



HAL
open science

Elaboration de la matière sèche chez le soja. I. – Comparaison des types déterminé et indéterminé

Jean Daydé, René Ecochard

► **To cite this version:**

Jean Daydé, René Ecochard. Elaboration de la matière sèche chez le soja. I. – Comparaison des types déterminé et indéterminé. *Agronomie*, 1985, 5 (2), pp.127-134. hal-00884741

HAL Id: hal-00884741

<https://hal.science/hal-00884741>

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.

Elaboration de la matière sèche chez le soja.

I. — Comparaison des types déterminé et indéterminé

Jean DAYDE & René ECOCHARD

Laboratoire d'Amélioration des Plantes, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 145, avenue de Muret, F 31076 Toulouse Cedex

RÉSUMÉ La plupart des variétés de soja, *Glycine max* (L.) Merr., peuvent être classées, selon le mode de développement de la tige après floraison, en un type « déterminé » et un type « indéterminé ». L'évolution dans le temps de la fraction de matière sèche totale représentant les limbes, les pétioles, les tiges et le système reproducteur a été étudiée dans des variétés de l'un et l'autre type. De même a été analysé l'indice de récolte, feuilles comprises, en cours de croissance et à maturité. Dans chaque cas des différences significatives de comportement ont été observées entre les 2 groupes. L'indice de récolte présente en outre une variabilité plus grande chez les types déterminés. Ces résultats, complétés par une analyse en composantes principales des données sur plantes matures, montrent que, chez le soja, il serait possible d'améliorer et la productivité par des géniteurs indéterminés, et l'indice de récolte par des géniteurs déterminés.

Mot clé additionnel : cinétique.

SUMMARY *Dry matter accumulation in soybean. I. — Comparison between determinate and indeterminate types of development.* Most soybean cultivars, *Glycine max* (L.) Merr., can be classified according to stem development after flowering into two types : determinate and indeterminate. The proportion of dry matter shared by the leaf blades, petioles, stems, and reproductive system was measured at successive periods of time in cultivars belonging to both groups. Also the harvest index including leaves was scored during plant growth and at maturity. In every case, significant differences were observed between indeterminate and determinate types. Moreover the harvest index exhibited a larger genetic variability among the determinate cultivars. These results, together with a principal component analysis made on mature plants, showed that in soybean it would be possible to improve total yield potential by using indeterminate progenitors, and harvest index thanks to determinate progenitors.

Additional key word : kinetics.

I. INTRODUCTION

La plupart des variétés de soja, *Glycine max* (L.) Merrill, sont depuis longtemps classées en deux catégories, selon leur type de développement et la forme de l'extrémité de leur tige : type « déterminé » et type « indéterminé ». BERNARD (1972) a précisé les différences essentielles qui se révèlent entre ces deux types à partir de la floraison. Chez les variétés à croissance déterminée, celle-ci se produit simultanément à l'aiselle de tous les nœuds et la fin de la floraison marque un arrêt abrupt de la croissance. Pour les variétés de

type indéterminé au contraire, la floraison, acropète, est prolongée et la croissance de la tige se poursuit au-delà de ce stade. L'apex de la tige porte une feuille, puis une gousse, en croissance jusqu'aux abords de la maturité. BERNARD (1972) a proposé une interprétation génétique de ce comportement, au moins pour les variétés américaines, faisant intervenir 2 gènes mendéliens : dt_1 (type déterminé) et dt_2 (type indéterminé), tels que l'interaction des allèles dominants (génotype Dt_1-Dt_2) donne un type intermédiaire à croissance « semi-déterminée ». Quant aux doubles récessifs (dt_1-dt_2), ils extériorisent également le type déterminé par un phénomène d'épistasie.

Aux Etats-Unis, les variétés déterminées sont cultivées en dessous du 36^e parallèle à cause de leur meilleure résistance à la verse. Plus au nord, on ne cultivait jusqu'à maintenant que des types indéterminés, mais le gène *dt₁* a été récemment introduit dans quelques variétés précoces. Cependant COOPER (1976) préfère lutter génétiquement contre la verse par des génotypes semi-déterminés ou déterminés, qui sont dans l'ensemble plus résistants.

De nombreux auteurs ont étudié les différences de développement de la plante selon le type de croissance, notamment du point de vue de l'élaboration de la matière sèche (HANWAY & WEBER, 1971 ; EGLI & LEGGETT, 1973).

La création de variétés adaptées aux conditions françaises passe par la mise en œuvre d'une sélection raisonnée sur des bases notamment physiologiques, donc par une étude approfondie des mécanismes essentiels du développement de la plante. Dans ce but, nous avons observé le comportement d'un échantillon de 20 cultivars choisis de façon à maximiser la variabilité génétique, dans la limite des conditions locales de milieu. Ainsi avons-nous extrait, d'une vaste collection de géniteurs, des variétés couvrant la gamme de précocité la plus large possible pour la France et présentant de nombreuses différences morphologiques ou d'origine géographique. Onze étaient de type indéterminé, 6 de type déterminé et 3 de type intermédiaire (ces dernières ne seront pas prises en compte dans le présent travail).

L'étude présentée ici a pour but de comparer l'élaboration de la matière sèche selon le type de développement de ces variétés. On s'intéressera tout d'abord à l'évolution de la part de matière sèche des divers organes au cours du temps, puis à l'élaboration de l'indice de récolte (rapport du poids des graines sur le poids total du système aérien ou « rendement biologique » de la plante) qui traduit l'efficacité du matériel végétal étudié. De l'ensemble de ces travaux, nous pourrions dégager certaines données susceptibles d'affiner nos recherches vers une sélection plus rationnelle.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Sur chacun des cultivars étudiés (tabl. 1), placés dans des conditions agronomiques normales, ont été effectués des prélèvements de 6 plantes, tous les 14 j, entre le stade 3-4 feuilles trifoliées et la maturité. Les organes de la plante, sur la tige principale et les ramifications, ont été séparés pour obtenir : le système végétatif, tiges, limbes, pétioles, et le système reproducteur, gousses, graines.

L'ensemble des données ainsi collectées permet d'étudier l'évolution de la matière sèche, selon cette répartition dans la plante. On pourra aussi déduire en quelque sorte la cinétique de l'indice de récolte, pour chacun des 2 types de développement. Afin de faciliter l'interprétation des résultats, les nuages de points ont été ajustés par des modèles de régression curvilinéaires (part des différents organes), ou, dans le cas de l'indice de récolte, de façon plus empirique.

Enfin nous avons recueilli un certain nombre d'informations par l'étude du matériel végétal à maturité, sur 10 plantes par variété. Cette partie de l'étude

TABLEAU 1
Matériel végétal.
Plant material.

Variétés	Origine	Type	Précocité
Altona	ALT Canada	Indéterminé	00
Kai-Kho 3	KAK Chine	»	0
Rascitter Schwarze	RAS Hongrie	»	0
Saliut 1	SAL U.R.S.S.	»	0
Swift	SWI U.S.A.	»	0
Fedor	FED France	»	I
Hodgson	HOD U.S.A.	»	I
Salbena di Platt	SAB Hongrie	»	I
Weber	WEB U.S.A.	»	I
Kador	KAD France	»	II
Tie Feng 17 A	TIE Japon	»	II
Giessen 209	GIE R.F.A.	Semi-déterminé	0
Dniepropetrowskaja	DNI U.R.S.S.	»	I
OX 27-8	OX1 Canada	»	I
Elf	ELF U.S.A.	Déterminé	II
HW 74-618	HW U.S.A.	»	II
Kanitagmi	KAN Japon	»	II
M 13	M13	»	II
OX 305	OX2 Canada	»	II
Vniimk 1	VNI U.R.S.S.	»	II

est basée sur une Analyse en Composantes Principales, selon la méthode de HOTTELING (LEFEBVRE, 1979). Elle traduit de façon synthétique les affinités et les antagonismes entre caractères tels que : le rendement et ses composantes, divers traits morphologiques, ainsi que les « indices de récolte ». Il s'agit ici de l'indice « apparent », IRA, noté tel quel sur le matériel mûr, donc sans les limbes, les pétioles ni les gousses avortées, et de l'indice « réel », IRR, pour lequel ces organes ont été recueillis après leur chute et leur poids ajouté au poids net de la plante récoltée.

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. Evolution de la matière sèche dans les différentes parties de la plante

L'accumulation de la matière sèche traduit, dans un certain sens, la distribution des assimilats vers les différents organes-puits et la compétition entre ces organes selon la puissance des appels.

Cette étude cinétique est basée sur le pourcentage de la matière sèche totale correspondant à chaque partie de la plante. Ainsi permet-elle de préciser la prépondérance des appels de telle ou telle partie, selon les principaux stades repères du développement (tabl. 2).

Nous avons ainsi pu mettre en évidence les différences entre les types déterminés et les types indéterminés. Les différences sont illustrées par la comparaison de « Weber », type indéterminé, et de « Elf », type déterminé (fig. 1). Le choix de ces 2 cultivars illustre convenablement la comparaison des 2 types de développement, qui a porté au demeurant sur l'ensemble des variétés. Leur différence de précocité nuit peu à l'interprétation des résultats : chacun représente en effet le comportement moyen des variétés du type de développement auquel il appartient.

TABLEAU 2

Stades repères du soja
(cycle reproducteur), d'après FEHR & CAVINESS (1977).
Stages of soybean development
(reproductive cycle), after FEHR & CAVINESS (1977).

R1 : Début floraison	R5 : Début formation des graines
R2 : Pleine floraison	R6 : Fin grossissement des graines
R3 : Début formation des gousses	R7 : Début maturité
R4 : Pleine formation des gousses	R8 : Pleine maturité

Il convient de comparer les 2 types par l'évolution de la part de matière sèche afférente à chaque organe.

1. Limbes

Depuis le stade 3-4 feuilles, où la part des limbes représente de 55 à 65 p. 100 de la matière sèche totale, cette part diminue de façon régulièrement linéaire jusqu'à la chute des feuilles. Les appels d'assimilats par les limbes ne sont prépondérants qu'au début de la mise en place du feuillage. La fonction source à ce niveau (production de photosynthétats) l'emporte vite sur la fonction puits.

On pouvait attendre une différence entre les variétés de type déterminé et indéterminé, puisque la production de feuilles continue au-delà de la floraison pour ces dernières uniquement. En fait, on observe que l'apparition de jeunes feuilles après ce stade s'accompagne très vite de la chute de celles des premiers nœuds, souvent stériles. Chez les variétés déterminées, les premières feuilles sont plus persistantes, les plantes étant plus robustes et les premiers nœuds plus fertiles. Ces caractéristiques ont estompé les différences de comportement entre les 2 types de développement en ce qui concerne les limbes.

2. Pétioles

La part des pétioles s'accroît dans un premier temps jusqu'au stade R5 environ, ce qui correspond à leur croissance en longueur et en diamètre, ainsi qu'à leur lignification. Par la suite, ils ne sont plus concurrentiels pour les appels d'assimilats par rapport au système reproducteur et subissent enfin la chute physiologique.

Il existe une différence significative (au seuil 5 p. 100), pour la proportion de la matière sèche totale incombant aux pétioles, entre les variétés déterminées (15 à 20 p. 100 au maximum de sa valeur) et indéterminées (10 à 15 p. 100). Les pétioles des variétés déterminées sont en outre généralement plus lignifiées et souvent plus longs. D'autre part, chez les types indéterminés, de nouveaux pétioles se développent après la floraison alors que l'appareil végétatif des variétés déterminées est totalement en place avant que les appels vers le système reproducteur ne deviennent prépondérants. L'importance plus grande, en poids, des pétioles du type déterminé s'expliquerait par les mécanismes de développement qui font que ces appels débutent simultanément à tous les nœuds de la plante. La concurrence est beaucoup plus précoce chez le type indéterminé.

3. Système reproducteur

Nous avons noté l'importance du développement de l'appareil reproducteur sur la part de matière sèche du couvert végétal. De fait, l'évolution de la part de matière sèche du système reproducteur est différente sur les différents cultivars étudiés, selon leur type de développement. Comme la floraison puis la formation et le remplissage des gousses sont acropètes, la part de l'appareil reproducteur s'accroît progressivement à partir du stade R2 puis elle s'accélère pour les variétés indéterminées telles que « Weber » (fig. 1). Pour le type déterminé (cf. « Elf »), on assiste à une stagnation proche du zéro (ébauches florales) puis à un accroissement brutal : en effet à tous les nœuds de la plante, les phénomènes de croissance et les appels d'assimilats se produisent simultanément, alors que les organes végétatifs ne se développent plus.

Notons en outre que cette nette différence (le système reproducteur passant, par exemple, de 0 à 30 p. 100 en 51 j pour « Weber » et seulement en 40 j pour « Elf ») incombe strictement au type de développement, phénomène que va confirmer l'étude cinétique de l'indice de récolte, avec une comparaison des moyennes de chaque type.

4. Tiges

Nous retrouvons pour cet organe les conséquences des différences de développement entre les types déterminé et indéterminé. En effet, la part de la matière sèche totale correspondant aux tiges suit la cinétique suivante : léger accroissement (lignification), décroissance au profit du système reproducteur et remontée

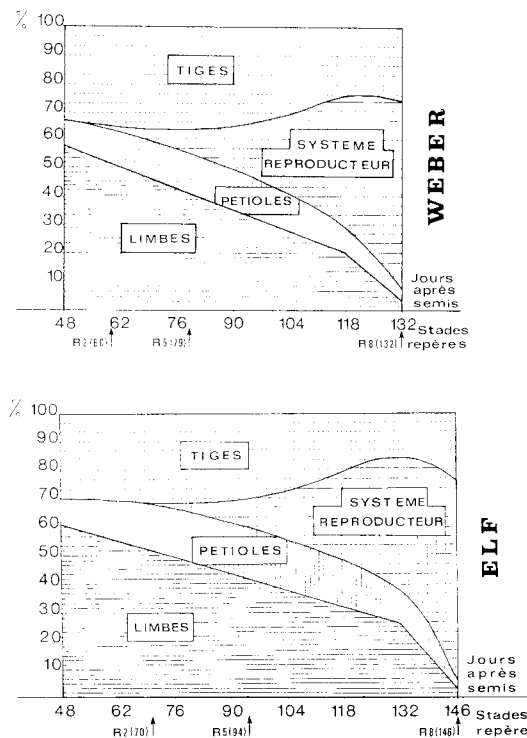


Figure 1
Part de chaque organe dans la matière sèche de la plante durant son développement.
Proportion of total dry matter in each part of the developing plant.

lors de la chute physiologique des feuilles (fig. 1). Cependant, on note une nette différence de niveau pour la part des tiges, en faveur des cultivars indéterminés. Ceci correspond à la croissance de la tige qui se poursuit au-delà de la floraison pour ces variétés. En fait, les plantes déterminées présentent des tiges souvent plus robustes mais elles demeurent nettement plus courtes que chez les indéterminées ce qui explique la variation observée.

Les différences dans l'accumulation de la matière sèche entre les 2 types de développement chez le soja sont conformes aux caractéristiques de la croissance de chacune de ces catégories de plantes. Il en va ainsi pour la part des tiges ou des pétioles et l'évolution du système reproducteur. Ces données physiologiques doivent permettre une meilleure connaissance des voies de l'amélioration de la valeur agronomique de la plante. Au travers de cette distribution des assimilats, il convenait d'étudier davantage l'évolution de la partie économiquement intéressante à savoir les graines proprement dites.

B. Etude cinétique de l'indice de récolte ; variabilité selon le type de développement

La part des graines dans la matière sèche totale de la plante a été étudiée au cours de la mise en place du rendement, du début de la formation des graines jusqu'à la maturité où cette part n'est autre que l'indice de récolte. Parfois appelé « coefficient de migration », il est la meilleure image de la capacité de la plante à transporter les produits de la photosynthèse vers les graines.

La figure 2 permet la comparaison de l'évolution moyenne de l'indice de récolte apparent (IRA) pour les types déterminé (6 cultivars) et indéterminé (10).

Dans une 1^{re} phase, on assiste à une croissance progressive correspondant approximativement à l'apparition et au début du grossissement des graines. La simultanéité des phénomènes de floraison et de développement du système reproducteur chez les variétés déterminées fait que cette croissance initiale est plus abrupte et d'une moindre durée (17,5 j contre 25 en moyenne) pour ces dernières que pour les cultivars du type indéterminé.

La partie linéaire de la courbe peut être assimilée au grossissement des graines à proprement parler. Elle fait apparaître une différence significative de pente (cf. analyse de variance en annexe) entre les 2 types de développement en faveur du type indéterminé. On peut supposer que cette différence est due à une plus grande efficacité de la photosynthèse du couvert végétal des variétés indéterminées qui présentent une durée d'activité de la surface foliaire (LAD) inférieure à celle des cultivars de type déterminé, ces derniers n'étant pourvus que de feuilles adultes à sénescences pendant la même période du développement. Il convient cependant de moduler ces conclusions : la durée de cette phase linéaire est, en effet, supérieure pour les variétés déterminées (26 contre 22 j en moyenne) ; ceci provient certainement de la plus grande précocité moyenne des cultivars indéterminés dont il faut tenir compte dans la comparaison des 2 groupes de variétés pour ce point précis.

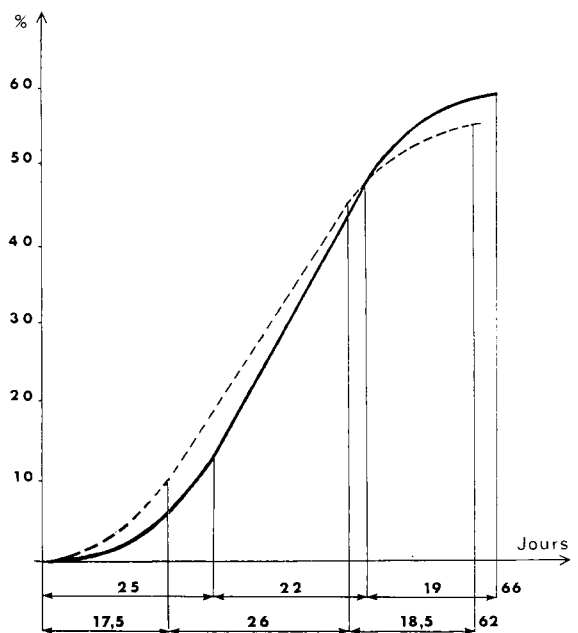


Figure 2

Evolution moyenne de la part des graines dans la matière sèche totale de la plante (Stades R5 à R8).

— Type indéterminé (R8 : 60 p. 100).

- - - Type déterminé (R8 : 54,5 p. 100).

Mean proportion of total dry matter in seeds during development (stages R5 to R8).

L'ultime partie des courbes sigmoïdales observées ne fait pas apparaître de différence entre les 2 types de développement. Elle coïncide avec la phase de maturation des graines durant laquelle la matière sèche de celles-ci reste relativement constante en valeur absolue.

C. Analyse des plantes à maturité

L'Analyse en Composantes Principales que nous avons réalisée nous a permis d'obtenir un pourcentage de représentation de 67,3 p. 100 pour les 2 premières composantes (axes 1 et 2), soit 45,4 et 21,9 p. 100 respectivement.

La représentation factorielle des variables dans le plan formé par les 2 premiers facteurs (fig. 3) en liaison avec la matrice des corrélations (tabl. 3) apporte des informations sur les liaisons et antagonismes entre les variables étudiées. Elle permet en outre de réaliser une étude comparative variétale à partir des projections dans ce même plan des points-variétés (fig. 4). L'axe 1 représente le sens de variation des paramètres de la productivité totale, avec ses aspects morphologiques de base : rendement biologique, hauteur, diamètre au collet ; l'axe 2 exprime au contraire la productivité relative du système fructifère par rapport à la masse végétative : indices de récoltes, réel ou apparent. Ces 2 axes sont indépendants dans une Analyse en Composantes Principales.

Les niveaux atteints par l'indice de récolte réel, en y incluant les feuilles tombées (IRR), ont été comparés sur le matériel végétal mature. La moyenne du type indéterminé, quoique supérieure, ne l'est pas de façon significative (cf. analyse de variance en annexe). Il

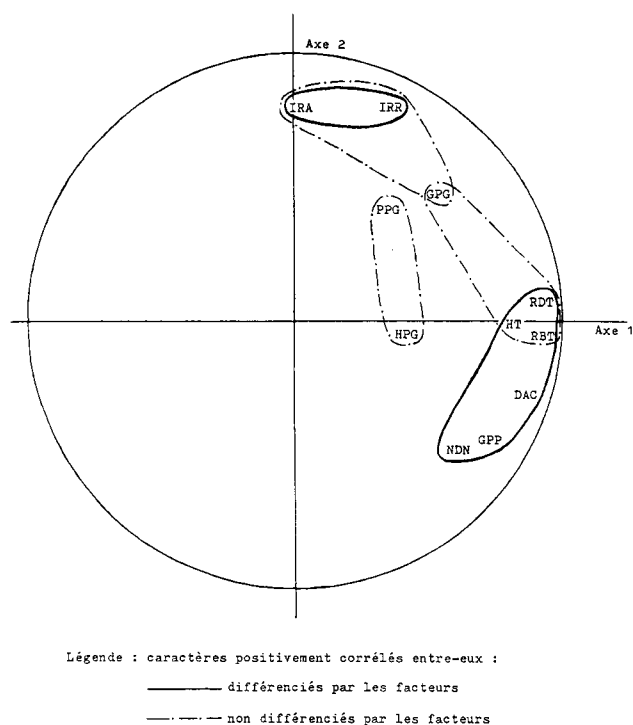


Figure 3

Analyse en Composantes Principales (plantes mûres) : projection des points-caractères dans le plan formé par les 2 premiers facteurs, montrant la structure de leurs relations.

Principal Component Analysis (mature plants) : projection of the trait points into the plane formed by the first two factors, showing the structure of their relationships.

apparaît par contre une différence intéressante en terme de variabilité, bien supérieure pour le type déterminé. Ceci est confirmé par la distribution des points-variétés le long de l'axe 2 : elles sont toutes du type déterminé.

L'axe 1 différencie pour sa part le type de développement indéterminé. Les variétés déterminées ont les plus faibles coordonnées sur cet axe et ce, quel que soit leur niveau de performance pour les facteurs de la productivité totale (« OX2 » et « VNI » ont des niveaux comparables à ceux des meilleures variétés de type indéterminé). Il est remarquable, en outre, que la distribution des variétés par rapport à l'axe 1 incombe davantage au niveau d'adaptation générale au milieu environnemental qu'à la précocité proprement dite, comme en témoignent, par exemple, les positions suivantes :

— « Altona » (groupe 00) qui présente une morphologie plus adéquate que des variétés de groupe 0 issues de collections variétales (« Salbena di Platt », « Rascitter », ...).

— Les variétés du type déterminé, en moyenne tardives, mais assez mal adaptées à l'exception de « Vniimk 1 ».

— Les variétés performantes modernes, toute précocité confondue, « Swift » (0), « Weber » (I), « Hodgson » (I) et « Kador » (II) qui sont à peu près sur la bissectrice des axes 1 et 2 côté positif (elles sont donc également performantes du point de vue de la productivité relative).

TABLEAU 3

Matrice des corrélations entre variables.

Matrix of correlations between traits.

	GPP	GPG	PPG	RDT	IRA	RBT	IRR	HT	HPG	NDN	DAC
GPP	1										
GPG	ns	1									
PPG	ns	ns	1								
RDT	<u>.77**</u>	<u>.52*</u>	ns	1							
IRA	ns	<u>.48*</u>	ns	ns	1						
RBT	<u>.85**</u>	<u>.47*</u>	ns	<u>.97**</u>	ns	1					
IRR	ns	<u>.49*</u>	<u>.54*</u>	ns	<u>.75**</u>	ns	1				
HT	<u>.49*</u>	<u>.61**</u>	ns	<u>.76**</u>	ns	<u>.75**</u>	ns	1			
HPG	ns	ns	<u>.55*</u>	ns	ns	ns	ns	ns	1		
NDN	<u>.64**</u>	ns	ns	<u>.53*</u>	ns	<u>.56*</u>	ns	<u>.49*</u>	ns	1	
DAC	<u>.82**</u>	ns	ns	<u>.85**</u>	ns	<u>.88**</u>	ns	<u>.58**</u>	ns	<u>.58**</u>	1

GPP : gousses par plante
 GPG : graines par gousse
 PPG : poids par graine
 RDT : rendement par plante
 IRA : indice de récolte apparent

RBT : rendement biologique total
 IRR : indice de récolte réel
 HT : hauteur totale
 HPG : hauteur première gousse
 NDN : nombre de nœuds
 DAC : diamètre au collet

** : significatif au seuil 1 p. 100

* : significatif au seuil 5 p. 100

ns : non significatif

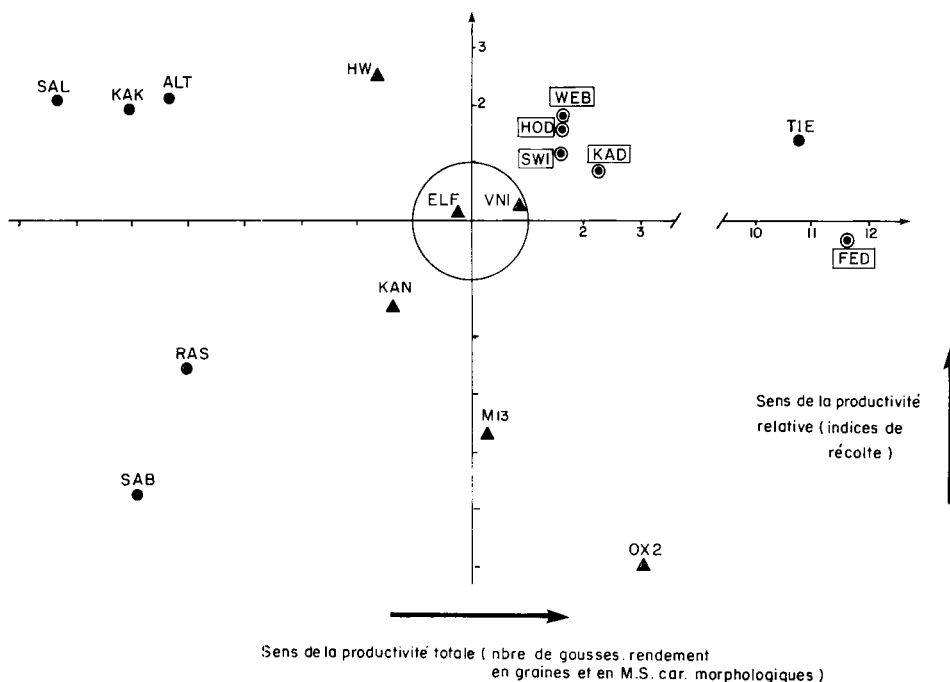


Figure 4

Analyse en Composantes Principales (plantes mûres) : projection des points-variétés dans le plan formé par les 2 premiers facteurs. ▲ Variétés déterminées ; ● Variétés indéterminées (● cultivées).

Principal Component Analysis (mature plants) : projection of the cultivar points into the plane formed by the first two factors.

L'ensemble de ces observations aboutit à la conclusion générale que les 2 premiers axes différencient les variétés selon leur type de développement : productivité relative et type déterminé (axe 2) et, à un degré moindre, productivité totale et type indéterminé (axe 1).

Pour SHIBLES & WEBER (1966), l'indice de récolte apparaissait comme un critère de sélection du soja susceptible de faire progresser les rendements en graines. Quoique l'hypothèse ait été réfutée en partie par BUZZELL & BUTTERY (1977), l'importance des phénomènes de transport des assimilats dans la physiologie de la plante (PAUL & PLANCHON, 1983) nous permettent d'affirmer que la sélection rationnelle du soja doit impliquer aussi une amélioration de ce « coefficient de migration » comme ce fut le cas chez de nombreuses espèces, de céréales en particulier, et pas simplement l'amélioration des performances économiques de la plante.

S'il convient de ne négliger aucun point dans la sélection de l'espèce, l'indépendance des axes 1 et 2 de l'ACP suggère toutefois un antagonisme productivité totale-productivité relative, chez le soja, qui pourrait gêner l'amélioration simultanée des 2 aptitudes.

Malgré tout, la distribution des variétés étudiées ici, selon leur type de développement, suggère qu'un nouveau progrès génétique pourrait être obtenu en introduisant, en croisement avec les variétés indéterminées les mieux adaptées à notre climat, des géniteurs de type déterminé. Les premières apporteraient les facteurs favorables à un développement harmonieux de la plante, les secondes apporteraient de précieux facteurs d'amélioration de la translocation des assimilats.

Reçu le 15 février 1984.
 Accepté le 24 septembre 1984.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. RAVELOMANANTSOA pour sa collaboration scientifique.

ANNEXES

Pentes des courbes d'ajustement de l'évolution de la part des graines (fig. 2) : Analyse de variance (facteur = type de développement).

Slope of the curve for mean proportion of total dry matter in seeds during development (fig. 2). Analysis of variance (factor : type of development).

Source de variation	S.C.E.	d.d.l.	σ	$F_{calc.}$	$F(\alpha = 5 \%)$
Totale	0,8583	15	0,057		
Facteur	0,3872	1	0,387	11,5	4,600
Résiduelle	0,4711	14	0,033		

Niveau des indices de récolte réels : Analyse de variance (facteur = type de développement).

Maximum volume of the true harvest index. Analysis of variance (factor : type of development).

Source de variation	S.C.E.	d.d.l.	σ	$F_{calc.}$	$F(\alpha = 5 \%)$
Totale	$24,8 \times 10^{-3}$	16	$1,55 \times 10^{-3}$		
Facteur	$0,7 \times 10^{-3}$	1	$0,7 \times 10^{-3}$	0,417	4,543
Résiduelle	$24,1 \times 10^{-3}$	15	$1,6 \times 10^{-3}$		

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bernard R. L.**, 1972. Two genes affecting stem termination in soybeans. *Crop Sci.*, **12**, 235-239.
- Buzzell R. I., Buttery B. R.**, 1977. Soybean harvest index in hill-plots. *Crop Sci.*, **17**, 968-970.
- Cooper R. L.**, 1976. Modifying morphological and physiological characteristics of soybeans to maximise yields, 230-236. In L. D. Hill : « *World soybean research* ». The Interstate Printers and Publishers, Inc., 1073 p.
- Egli D. B., Leggett J. E.**, 1973. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybean. *Crop Sci.*, **13**, 220-222.
- Fehr W. R., Caviness**, 1977. Stages of soybeans development. Special report 80, Iowa State Univ. Sci. Technol., 11 p.
- Hanway J. J., Weber C. R.**, 1971. Dry matter accumulation in eight soybean varieties. *Agron. J.*, **63**, 227-230.
- Lefebvre J.**, 1979. *Introduction aux analyses statistiques multidimensionnelles*. Masson (éd.), 259 p.
- Paul M. H., Planchon C.**, 1983. Transport et distribution des assimilats pendant la phase floraison-grossissement des graines chez un soja de type déterminé *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 297-III, 405-410.
- Shibles R. M., Weber C. R.**, 1966. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Sci.*, **6**, 55-59.