

UTILISATION DES COEFFICIENTS DE PISTE  
 POUR LA DÉTERMINATION DES COMPOSANTS  
 DE LA PRODUCTIVITÉ DANS UN MATÉRIEL DÉRIVANT  
 D'UN TRIPLE HYBRIDE DE COTONNIER

*Gossypium hirsutum* x *G. arboreum* x *G. raimondii*

par

J. SCHWENDIMAN\*, S. GOEBEL\* et P. KAMMACHER\*\*

RÉSUMÉ

Dans deux populations actuellement sélectionnées pour l'obtention de nouvelles variétés (PM HAR x Allen et PM CR HAR x 444-2), nous avons examiné les relations entre la productivité et les variables agronomiques qui la déterminent. Du seul examen des deux tableaux donnant les coefficients de corrélation entre les sept variables analysées, on serait amené à conclure à deux populations relativement divergentes : chez la première, les liaisons entre caractères sont très intenses tandis qu'elles sont beaucoup plus lâches chez la seconde. L'analyse de la productivité à l'aide des coefficients de piste conduit à une tout autre vision du matériel, qui, dans les deux cas, atteindrait son niveau de rendement à l'aide de deux variables : nombre de capsules et poids capsulaire. Compte tenu de l'antagonisme entre ces deux caractères, il paraît difficile de les améliorer simultanément. Le fait que les zones cotonnières de la Côte d'Ivoire subissent une pression parasitaire intense et le rôle important que joue le nombre de capsules dans la réalisation de la productivité permettent de supposer que, dans un premier temps, celle-ci puisse s'exprimer au mieux par le choix de cotonniers portant de nombreuses, mais petites, capsules.

Parmi les nombreux caractères quantitatifs auxquels s'intéresse le sélectionneur chez le cotonnier, l'un des plus importants reste évidemment le rendement en coton-graine. Si les caractéristiques de la fibre peuvent être mesurées avec une certaine précision, il n'en va pas exactement de même pour la productivité, divers essais à partir des mêmes variétés pouvant conduire à des résultats parfois contradictoires. L'influence du milieu paraît jouer un rôle considérable dans l'expression de ce caractère, du fait même que l'on peut considérer celui-ci comme la résultante des interactions entre toute une série de variables qui contribuent chacune au résultat final.

Dans un article précédent (LEFORT et SCHWENDIMAN, 1974), nous avons montré dans ce matériel le net antagonisme entre, d'une part, les variables agronomiques, d'autre part, celles relatives à la technologie de la fibre. Dans le programme d'amélioration poursuivi jusqu'à présent, un certain nombre d'impératifs

ont notamment conduit à mettre un accent particulier sur les caractéristiques technologiques. Les améliorations obtenues ne se sont apparemment pas faites au détriment de la productivité, mais dans un second stade, il semble important de travailler plus spécialement ce dernier caractère, en cherchant cependant à maintenir le niveau actuel des gains obtenus en technologie. Ainsi apparaît-il particulièrement intéressant de déterminer les principaux composants de la productivité, qui donnent alors l'ordre d'importance des objectifs à atteindre.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel que nous analyserons provient d'un hybride trispécifique de cotonnier *Gossypium hirsutum* x *G. arboreum* x *G. raimondii*, de sigle HAR. Le triple-hybride d'origine a au minimum subi deux croisements par la variété Acala de *G. hirsutum*. Une description des principales variétés issues de la sélection dans ce matériel a notamment été donnée par LEFORT et SCHWENDIMAN (1974) à la suite d'un croisement diallele.

Le matériel actuellement soumis à la sélection a été diversifié en deux pédigree-massales, l'une (P.M.

(\*) Institut de Recherches du Coton et des Textiles Exotiques, B.P. 604, Bouaké, Côte d'Ivoire et (\*\*) Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences, B.P. 4322, Abidjan, Côte d'Ivoire.

HAR × Allen) pouvant être considérée comme découlant d'une sélection généalogique, l'autre (P.M. CR HAR × 444-2) étant issue d'un certain nombre de croisements effectués dans ce matériel, notamment par HAR 444-2 qui était jusqu'à présent la variété utilisée en grande culture pour la Côte d'Ivoire.

La recherche de nouvelles variétés s'effectue principalement à l'aide de ces deux pedigree-massales, dont le dispositif statistique consiste pour chacune en un

lattice 10 × 10 à 3 répétitions comparant entre eux les descendants de 100 lignées. Les coefficients de corrélation phénotypiques ont été calculés sur l'ordinateur de la Faculté des Sciences d'Abidjan, à partir des moyennes obtenues par lignée sur les trois répétitions, soit 100 couples donc par coefficient. L'analyse des coefficients de piste (KEMPTHORNE, 1957; LI, 1963; WRIGHT, 1968) a été faite selon la méthode proposée par DEWEY et LU (1959). Les variables retenues comme susceptibles d'expliquer la variation du caractère productivité (7) sont identiques à celles analysées précédemment en croisement diallele, permettant ainsi d'effectuer des comparaisons; il s'agit: de la floraison (1), du poids capsulaire (2), du seed-index (3), de la hauteur (4), du rendement en fibre (5) et du nombre de capsules (6).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les coefficients de corrélations phénotypiques entre les caractères précédemment cités sont donnés sur le tableau 1 pour la première population (P.M. HAR × Allen)

Tableau 1. — Les coefficients de corrélation dans la population P.M. HAR × Allen

	Floraison (1)	Poids capsulaire (2)	Seed-index (3)	Hauteur (4)	Rdt fibre (5)	Nombre de capsules (6)
Productivité (7) .....	+ 0,472 **	- 0,084	- 0,273 **	+ 0,472 **	+ 0,245 *	+ 0,764 **
Floraison .....		- 0,268 **	- 0,195 *	+ 0,317 **	+ 0,239 *	+ 0,501 **
Poids capsulaire .....			+ 0,400 **	- 0,273 **	+ 0,105	- 0,672 **
Seed-index .....				- 0,264 **	- 0,205 *	- 0,448 **
Hauteur .....					+ 0,004	+ 0,513 **
Rdt fibre .....						+ 0,114

Tableau 2. — Les coefficients de corrélation dans la population P.M. CR HAR × 444-2.

	Floraison (1)	Poids capsulaire (2)	Seed-index (3)	Hauteur (4)	Rdt fibre (5)	Nombre de capsules (6)
Productivité (7) .....	+ 0,526 **	+ 0,434 **	- 0,033	- 0,027	- 0,113	+ 0,531 **
Floraison .....		- 0,177	+ 0,004	+ 0,028	- 0,329 **	+ 0,643 **
Poids capsulaire .....			+ 0,133	- 0,153	- 0,083	- 0,510 **
Seed-index .....				- 0,016	- 0,225 *	- 0,174
Hauteur .....					+ 0,106	+ 0,091
Rdt fibre .....						- 0,017

Les coefficients de corrélation doivent être supérieurs à 0,195 et 0,254 pour être significatifs aux seuils de  $P = 0,05$  et  $P = 0,01$  respectivement.

On voit nettement la grande dépendance entre la productivité et les variables agronomiques, ces dernières étant entre-elles très intensément liées. On peut observer :

- l'absence de liaison significative entre la productivité et le poids capsulaire ;
- que le système de liaisons le plus intense a comme variable de base le nombre de capsules, en corrélation positive avec la productivité, la floraison et la hauteur des plantes, mais en liaison négative avec le poids capsulaire et le seed-index.

Le choix de souches à productivité plus forte que la moyenne de la population peut avoir comme conséquence l'obtention d'un matériel de taille trop élevée, portant de nombreuses petites capsules contenant des graines dont la dimension réduite peut entraîner certaines difficultés lors de l'égrenage.

On trouvera sur le tableau 2 le système de corrélation existant dans la seconde population analysée (P.M. CR HAR × 444-2).

Les coefficients de corrélation doivent être supérieurs à 0,195 et 0,254 pour être significatifs aux seuils de  $P = 0,05$  et  $P = 0,01$  respectivement.

Dans cette nouvelle population, le système de liaisons entre caractères paraît beaucoup plus lâche.

Deux différences importantes par rapport à la population précédente peuvent être relevées : (1) la présence ici d'une corrélation hautement significative entre la productivité et le poids capsulaire ; (2) l'absence de liaison entre le nombre de capsules d'une part, le seed-index et surtout la hauteur d'autre part. Il devrait donc, en théorie, être possible ici d'obtenir des plants portant un nombre de capsules plus élevé, sans accroissement de la taille et sans que le seed-index soit touché.

Du seul examen de ces deux systèmes de corrélation, on pourrait en première analyse conclure à la présence de deux populations assez fortement dissemblables, la seconde pouvant conduire plus rapidement que la première à un gain de productivité sans trop affecter les autres variables agronomiques. Nous allons maintenant examiner les coefficients de piste pour confirmer ou infirmer cette disparité.

On trouvera sur la figure 1 un diagramme représentatif des coefficients de piste pour les deux populations P.M. HAR x Allen et P.M. CR HAR x 444-2. En complément de cette analyse, nous avons disposé en annexe les calculs qui permettent de séparer en leurs composants respectifs les 6 coefficients de corrélation entre la productivité d'une part et les variables agronomiques d'autre part.

Au niveau des coefficients de piste, les deux populations paraissent étroitement apparentées. Chez la première, la productivité est essentiellement le résultat du nombre de capsules, puis à un degré moindre du poids de ces capsules, les autres variables ayant un effet que l'on peut considérer comme tout à fait négligeable ; le facteur résiduel, de très faible amplitude, montre que l'essentiel de la productivité dans cette population provient des deux variables précédemment citées. La seconde n'est pas fondamentalement différente, puisque ce sont là aussi le nombre de capsules et le poids capsulaire, à égalité, qui concourent à la réalisation de la productivité, les autres variables et le facteur résiduel étant très minimes.

Une nouvelle vision, assez différente de celle fournie par le seul examen de la signification des coefficients de corrélation, s'impose donc. Elle est vraisemblablement plus proche de la réalité, compte tenu du fait que les coefficients de piste englobent toutes les relations entre les variables qui concernent la productivité. Cette dernière se réaliserait donc dans les deux populations à partir des mêmes éléments : nombre de capsules et poids capsulaire.

Certaines différences notables peuvent être relevées par rapport au même type d'analyse précédemment conduit sur certaines lignées de base (LEFORT et SCHWENDIMAN, 1974) : dans ce dernier cas, si le nombre de capsules donnait bien le coefficient de piste le plus élevé, à un niveau moindre mais à égalité d'effets intervenaient aussi dans la détermination de la productivité le poids capsulaire, le rendement en fibre, le seed-index et la floraison. Dans le cas présent, l'influence des trois dernières variables citées est négligeable : il se pourrait que les cycles de sélection supplémentaires subis par les pédigrées-massales considérées ici aient conduit à une détermination nettement plus simple de la productivité.

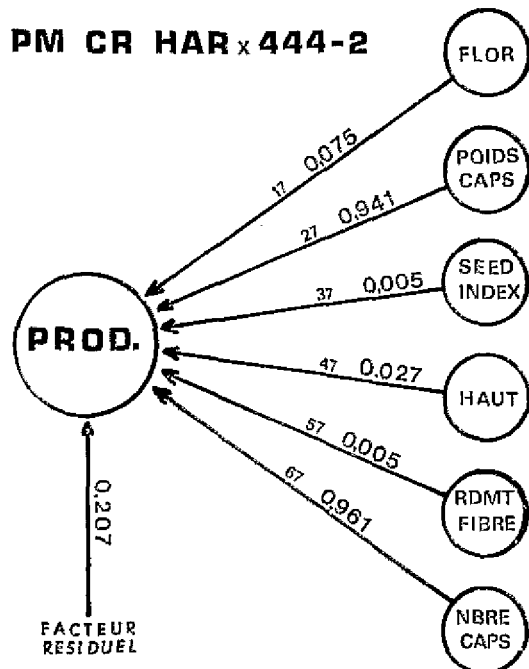
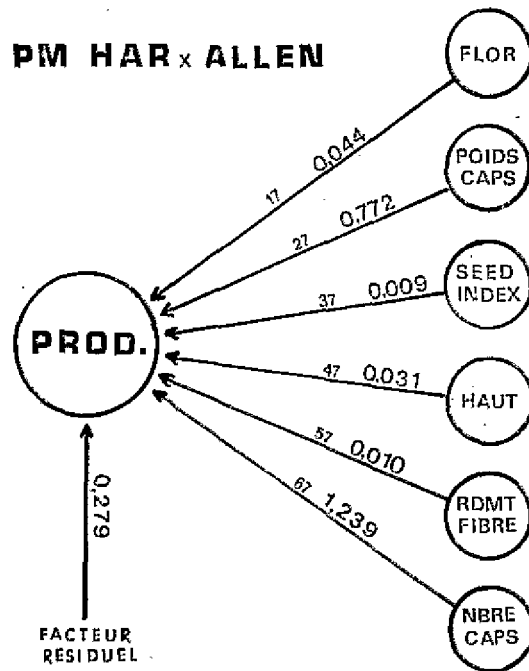


Fig. 1. — Schéma représentatif de l'analyse de la productivité par les coefficients de piste, les six composants intervenant sans hiérarchisation.

À la mesure de l'influence directe d'une variable sur une autre, l'analyse des coefficients de piste permet de superposer les effets indirects dus aux interactions (calculs en annexe). Considérons par exemple dans la P.M. HAR  $\times$  Allen, l'absence de liaison significative ( $r_{27} = -0.084$ ) entre le poids capsulaire et la productivité :

Corrélation poids capsulaire/productivité .....	$r_{27} = -0.084$
Effet direct .....	$P_{27} = +0.7716$
Effet indirect/floraison .....	$= -0.0117$
Effet indirect/seed-index .....	$= -0.0035$
Effet indirect/hauteur .....	$= -0.0035$
Effet indirect/rendement fibre .....	$= 0.0010$
Effet indirect/nombre de capsules ..	$= -0.3328$

L'effet direct  $P_{27}$  montre que, si les autres variables sont constantes, une augmentation du poids capsulaire se répercutera positivement sur la productivité. Dans le coefficient de corrélation  $r_{27}$ , cette influence est masquée par un important effet indirect ( $-0.8328$ ) entre le poids capsulaire et le nombre de capsules, conséquence de la très forte liaison négative ( $r_{28} = -0.672^{**}$ ) entre ces deux caractères, le dernier cité ayant, de plus, un effet direct très important ( $P_{27} = 1.239$ ) sur le rendement.

De l'examen de chacun des coefficients de corrélation entre productivité et variables agronomiques, il ressort très nettement l'antagonisme entre le poids capsulaire et le nombre de capsules : les effets indirects de ces deux variables suffisent pratiquement à expliquer les valeurs atteintes par les coefficients de corrélation ; on voit par exemple que, si le seed-index est lié négativement à la productivité, la cause essentielle tient à la forte corrélation négative ( $r_{28} = -0.448^{**}$ ) de ce caractère avec le nombre de capsules, corrélation qui fait plus que contrebalancer la liaison positive entre seed-index et poids capsulaire ( $r_{28} = +0.400^{**}$ ). D'un autre côté, si hauteur et productivité sont liées positivement, ce n'est pas que l'effet direct de la hauteur sur la productivité soit important, mais c'est qu'à une plante de grande taille correspond généralement un nombre plus élevé de capsules.

Ayant ainsi déterminé les deux facteurs dont la contribution est essentielle à la réalisation de la productivité, on peut se demander compte tenu de leur intense liaison négative, quel est celui qu'il convient d'améliorer en priorité. Indépendamment du fait que l'influence du nombre de capsules paraît être plus importante que celle du poids capsulaire, il faut considérer que les régions cotonnières de Côte-d'Ivoire sont soumises à une très forte pression parasitaire. C'est peut-être là l'argument majeur qui permet de penser que des cotonniers portant de nombreuses petites capsules puissent avoir un meilleur comportement que des plantes portant un nombre moindre de grosses capsules.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. DEWEY D.R. et K.H. LU. (1959). — A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.*, 51, 515-518.

2. KEMPTHORNE O. (1957). — An introduction to genetic statistics. *J. Wiley*, New-York.
3. LEFORT P.L. et SCHWENDIMAN J. (1974). — Etude d'un matériel d'origine triple-hybride *Gossypium hirsutum*  $\times$  *G. arboreum*  $\times$  *G. raimondii*. I. — Application de l'analyse multivariable à la description des lignées de base. *Cot. Fib. trop.*, 29, 307-318.
4. LI C.C. (1963). — Population genetics. *Univ. Chicago Press*, Chicago.
5. WRIGHT S. (1968). — Evolution and the genetics of populations. Vol. 1 : Genetic and biometric foundations. *Univ. Chicago Press*, Chicago.

#### SUMMARY

In two populations now selected for obtaining new varieties (PM HAR  $\times$  Allen and PM CR  $\times$  444-2), we have examined the relations between the productivity and the agronomic variables which determine it. Examining solely the two tables giving correlation coefficients between the seven variables analyzed would lead to conclude to two relatively divergent populations : in the former one, the linkages between characters are very intense whereas they are much looser in the latter one. The productivity analysis with the path coefficients leads to a quite different view of the material, which in both cases, would reach its yield level with two variables : bolls number and boll weight. Taking in account the antagonism between these two characters, it seems difficult to improve them simultaneously. The fact that the Ivory Coast cotton belts sustain an intense parasitic pressure and the important part played by the number of bolls in productivity realization permit to assume that, in a first time, the latter may, at best, be expressed by the choice of cotton plants bearing numerous but small bolls.

#### RESUMEN

En dos poblaciones actualmente seleccionadas para la obtención de nuevas variedades (PM HAR  $\times$  Allen y PM CR HAR  $\times$  444-2), hemos examinado las relaciones entre la productividad y las variables agronómicas que la determinan. Del único examen de dos cuadros que dan los coeficientes de correlación entre las siete variedades analizadas, se podría llegar a la conclusión de dos poblaciones relativamente divergentes : en la primera, los enlaces entre caracteres son muy intensos mientras que son mucho más flojos en la segunda. El análisis de la productividad con ayuda de los coeficientes de pista conduce a otra visión del material completamente diferente, que en los dos casos alcanzaría su nivel de rendimiento mediante dos variables : número de cápsulas y peso capsular. Teniendo en cuenta el antagonismo entre esos dos caracteres, parece difícil mejorarlos simultáneamente. El hecho de que las zonas algodoneras de la Costa del Marfil experimenten una presión parasitaria intensa y el papel importante que desempeña el número de cápsulas en la realización de la productividad, permiten suponer que, en un primer tiempo, ésta puede manifestarse mejor mediante la elección de algodoneros que tengan numerosas cápsulas, pero pequeñas.



ANNEXE

1 - Equations permettant le calcul des coefficients de piste

$$\begin{aligned} r_{17} &= P_{17} + r_{12} P_{27} + r_{13} P_{37} + r_{14} P_{47} + r_{15} P_{57} + r_{16} P_{67} \\ r_{27} &= P_{27} + r_{12} P_{17} + r_{23} P_{37} + r_{24} P_{47} + r_{25} P_{57} + r_{26} P_{67} \\ r_{37} &= P_{37} + r_{13} P_{17} + r_{23} P_{27} + r_{34} P_{47} + r_{35} P_{57} + r_{36} P_{67} \\ r_{47} &= P_{47} + r_{14} P_{17} + r_{24} P_{27} + r_{34} P_{37} + r_{45} P_{57} + r_{46} P_{67} \\ r_{57} &= P_{57} + r_{15} P_{17} + r_{25} P_{27} + r_{35} P_{37} + r_{45} P_{47} + r_{56} P_{67} \\ r_{67} &= P_{67} + r_{16} P_{17} + r_{26} P_{27} + r_{36} P_{37} + r_{46} P_{47} + r_{56} P_{57} \end{aligned}$$

2 - Calcul du facteur résiduel  $P_{X7}$

$$\begin{aligned} 1 &= P_{X7}^2 + P_{17}^2 + P_{27}^2 + P_{37}^2 + P_{47}^2 + P_{57}^2 + P_{67}^2 \\ &+ 2 P_{17} r_{12} P_{27} + 2 P_{17} r_{13} P_{37} + 2 P_{17} r_{14} P_{47} + 2 P_{17} r_{15} P_{57} \\ &+ 2 P_{17} r_{16} P_{67} + 2 P_{27} r_{23} P_{37} + 2 P_{27} r_{24} P_{47} + 2 P_{27} r_{25} P_{57} \\ &+ 2 P_{27} r_{26} P_{67} + 2 P_{37} r_{34} P_{47} + 2 P_{37} r_{35} P_{57} + 2 P_{37} r_{36} P_{67} \\ &+ 2 P_{47} r_{45} P_{57} + 2 P_{47} r_{46} P_{67} + 2 P_{57} r_{56} P_{67} \end{aligned}$$

3 - Résultats détaillés

	PM HAR × Allen	PM CR HAR × 444.2
1°) Corrélation Floraison/Productivité .....	r = + 0,472	r = + 0,526
Effet direct, $P_{17}$ .....	= 0,0437	= 0,0753
Effet indirect/Poids capsulaire, $r_{12} P_{27}$ .....	= - 0,2067	= - 0,1666
" /Seed-index, $r_{13} P_{37}$ .....	= 0,0017	= 0,0000
" /Hauteur, $r_{14} P_{47}$ .....	= 0,0099	= 0,0008
" /Rendement-fibre, $r_{15} P_{57}$ .....	= 0,0024	= - 0,0015
" /Nombre de capsules, $r_{16} P_{67}$ .....	= 0,6209	= 0,6180
Total .....	0,472	0,526
2°) Corrélation Poids capsulaire/Productivité ..	r = - 0,084	r = 0,434
Effet direct, $P_{27}$ .....	= 0,7716	= 0,9414
Effet indirect/Floraison, $r_{23} P_{37}$ .....	= - 0,0117	= - 0,0133
" /Seed-index, $r_{23} P_{37}$ .....	= - 0,0035	= 0,0007
" /Hauteur, $r_{24} P_{47}$ .....	= - 0,0035	= - 0,0041
" /Rendement-fibre, $r_{25} P_{57}$ .....	= - 0,0010	= - 0,0004
" /Nombre de capsules, $r_{26} P_{67}$ .....	= - 0,8328	= - 0,4902
Total .....	- 0,084	0,434
3°) Corrélation Seed-index/Productivité .....	r = - 0,273	r = - 0,038
Effet direct, $P_{37}$ .....	= - 0,0088	= 0,0052
Effet indirect/Floraison, $r_{34} P_{47}$ .....	= - 0,0085	= 0,0003
" /Poids capsulaire, $r_{34} P_{47}$ .....	= 0,3086	= 0,1252
" /Hauteur, $r_{35} P_{57}$ .....	= - 0,0082	= - 0,0004
" /Rendement-fibre, $r_{36} P_{67}$ .....	= - 0,0021	= - 0,0010
" /Nombre de capsules, $r_{36} P_{67}$ .....	= - 0,5552	= - 0,1673
Total .....	- 0,273	- 0,038
4°) Corrélation Hauteur/Productivité .....	r = + 0,472	r = - 0,027
Effet direct, $P_{47}$ .....	= 0,0313	= 0,0271
Effet indirect/Floraison, $r_{45} P_{57}$ .....	= 0,0138	= 0,0021
" /Poids capsulaire, $r_{45} P_{57}$ .....	= - 0,2106	= - 0,1440
" /Seed-index, $r_{46} P_{67}$ .....	= 0,0023	= - 0,0001
" /Rendement-fibre, $r_{46} P_{67}$ .....	= 0,0000	= 0,0005
" /Nombre de capsules, $r_{46} P_{67}$ .....	= 0,6358	= 0,0875
Total .....	0,472	- 0,027
5°) Corrélation Rendement-fibre/Productivité ...	r = + 0,245	r = - 0,113
Effet direct, $P_{57}$ .....	= 0,0103	= 0,0045
Effet indirect/Floraison, $r_{56} P_{67}$ .....	= 0,0104	= - 0,0248
" /Poids capsulaire, $r_{56} P_{67}$ .....	= 0,0810	= - 0,0781
" /Seed-index, $r_{56} P_{67}$ .....	= 0,0018	= - 0,0012
" /Hauteur, $r_{56} P_{67}$ .....	= 0,0001	= 0,0029
" /Nombre de capsules, $r_{56} P_{67}$ .....	= 0,1412	= - 0,0163
Total .....	0,245	- 0,113
6°) Corrélation Nombre de capsules/Productivité	r = + 0,764	r = + 0,531
Effet direct, $P_{67}$ .....	= 1,2394	= 0,9612
Effet indirect/Floraison, $r_{67} P_{17}$ .....	= 0,0218	= 0,0484
" /Poids capsulaire, $r_{67} P_{17}$ .....	= - 0,5185	= - 0,4801
" /Seed-index, $r_{67} P_{17}$ .....	= 0,0039	= - 0,0009
" /Hauteur, $r_{67} P_{17}$ .....	= 0,0160	= 0,0025
" /Rendement-fibre, $r_{67} P_{17}$ .....	= 0,0011	= - 0,0001
Total .....	0,764	0,531