effet non additif.

Cela amène dans une 1^{re} étape à constituer par sélection massale ou sélection récurrente des populations de base améliorées pour les caractères recherchés et à en extraire par autofécondation des lignées fixées ayant une valeur propre élevée (vigueur des racines et des porte-graines, vigueur à la levée, résistance à la montée à graines et aux maladies, bonne teneur en sucre ou en matière sèche, bonne pureté des jus, forme des racines correcte, etc...).

La 2^e étape consiste à choisir parmi ces lignées celles qui présentent entre elles la meilleure valeur en combinaison. A ce niveau, on se trouve en présence de 2 groupes de lignées : les lignées monogermes mâle-stériles et les lignées mâle-fertiles pollinisatrices (ces 2 groupes étant de préférence d'origines géographiques différentes). Les meilleurs hybrides seront reconnus à partir de croisements entre les lignées de ces 2 groupes, les lignées parentales étant retenues d'abord pour leur a.g.c. puis pour leur a.s.c.

En définitive, le but recherché en sélection betteravière sera l'obtention de lignées fixées vigoureuses, bien adaptées aux conditions du milieu et aux conditions d'utilisation (alimentation du bétail, fabrication de sucre ou d'alcool), présentant une a.g.c. élevée et susceptibles d'exprimer en croisement une très forte a.s.c. pour le rendement en matière sèche ou en sucre par hectare.

Reçu le 22 septembre 1981.

Accepté le 28 avril 1982.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. LEFORT-BUSON et A. GALLAIS des observations faites à la lecture du manuscrit de cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Comstock R. E., Robinson H. F.**, 1952. Estimation of average dominance of genes. p. 494-516. In Gowen J. W. *Heterosis*. Ames, Iowa State College Press. 520 p.
- Ellerton S.**, 1972. The importance of specific combining ability in the production of hybrid sugar beet varieties. Study Group, « *Genetics and Breeding* ». 35th I.I.R.B. Winter Congress.
- Furste K., Riemann W., Fisher H. E.**, 1977. Untersuchungen zur relativen Bedeutung der allgemeinen und spezifischen Kombinationseignung in der Hybridzüchtung von Zuckerrüben. *Arch. Züchtungsforsch.*, 7 (3), 169-175. (Trad. J. C. Peguet).
- Gallais A.**, 1976. Sur la signification de l'aptitude générale à la combinaison. *Ann. Amélior. Plant.*, 26, 1, 1-13.
- Helmerick R. H., Finkner R. E., Doxtator C. W.**, 1963. Variety crosses in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). I. Expression of heterosis and combining ability. *J. am. Soc. Sugar Beet Technol.*, 12 (7), 573-584.
- Mac Farlane J. S., Skoyen I. O.**, 1965. Sugar beet breeding lines combining resistance to bolting and disease. *J. am. Soc. Sugar Beet Technol.* 13, (6) 555-562.
- Oldemeyer D. L., Rush G. E.**, 1960. Evaluation of combining ability in self-fertile lines of sugar beets using male sterile testers. *J. am. Soc. Sugar Beet Technol.*, 11 (2), 175-185.
- Oldemeyer R. K., Davis W. H., Bush H. L., Erichsen A. W.**, 1968. The evaluation of and the use of the top cross test as a method of selecting inbred lines of sugarbeets for general combining ability. *J. amer. Soc. Sugar Beet Technol.*, 15 (1), 49-60.
- Owen F. V.**, 1945. Cytoplasmically inherited male-sterility in sugar beets. *J. agric. Res.*, 71, 423-440.