



HAL
open science

La resistance a la secheresse du soja. I-Influence d'un deficit hydrique sur la croissance et la production

A. Vidal, D. Arnaudo, M. Arnoux

► To cite this version:

A. Vidal, D. Arnaudo, M. Arnoux. La resistance a la secheresse du soja. I-Influence d'un deficit hydrique sur la croissance et la production. *Agronomie*, 1981, 1 (4), pp.295-302. hal-02728993

HAL Id: hal-02728993

<https://hal.inrae.fr/hal-02728993>

Submitted on 2 Jun 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.

La résistance à la sécheresse du soja I. - Influence d'un déficit hydrique sur la croissance et la production

André VIDAL, Denise ARNAUDO & Maurice ARNOUX

avec la collaboration technique de H. BLAYAC, L. CLAPAREDE & S. MEYNIÉ

I.N.R.A., Station d'Amélioration des Plantes, F 34060 Montpellier Cédex.

RÉSUMÉ

Soja,
Glycine max.,
Sécheresse,
Croissance,
Production,
Matière sèche.

Cette étude a pour objet d'apprécier chez le Soja l'influence d'un déficit hydrique sur la formation de l'appareil végétatif et les composantes du rendement et d'estimer la variabilité génétique existant pour la résistance à la sécheresse. Pour cela, 15 variétés ont été cultivées en bacs de végétation et soumises, à partir de la floraison, à 2 régimes hydriques, l'un satisfaisant les besoins en eau de la plante, l'autre étant déficitaire. Des prélèvements ont été effectués à 5 reprises à partir de la floraison ainsi qu'à la maturité. C'est la surface foliaire par plante qui, avec la teneur en eau des différents organes, apparaît comme le caractère le plus rapidement affecté par le déficit hydrique. Parmi les composantes du rendement, c'est le nombre de gousses par plante qui diminue le plus. Un indice de résistance à la sécheresse a été établi, égal au rapport des rendements en graines dans les 2 régimes hydriques. La validité de cet indice et celle du dispositif expérimental sont discutées. Les résultats obtenus montrent des différences variétales relativement importantes pour la résistance à la sécheresse. Un programme de sélection du soja pour ce caractère peut donc être envisagé.

SUMMARY

Soybean,
Glycine max.,
Droughtness,
Growth,
Yield,
Dry matter.

Drought resistance of soybeans I. - Drought stress effect on growth and yield

This study attempts to estimate the effect of a drought stress on the growth of vegetative parts and on the yield components in soybeans. In the same time the genetic variability for drought resistance has been observed. Fifteen varieties were cultivated in drought boxes (1 m × 1 m × 0,5 m, 36 plants per box) and, since flowering time until maturity, two water treatments were applied: in the first one, the needs of the plants were filled and, in the second one, water supply was exactly the half of the first. Every two weeks after the beginning of flowering, five plants were harvested in each variety and each water treatment: measurements of the main canopy and stem morphological traits were made. At maturity, thirty plants were harvested in each variety and each water treatment and the principal yield components were measured.

The leaf area index and the water contents of leaves, petioles and stem were the parameters affected the most rapidly by the drought stress. For the yield components, the number of pods per plant was the most sensible character. A drought resistance index was calculated for each variety, based on the ratio between the grain yield in each water treatment. The validity of the experimental procedure and of the drought resistance index is discussed. Results show large differences in varietal responses to the drought stress. So it seems possible to improve by a breeding program the drought resistance of soybeans.

INTRODUCTION

Le soja, *Glycine max* (L.) Merrill, espèce d'origine subtropicale a des exigences en eau très élevées. En France, sa culture se développe principalement dans le Sud-Ouest, zone qui semble être la plus favorable à son implantation (BLANCHET & CHONE, 1979) mais où les sécheresses estivales sont fréquentes. Or, les études réalisées au cours de ces dernières années ont montré la forte influence sur les rendements de la réduction de l'alimentation en eau (BLANCHET *et al.*, 1977). Les cultures non irriguées étant les plus nombreuses, il est nécessaire, pour accroître les rendements, d'améliorer la résistance à la sécheresse des

variétés actuellement utilisées. Celles-ci, originaires du nord des Etats-Unis où les précipitations sont abondantes en été, sont en effet mal adaptées à nos conditions climatiques.

Les recherches réalisées sur ce sujet sont peu nombreuses. Les relations entre l'eau et la plante ont été surtout étudiées d'un point de vue physiologique, le problème des différences variétales dans la sensibilité à la sécheresse n'étant pas abordé, sauf par SAMMONS *et al.* (1978, 1979) et BLANCHET *et al.* (1977). Ainsi, il n'est jamais fait mention dans la littérature du niveau de résistance d'une variété.

Le but de notre étude est multiple: dans un premier temps, il s'agit d'observer l'influence d'un stress hydrique sur la croissance et le développement de l'espèce soja et

d'apprécier la variabilité génétique pouvant apparaître dans la résistance à la sécheresse. Ceci fait l'objet de la présente publication. Dans un deuxième temps, nous rechercherons les paramètres morphologiques ou physiologiques liés à la résistance à la sécheresse et pouvant servir de base à un test de sélection. Ces derniers résultats seront présentés dans une publication ultérieure.

EXPÉRIMENTATION

1. Matériel végétal

Quinze variétés d'origine, de précocité et de morphologie différentes ont été choisies pour cette expérience. Leur liste est donnée dans le tableau 5. Elles sont représentatives des principaux types variétaux observés en collection. Cependant, nous n'avons volontairement pas retenu de variété à croissance déterminée : les différences de mode de développement nous ont paru trop grandes pour que les 2 types variétaux soient mélangés dans une même expérience. Les génotypes utilisés sont donc tous à croissance indéterminée.

2. Dispositif expérimental

Afin de s'affranchir des aléas climatiques du plein champ, ces variétés ont été cultivées en bacs de végétation de 1 m de côté et 0,6 m de profondeur remplis d'un sol argilo-limoneux et abrités des précipitations.

Chaque bac contenait 36 plantes d'une même variété, réparties sur 2 lignes espacées de 50 cm, de façon à obtenir une densité normale de culture.

L'ensemble du dispositif expérimental était divisé en 2 parties correspondant à 2 régimes différents d'alimentation en eau :

a) le 1^{er} est égal à 80 p. 100 de la consommation en eau d'un témoin (variété « Hodgson ») mené à l'E.R.T.M.

b) le 2^e correspond à 40 p. 100 de la consommation en eau de ce même témoin.

Les apports d'eau sur le témoin ont été faits 2 fois par semaine et sa consommation déterminée par récupération de l'eau de drainage 24 h après l'arrosage : 40 et 80 p. 100 de cette consommation étaient alors immédiatement apportés aux autres variétés.

Jusqu'au début de la floraison, tous les bacs ont été arrosés avec 80 p. 100 seulement de la consommation du témoin afin d'éviter une verse précoce. Les 2 régimes hydriques n'ont été différenciés qu'à partir de la floraison, donc à des dates différentes selon les variétés (voir tabl. 5) mais au même stade physiologique. Ce stade particulier a été choisi car il constitue, avec la phase de remplissage des gousses, une période critique dans l'alimentation en eau du soja (MINGEAU, 1975). Pour plus de commodité dans la suite de l'exposé, les 2 régimes hydriques seront appelés « régime 40 » et « régime 80 ».

3. Caractères observés

Pour chacun des 2 traitements, chaque variété était représentée par 2 bacs.

a) Dans le 1^{er}, des groupes de 5 plantes ont été prélevés à 5 reprises en cours de végétation :

- au moment de la différenciation des 2 régimes « 40 » et « 80 », lors de l'apparition de la première fleur,
- 15, 30, 45 et 60 j après ce 1^{er} prélèvement.

Ces 5 plantes ont été prises à la suite l'une de l'autre de façon à respecter la densité des plantes restantes. Les plantes situées en bordure, pour chaque prélèvement, ont été éliminées. La même opération était faite simultanément dans les bacs témoins afin de tenir compte de la réduction d'effectif dans le calcul des doses d'arrosage.

Les caractères observés sur ces plantes ont été les suivants :

- poids de matière sèche des feuilles, des pétioles, des tiges et des gousses,
- nombre de feuilles,
- surface totale de feuilles par plante,
- longueur totale de pétioles par plante,
- teneur en eau des feuilles, des pétioles et des tiges,
- hauteur de la tige principale.

A partir de ces caractères, on a calculé les paramètres suivants :

- indice foliaire,
- surface moyenne d'une feuille,
- longueur moyenne d'un pétiole,
- poids moyen d'un pétiole,
- poids de matière sèche de la feuille par cm^2 = poids spécifique de la feuille,
- poids de matière sèche du pétiole par cm = poids spécifique du pétiole.

Ces prélèvements ont eu lieu, dans chaque cas, 3 j après un apport d'eau.

b) Dans le 2^e bac, les plantes ont été menées jusqu'à la maturité où les observations suivantes ont été faites sur 30 plantes par variété :

- poids de la matière sèche totale,
- poids des graines à 0 p. 100 d'eau,
- nombre de gousses et de graines,
- nombre de ramifications et de nœuds,
- hauteur de la tige principale.

A partir de ces observations, on a calculé les paramètres suivants :

- poids de la matière sèche végétative,
- rapport $\frac{\text{poids de matière sèche des graines}}{\text{poids de matière sèche végétative}}$
- poids de 1 000 graines,
- nombre de graines par gousse.

RÉSULTATS

I. Influence de la sécheresse sur le soja

a) Appareil végétatif.

Les tableaux 1, 2 et 3 présentent les moyennes calculées sur les 15 variétés, pour chaque caractère observé en végétation.

On constate que la sécheresse provoque une diminution importante de la croissance de l'ensemble de l'appareil végétatif. On peut tout d'abord remarquer que la contrainte hydrique a été subie depuis la floraison jusqu'à la maturité, l'écart mesuré entre le régime « 80 » et le régime « 40 », pour tous les caractères, allant en se creusant en fonction du temps. Seuls le poids spécifique des feuilles et celui des pétioles augmentent sous l'action de la sécheresse. Cet épaissement de la feuille, lorsque l'alimentation en eau est limitante, avait déjà été observé par BLANCHET *et al.* (1977). Quant au pétiole, on peut imaginer que cette augmentation du poids par unité de longueur correspond à

TABLEAU 1
Influence de la sécheresse sur la croissance des tiges
Droughtness effect on stem growth

Caractères observés (Parameters)	Régime hydrique (Water treatment)	Nombre de jours après le début du traitement (Days after stress beginning)			
		15 j	30 j	45 j	60 j
Poids de matière sèche de la plante entière (g/plante) (Dry matter weight of the whole plant (g/plant))	80	13,39	20,29	28,55	31,87
	40	12,05	16,77	20,11	18,77
	40/80	0,90	0,83	0,70**	0,59**
Poids de matière sèche de la tige et des ramifications (g/plante) (Dry matter weight of the main stem and branches (g/plant))	80	4,81	7,03	8,27	7,27
	40	4,28	6,06	6,07	5,18
	40/80	0,89	0,86**	0,73**	0,71**
Hauteur de la tige principale (cm) (Height of the main stem (cm))	80	69,4	106,5	117,8	118,9
	40	63,3	85,7	90,3	90,9
	40/80	0,91	0,80**	0,77**	0,76**
Teneur en eau de la tige (p. 100) (Water content of stem (p. 100))	80	66,3	64,7	62,3	61,6
	40	64,8	61,9	58,6	58,4
	40/80	97,7*	95,7**	94,1**	94,8**

* Différence significative au seuil 5 p. 100 entre les régimes hydriques

** Différence significative au seuil 1 p. 100 entre les régimes hydriques

* 5 p. 100 level significant difference between water treatments

** 1 p. 100 level significant difference between water treatments

TABLEAU 2
Influence de la sécheresse sur la croissance des feuilles
Droughtness effect on leaf growth

Caractères observés (Parameters)	Régime hydrique (Water treatment)	Nombre de jours après le début du traitement (Days after stress beginning)			
		15 j	30 j	45 j	60 j
Nombre de feuilles par plante (Leaves number per plant)	80	21,6	22,5	22,3	19,5
	40	20,3	18,9	14,9	11,8
	40/80	0,94	0,84*	0,67**	0,61**
Poids de matière sèche des feuilles (g/plante) (Dry matter weight of leaves (g/plant))	80	6,45	7,87	8,10	6,74
	40	5,67	6,37	5,04	3,22
	40/80	0,88*	0,81**	0,62**	0,48**
Indice foliaire (surface de feuille par m ² de sol en culture) (Leaf area index)	80	8,83	10,58	10,34	8,43
	40	7,17	7,81	5,36	3,42
	40/80	0,81**	0,74**	0,51**	0,41**
Poids de matière sèche par unité de surface de feuille (mg/cm ²) (Specific leaf weight (mg/cm ²))	80	28,25	28,23	30,18	30,45
	40	29,34	31,05	37,18	35,21
	40/80	1,04	1,10*	1,23**	1,16*

Caractères observés (Parameters)	Régime hydrique (Water treatment)	Nombre de jours après le début du traitement (Days after stress beginning)			
		15 j	30 j	45 j	60 j
Surface moyenne d'une feuille (cm ²) (Mean leaf surface (cm ²))	80	104,0	126,3	122,4	118,1
	40	97,6	110,2	94,0	76,7
	40/80	0,94	0,87*	0,77**	0,65**
Teneur en eau des feuilles (p. 100) (Water content of leaves (p. 100))	80	62,1	61,4	60,9	60,5
	40	60,4	58,7	55,7	57,6
	40/80	97,3*	95,6**	91,5**	95,2**

* Différence significative au seuil 5 p. 100 entre les régimes hydriques.

** Différence significative au seuil 1 p. 100 entre les régimes hydriques.

* 5 p. 100 level significant difference between water treatments.

** 1 p. 100 level significant difference between water treatments.

TABLEAU 3
Influence de la sécheresse sur la croissance des pétioles
Droughtness effect on petiole growth

Caractères observés (Parameters)	Régime hydrique (Water treatment)	Nombre de jours après le début du traitement (Days after stress beginning)			
		15 j	30 j	45 j	60 j
Poids de matière sèche des pétioles (g/plante) (Dry matter weight of petioles)	80	2,325	3,342	3,896	3,341
	40	2,147	2,705	2,621	1,795
	40/80	0,92	0,81*	0,67**	0,54**
Longueur totale de pétiole (cm/plante) (Total length of petioles (cm/plant))	80	338,9	431,8	452,9	411,3
	40	300,7	327,4	272,1	216,8
	40/80	0,89	0,76**	0,60**	0,53**
Longueur moyenne d'un pétiole (cm) (Mean petiole length (cm))	80	15,8	19,4	20,5	21,4
	40	14,9	17,5	18,5	18,5
	40/80	0,94	0,90*	0,90*	0,86**
Poids moyen d'un pétiole (mg) (Mean petiole weight (mg))	80	108,1	153,8	180,3	175
	40	108,7	146,3	181,5	153,3
	40/80	1,01	0,95	1,01	0,88
Poids d'une unité de longueur de pétiole (mg/cm) (Specific petiole weight (mg/cm))	80	0,705	0,850	0,861	0,809
	40	0,721	0,849	0,972	0,825
	40/80	1,02	1,00	1,13	1,02
Teneur en eau des pétioles (p. 100) (Water content of petioles (p. 100))	80	68,7	67,3	64,1	63,7
	40	67,0	63,8	58,2	59,4
	40/80	97,5*	94,8**	90,8**	93,2**

* Différence significative au seuil 5 p. 100 entre les régimes hydriques.

** Différence significative au seuil 1 p. 100 entre les régimes hydriques.

* 5 p. 100 level significant difference between water treatments.

** 1 p. 100 level significant difference between water treatments.

un accroissement de son diamètre, bien que ce point précis n'ait pas été mesuré.

Les moyennes obtenues dans chacun des 2 régimes « 40 » et (80) ont été comparées par un test de student. Ceci permet d'observer les caractères qui sont le plus rapidement affectés par la contrainte hydrique : ainsi, 15 j seulement après le début du régime « 40 », les plantes montrent une réduction significative du poids de matière sèche foliaire et surtout de la surface foliaire. De même, la longueur totale des pétioles d'une plante est rapidement diminuée par la contrainte hydrique. Ceci corrobore d'autres résultats (BOYER, 1970 ; BLANCHET *et al.*, 1977) montrant la grande sensibilité à la sécheresse des phénomènes de croissance foliaire. Les teneurs en eau aussi sont parmi les caractères qui réagissent le plus vite à la sécheresse.

Les composantes du feuillage sont également les paramètres qui sont le plus affectés, quantitativement, par une contrainte hydrique : ainsi, après 60 j, l'indice foliaire des plantes soumises au régime « 40 » n'est plus égal qu'à 41 p. 100 de celui des plantes du régime « 80 ».

Il convient de remarquer que cette diminution est due, en parts égales, à une baisse du nombre de feuilles et à une surface moyenne par feuille plus faible. On s'aperçoit aussi que la surface semble plus affectée que le poids de matière sèche. Par contre, en ce qui concerne les pétioles, longueur et poids de matière sèche sont diminués dans les mêmes proportions. Mais, contrairement aux feuilles, cette diminution de longueur totale des pétioles est due davantage à une baisse du nombre de pétioles qu'à une longueur moyenne plus faible. Enfin, on peut remarquer que, dans le cas des tiges, c'est le poids de matière sèche et non la hauteur qui est le plus sensible à la contrainte hydrique.

b) Composantes du rendement

Le tableau 4 présente les moyennes, calculées sur les 15 variétés, du rendement en matière sèche et de ses composantes, dans les régimes « 40 » et « 80 ». Il apparaît pour ces caractères une très forte influence de la restriction de l'alimentation en eau. On peut cependant noter que toutes les composantes du rendement ne sont pas affectées de la même manière. Ainsi, la production de graines est davantage atteinte que la production de matière sèche végétative (tiges et ramifications). Ceci conduit donc à une diminution du rapport entre les poids de graines et de matière sèche végétative. Ce résultat diffère de celui obtenu par BLANCHET *et al.* (1977) qui avaient constaté une augmentation du rapport graines/matière sèche totale, pour des variétés des groupes I et II, à un régime hydrique égal à 45 p. 100 de la transpiration maximale. Le fait que cette restriction de l'alimentation en eau ait été appliquée plus tôt que dans notre expérience, ralentissant ainsi davantage la croissance végétative, peut sans doute expliquer cette différence.

Ces résultats font également apparaître que, parmi les composantes du rendement en graines, le nombre de gousses est le plus sensible à la sécheresse. Le poids de 1 000 graines et le nombre de graines par gousse sont quantitativement moins affectés. Ce résultat confirme les observations de PUECH *et al.* (1974) et montre l'importante sensibilité à la sécheresse des phénomènes de nouaison. On peut enfin remarquer que le nombre de nœuds de la tige principale est moins diminué que sa hauteur, conduisant donc à des entrenœuds plus courts. La grande sensibilité à un déficit hydrique des phénomènes de croissance cellulaire est là aussi apparente.

TABLEAU 4

Influence de la sécheresse sur le rendement en matière sèche et ses composantes

Droughtness effect on dry matter yield and yield components

Caractères observés <i>Parameters</i>	régime «80» <i>water treatment</i> « 80 »	régime «40» <i>water treatment</i> « 40 »	« 40 » / « 80 »
Poids de la matière sèche totale (g/plante) <i>(Weight of total dry matter (g/plant))</i>	24,6	13,5	0,55
Poids des graines à 0 p. 100 d'eau (g/plante) <i>(Seeds dry weight (g/plant))</i>	13,9	6,5	0,47
Poids de la matière sèche végétative (g/plante) <i>(Vegetative parts dry weight (g/plant))</i>	10,7	7,0	0,65
Rapport Poids des graines/Poids de la matière sèche végétative <i>(Ratio Seeds dry weight/Vegetative parts dry weight)</i>	1,30	0,93	0,72
Nombre de gousses par plante <i>(Pods number per plant)</i>	34,2	21,0	0,61
Nombre de graines par plante <i>(Seeds number per plant)</i>	78,7	43,6	0,55
Nombre de graines par gousse <i>(Seeds number per pod)</i>	2,30	2,09	0,91
Poids de 1 000 graines (g) <i>(1 000 seeds weight (g))</i>	177	149	0,84
Nombre de ramifications <i>(Branches number)</i>	3,7	3,3	0,89
Nombre de nœuds sur la tige principale <i>(Nodes number on the main stem)</i>	15,4	13,8	0,90
Hauteur de la tige principale (cm) <i>(Height of the main stem)</i>	108,5	81,1	0,75

II. Etablissement d'un indice de résistance à la sécheresse

L'un des buts essentiels de cette étude étant la recherche de différences variétales dans la résistance à la sécheresse, il convient d'en établir la valeur pour chaque variété.

La recherche d'un indice de résistance à la sécheresse dépend bien sûr de la définition que l'on donne au terme résistance. Pour une plante cultivée, elle sera liée à son niveau de production et non pas simplement à sa survie. En matière de Soja donc, une variété sera d'autant plus résistante à la sécheresse que sa production en graines sera moins affectée par une contrainte hydrique. L'indice de résistance doit donc être basé sur la comparaison des rendements en graines dans 2 régimes hydriques. L'indice utilisé dans cette étude sera donc le suivant :

$$I = \frac{\text{Poids de graines dans le régime « 40 »}}{\text{Poids de graines dans le régime « 80 »}} \times 100$$

Cet indice, très simple, n'est-il pas trop simpliste ? En effet, l'appréciation de la résistance à la sécheresse doit être indépendante du niveau de productivité. Or celui-ci apparaît dans l'indice I sous la forme du rendement dans le régime

« 80 ». JENSEN (1968) utilise pour la comparaison de la résistance de diverses espèces, un indice permettant de tenir compte de fortes différences de productivité :

$$\frac{Y}{Y_t} = \prod_{i=1}^n \left[\left(\frac{W}{W_t} \right)_i \right]^{\lambda_i}$$

avec $\frac{Y}{Y_t}$ = diminution de rendement par rapport au témoin t

$\left(\frac{W}{W_t} \right)_i$ = diminution de l'évapotranspiration totale par rapport au témoin t, pendant la période de développement « i »

λ_i = sensibilité à la sécheresse pendant la période de développement « i »

Mais le rapport $\frac{W}{W_t}$ étant constant dans notre expérience, λ_i devient fonction uniquement de $\frac{Y}{Y_t}$ et l'on obtient le même classement variétal qu'avec l'indice I.

D'autre part, le coefficient de corrélation établi entre I et le poids de graines dans le régime « 80 » est presque nul : $r = +0,06$. L'indice I est donc, dans notre expérience, indépendant du niveau de productivité des variétés. Le tableau 5 montre qu'il est également indépendant de leur précocité et de leur origine géographique.

La variété la plus résistante paraît donc être « Kagon » et la plus sensible « A-100 ». On remarque également que « Amsoy 71 » paraît beaucoup plus résistant que « Hodgson » : ce résultat confirme les observations faites en culture dans le Sud-Ouest de la France depuis plusieurs années. On peut noter aussi le bon classement de la lignée roumaine « F68-199 » sélectionnée pour la culture en sec dans ce pays.

TABLEAU 5

Résistance à la sécheresse des 15 variétés testées

$$\left(\text{Selon } I = \frac{\text{Poids de graines à « 40 »}}{\text{Poids de graines à « 80 »}} \times 100 \right)$$

Drought tolerance level of the 15 tested varieties

$$\left(\text{According to } I = \frac{\text{Seed yield in treatment « 40 »}}{\text{Seed yield in treatment « 80 »}} \times 100 \right)$$

Variétés Varieties	Groupe de précocité Maturity group	Origine Origin	Date de début floraison First flowering day	Valeur de I I value
Kagon	I	U.S.A.	4/07	57,7
Giessen 456-64	0	R.F.A.	7/07	56,1
Amsoy 71	II	U.S.A.	7/07	53,8
F 68-199	0	Roumanie	12/07	52,1
Kirovograska	I	U.R.S.S.	12/07	51,7
Wolfsthaler	I	R.D.A.	7/07	51,3
Harman	II	U.S.A.	4/07	48,6
Iasi 10	II	Roumanie	12/07	45,9
Szurkebarat	0	Hongrie	4/07	44,3
Srf 100	I	U.S.A.	7/07	43,2
Wykonoska	00	Pologne	4/07	41,3
Grant	0	U.S.A.	4/07	40,9
Nepolegajuskaia II	III	U.R.S.S.	12/07	40,2
Hodgson	I	U.S.A.	4/07	39,6
A-100	II	U.S.A.	7/07	39,2

DISCUSSION ET CONCLUSION

I. Dispositif expérimental

La technique employée pour soumettre les 15 variétés de Soja à un déficit hydrique appelle un certain nombre de remarques. On peut tout d'abord observer que l'intensité du déficit hydrique n'est pas constante tout au long du cycle de développement mais va en s'atténuant : les plantes du régime « 40 » ayant une croissance végétative réduite ont, en fin de cycle, des besoins en eau beaucoup plus faibles que ceux des plantes du régime « 80 ». En apportant, à ce moment là, la moitié de ce que consomment les plantes du régime « 80 », on satisfait pratiquement les besoins en eau des plantes du régime « 40 ».

Cependant, cette diminution de l'intensité du déficit hydrique n'est pas un inconvénient majeur car elle correspond en fait à la répartition statistique des précipitations dans le sud de la France (septembre y étant en moyenne moins sec que juillet et août).

Une autre objection plus importante peut être formulée à l'égard de ce dispositif : elle est liée à l'emploi, comme traitement de référence, d'un apport d'eau égal à 80 p. 100 de l'E.T.R.M. d'une variété témoin. En effet, il n'est pas exclu que cet apport d'eau puisse, selon les variétés, soit dépasser 100 p. 100 de leur E.T.R.M. soit, au contraire, représenter une sécheresse plus ou moins accusée. Dans ce cas, l'intensité de la sécheresse subie par les plantes du régime « 40 » ne serait pas la même pour toutes les variétés et, de ce fait, le classement des cultivars selon leur degré de résistance serait entaché d'erreurs.

Il semble cependant que l'on puisse atténuer la portée de cette critique sur la validité des résultats obtenus. En effet, les différences de développement foliaire entre variétés sont relativement faibles (tabl. 6), aussi bien en début d'essai que lorsque le feuillage atteint sa taille maximum. On peut donc supposer que l'E.T.R.M. des 15 variétés testées varie peu et que, dans le régime « 80 », tous les cultivars se situent à un niveau d'alimentation en eau comparable.

TABLEAU 6

Développement foliaire dans le régime « 80 »
Canopy size in water treatment « 80 »

Variétés Varieties	Indice foliaire 1 ^{er} prélèvement Leaf area index 1 st measurement	Indice foliaire 3 ^e prélèvement Leaf area index 3 rd measurement
Kagon	2,20	8,91
Giessen 456-64	4,39	8,49
Amsoy 71	3,73	10,04
F 68-199	5,01	10,25
Kirovograska	4,46	14,00
Wolfsthaler	3,17	10,09
Harman	2,90	9,70
Iasi 10	5,32	10,66
Szurkebarat	3,54	10,90
Srf 100	3,23	8,05
Wykonoska	2,69	8,64
Grant	3,23	10,41
Nepolegajuskaia II	5,25	10,28
Hodgson	2,74	9,08
A-100	4,11	9,30
Moyenne (Mean)	3,73	9,92
Variance (Variance)	0,97	2,00

D'autre part, dans une expérimentation ultérieure où les 4 variétés « Amsoy 71 », « A-100 », « Kagon » et « Hodgson » (2 variétés du Groupe II, l'une résistante et l'autre sensible, 2 variétés du groupe I, l'une résistante et l'autre sensible) étaient conduites à 100 p. 100 de l'ET.R.M., nous avons observé des consommations en eau assez voisines sur l'ensemble du cycle de développement :

Amsoy 71	28,8 l par plante
A-100	26,7 l par plante
Kagon	24,2 l par plante
Hodgson	25,2 l par plante

Il semble donc que l'imprécision due au choix d'un traitement de référence égal à 80 p. 100 de l'E.T.R.M. d'un témoin ne soit pas trop forte, dans le cas de notre expérience, du fait sans doute d'un développement foliaire comparable chez les différentes variétés. Cependant, il aurait été préférable d'éliminer totalement cette possibilité d'erreur par le choix d'un traitement de référence égal à l'E.T.R.M. de chaque variété, la verse étant prévenue par un tuteurage des plantes.

II. Résultats

L'influence de la sécheresse sur la croissance de l'appareil végétatif se fait surtout sentir au niveau des limbes foliaires : leur surface diminue significativement dès le début du déficit hydrique. Les pétioles, par contre, semblent être une structure beaucoup plus stable. Cette réduction importante de la croissance des feuilles conduit très vite à une forte diminution de l'indice foliaire. Cependant, dans le régime « 40 », les valeurs observées, supérieures à 7, ne devraient pas constituer un facteur limitant de la production (PLANCHON & VIGNES, 1978).

Cette évolution très rapide du feuillage sous l'action du déficit hydrique est à mettre en relation avec la diminution très nette des teneurs en eau de tous les organes de la plante : la pression de turgescence étant plus faible, tous les phénomènes de croissance cellulaire se trouvent fortement ralentis.

L'étude de l'influence de la sécheresse sur les composantes du rendement confirme des résultats déjà acquis par ailleurs : le nombre de gousses par plante est la composante qui, en moyenne, est la plus touchée : de ce fait, des phénomènes de compensation apparaissent et le poids de 1 000 graines et le nombre de graines par gousse sont moins affectés.

L'établissement de l'indice de résistance à la sécheresse fait apparaître des différences importantes entre variétés. Cependant, l'interprétation statistique de ces différences pose quelques difficultés, compte tenu du dispositif utilisé et du mode de construction de l'indice. Pour l'établir, 30 plantes ont été récoltées individuellement dans le régime « 40 » et autant dans le régime « 80 ». Le rendement en grains a été mesuré sur chacune de ces plantes, la valeur moyenne calculée pour chacun des 2 traitements hydriques et l'indice établi à partir de ces moyennes. On ne dispose donc, pour chaque variété, que d'une seule valeur de l'indice.

Pour remédier à ce fait, nous avons utilisé une méthode préconisée par BADIA (communication personnelle) : connaissant pour chaque variété le rendement de 30 plantes individuelles dans chacun des 2 régimes hydriques, nous avons constitué, par tirage au hasard, 30 couples « plante dans le régime 40 - plante dans le régime 80 » permettant d'établir 30 indices de résistance à la sécheresse par variété. Une analyse de variance a pu alors être faite sur ces données. Afin d'éviter le risque dû à la constitution aléatoire des indices pour chaque variété (30 indices seulement sont établis sur les 900 combinaisons possibles), le tirage au hasard a été répété 10 fois et l'analyse de variance faite après chacun de ces tirages.

Dans tous les cas, des différences significatives à 5 p. 100 apparaissent pour les variétés (tabl. 7). Ces résultats montrent donc qu'il existe une variabilité génétique pour la résistance à la sécheresse chez le Soja.

Cependant, la méthode utilisée ne permet pas de comparer les variétés 2 à 2 : en effet, en travaillant sur des moyennes de rapports et non plus sur un rapport de moyenne comme pour l'indice I, on obtient des niveaux de résistance à la sécheresse plus élevés et une légère modification du classement des variétés par rapport à celui du tableau 5. Mais, le fait d'avoir trouvé un effet « variété » significatif après chacun des tirages au hasard, montre bien l'existence d'une variabilité génétique. Son ampleur reste difficile à apprécier par les seuls résultats de cette expérience mais, si on tient compte de la faible taille de l'échantillon observé, on peut supposer qu'elle est importante. Une sélection pour la résistance à la sécheresse chez le Soja paraît donc possible.

Reçu le 29 décembre 1980.
Accepté le 9 janvier 1981.

TABLEAU 7

Analyse de variance sur l'indice de résistance à la sécheresse : valeur de F observée pour chaque tirage
Variance analysis on the drought tolerance index : F value for each I randomized determination

N° du tirage (Number of the I randomized determination)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valeur de F (F value)	1,80	2,56	2,02	1,91	2,31	2,74	2,00	2,52	2,00	2,26

$F_{(14,435)} = 1,72$ à 5 p. 100.

$F_{(14,435)} = 2,12$ à 1 p. 100

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Blanchet R., Chone E., 1979. Le soja. *Bull. Tech. Inf.* n° 338/339, 211-222.

Blanchet R., Gelfi N., Bosc M., 1977. Relations entre consommation d'eau et production chez divers types variétaux de soja (*Glycine max* (L.) Merr.). *Ann. agron.*, **28** (3), 261-275.

Boyer J. S., 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.*, **46**, 233-235.

Jensen M. E., 1968. Water consumption by agricultural plants, in water deficits and plant growth, vol. II : Plant water consumption and response. T. T. Kozlowski Éd., Academic Press, New York, 1-22.

Mingeau M., 1975. Etude de la sensibilité du soja à la sécheresse. *Inf. Tech. CETIOM*, N° 47, 1-14.

Planchon C., Vignes D., 1978. Etude de la transpiration et de la régulation stomatique de deux variétés de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ; conséquences relatives à la création de types à exigences en eau réduites. *Ann. Amélior. Plantes*, **28** (2), 149-155.

Puech J., Lencrerot P., Hernandez M., 1974. Rôle de quelques facteurs du milieu dans la production quantitative et qualitative du soja. I. Croissance, développement et rendement du soja en culture irriguée ou non. *Ann. Agron.*, **25** (5), 659-679.

Sammons D. J., Peters D. B., Hymowitz T., 1978. Screening soybeans for drought resistance. I. Growth chamber procedure. *Crop. Sci.*, **18** (6), 1050-1055.

Sammons D. J., Peters D. B., Hymowitz T., 1979. Screening soybeans for drought resistance. II. Drought box procedure *Crop Sci.*, **19** (5), 719-722.