



## Intérêt agronomique de la feuille lancéolée chez le soja

D. ROTZLER et P. STAMP, EPFZ, Institut des sciences végétales, 8092 Zurich  
C.-A. BETRIX, J.-C. DE GROOTE, O. MOULLET et A. SCHORI, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CP 1012, 1260 Nyon

E-mail: [claud-alain.betrix@acw.admin.ch](mailto:claud-alain.betrix@acw.admin.ch)  
Tél. (+41) 22 36 34 744.

### Résumé

L'adaptation du soja à nos conditions climatiques ne peut être réalisée sans une diminution importante de la surface foliaire. Cet objectif est atteint par la sélection de lignées à petites folioles et, conjointement, par l'hybridation avec des génotypes à feuillage lancéolé. En général, l'utilisation de l'allèle *ln* codant pour une feuille lancéolée diminue la surface foliaire sans affecter le rendement. Dans cette étude, neuf paires de lignées isogéniques lancéolées/ovales (*ln/ov*) ont été expérimentées au champ. Deux de ces paires ont été analysées pour leur développement au stade juvénile. Le type ovale a présenté un développement juvénile plus vigoureux que le type lancéolé. Pour le type *ln*, une réduction de la surface foliaire, une meilleure pénétration de la lumière dans le couvert végétal, une photosynthèse plus active des feuilles inférieures ainsi qu'une meilleure stabilité du rendement ont notamment été observées. L'allèle *ln* contribue donc positivement à l'adaptation du soja au climat suisse.



Fig. 1. Deux morphologies foliaires: à gauche, ▷ un génotype ovale (*ov*); à droite, un génotype lancéolé (*ln*).

## Introduction

La culture du soja (*Glycine max* [L.] Merr.) a été introduite en Suisse en 1988, dans le but de compléter la production indigène d'huile alimentaire. Cependant, la vraie valeur de cette légumineuse est sa haute teneur en protéines, qui permet son utilisation à la fois dans le secteur fourrager et dans l'alimentation humaine. Indispensable pour assurer des rotations équilibrées, le soja constitue actuellement l'un des quelques protéagineux disponibles pour l'agriculture suisse.

De par ses origines, le soja présente régulièrement un indice de surface fo-

liaire (surface foliaire par unité de surface au sol, LAI) excessif (voir encadré). Les feuilles basales, ombrées par les feuilles supérieures, ne parviennent pas à assurer une photosynthèse performante, tout en respirant comme les autres. Les strates inférieures du couvert végétal peuvent donc avoir un bilan photosynthétique négatif. Cette végétation dense induit un microclimat humide et peu ventilé, favorable au développement de différents problèmes phytosanitaires. De plus, cet excès de végétation surcharge la plante et provoque l'apparition de verses compliquant les travaux de récolte (Schori *et al.*, 2003). Depuis ses débuts en

1981, la sélection faite par Agroscope Changins-Wädenswil ACW s'efforce de réduire la surface foliaire du soja en sélectionnant des génotypes à petites folioles et/ou en utilisant des lignées à feuilles longues et étroites (feuille lancéolée) pour les croisements (fig.1).

Dans le travail présenté ici, l'effet de ce type de feuille sur la surface foliaire du soja, ainsi que son impact génétique (pléiotropie) sur l'architecture de la plante et les différentes composantes du rendement au sein du matériel génétique suisse sont étudiés dans nos conditions climatiques, marginales pour cette espèce.



## Matériel et méthodes

### Matériel génétique

Des isolignées (F6:12) ont été créées afin d'étudier l'effet du type de feuille sur des fonds génétiques semblables. Les sources pour l'allèle *ln* sont la lignée canadienne 'OX611' et une lignée chinoise. Au total, neuf isolignées provenant de quatre croisements différents ont été utilisées. Les meilleures lignées suisses du moment et quelques obtentions canadiennes ou américaines intéressantes ('Ozzie', 'Harcor' et 'Maple Presto') figurent également dans ces différentes combinaisons.

### Développement juvénile

Deux paires d'isolignées choisies pour une différence marquée au niveau du PMG ont été étudiées. Un dispositif expérimental en «split plot» a été mis en place en caissettes de semis (quatre répétitions), avec comme facteur principal l'isolignée et, comme sous-facteur, le type de feuille. La matière sèche par plante a été déterminée à différents stades précoces (V1-4) de la culture pour estimer la vigueur de la culture.

### Dispositif expérimental au champ

Cette expérimentation a été réalisée sur deux ans (2006 et 2007). Un dispositif expérimental en «split plot» avec blocs randomisés et quatre répétitions a été implanté dans trois lieux représentatifs du Plateau suisse (Changins, Goumoens et Giez). Les facteurs étudiés sont l'effet de la lignée (neuf paires) en parcelle principale et, en sous-parcelles disposées de manière alternée, l'effet de l'allèle (types *ln* et *ov*). Deux petites sous-unités expérimentales de 0,4 m (placettes) ont été piquetées en début de végétation dans chaque sous-procédé et chaque lieu (fig. 2). Ces placettes ont été réservées aux mesures destructives (surface foliaire et composantes du rendement).

### Surface foliaire

Sur les sites de Changins et de Giez, la surface foliaire a été mesurée à l'aide d'un planimètre (LI-COR 3100C). Cette mesure destructive a été réalisée sur l'une des sous-unités de 0,4 m à un stade de développement suffisamment avancé (R4) mais précédant toutefois la perte des feuilles basales. L'estimation de la pénétration de la lumière au travers du feuillage et le LAI ont été mesurés avec le LAI 2000 Canopy Analyser sur les sites de Changins et de Goumoens, selon la méthode décrite par Malone (2002) pour la culture du soja.

Fig. 2. Sous-unités expérimentales (placettes) piquetées à l'intérieur des parcelles principales réservées aux mesures de la surface foliaire et des composantes du rendement.

## L'excès de végétation: un problème typiquement européen!

De manière générale, les variétés de soja du nord de l'Europe se différencient de celles des continents américain et asiatique par des folioles plus petites et, par conséquent, une surface foliaire plus faible. Cette tendance s'explique aisément par la variation des climats régnant au sein de ces différentes régions. En effet, le ciel voilé et l'humidité estivale élevée, qui caractérisent les climats continentaux ou subtropicaux, diminuent l'évapotranspiration. Inversement, en Europe de l'Ouest, l'intensité lumineuse importante et la faible humidité atmosphérique augmentent la transpiration de façon significative. L'excès de surface foliaire est considéré par différents auteurs comme un problème typique des climats tempérés. Sakamoto et Shaw (1967) ont montré que la lumière est majoritairement interceptée en périphérie de la canopée. La surface foliaire exposée au soleil est donc à peine supérieure à 1 LAI, soit environ 20 à 25% de la surface totale seulement. Dans leur étude, Hicks *et al.* (1969) estiment que la mauvaise pénétration de la lumière dans une culture de soja peut affecter le rendement de façon significative.

### La feuille lancéolée (*ln*)

La majorité des sojas cultivés en Europe (et en Suisse) ont des feuilles ovales (*ov*). Quelques cultivars, originaires d'Asie ou des Etats-Unis, présentent des folioles plus allongées et plus étroites (fig.1). Ce type a été décrit pour la première fois en 1919. Un seul gène, à l'état récessif, est responsable du caractère lancéolé (Palmer et Kilen, 1987). L'hétérozygote (*Ln/ln*) présente une feuille de forme intermédiaire entre le type lancéolé (*ln/ln*) et ovale (*Ln/Ln*). Différents auteurs ont étudié le caractère lancéolé à l'aide d'isolignées à fond génétique presque identique, différant par le seul allèle codant pour le type de feuille. La surface foliaire est réduite chez le type lancéolé et la lumière pénètre mieux dans la canopée (Hicks *et al.*, 1969). Le deuxième caractère influencé par l'allèle *ln* est le nombre de grains par gousse, plus élevé chez le type lancéolé. On parle d'un effet pléiotropique.

Généralement, la fréquence de gousses à quatre grains et le nombre de grains par plante sont plus élevés dans le type *ln* (Dinkins *et al.*, 2002). En revanche, le poids de mille grains (PMG) et, plus rarement, le nombre de gousses par plante sont plus faibles. C'est pourquoi seules quelques légères différences de rendement en faveur de *ln* ont parfois été mises en évidence. Wells *et al.* (1993) mentionnent que la diminution de l'inter-rang peut améliorer la productivité du type lancéolé par rapport au type normal. Mandl et Buss (1981) observent une maturité légèrement plus tardive pour *ov*, sans toutefois relever de différence de rendement.

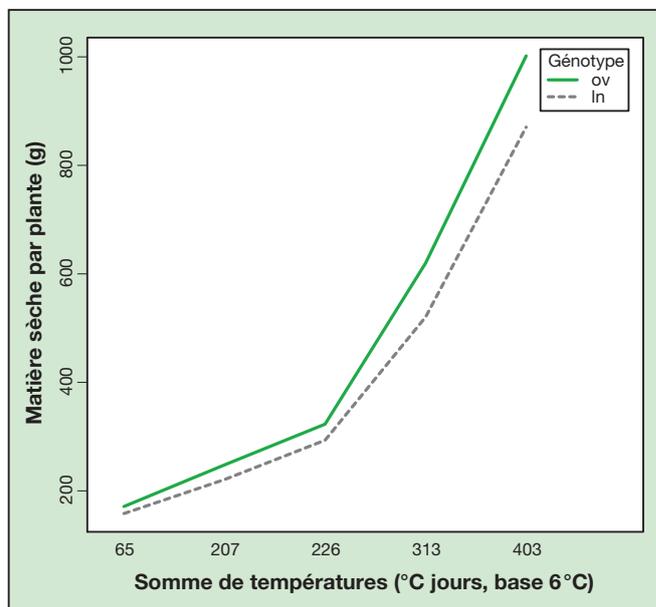




◁ Fig. 3. Echantillonnage de feuilles au champ, suivi de la mesure de la fluorescence de la chlorophylle *a* (PAM-2000) en chambre de croissance après une période d'acclimatation spécifique (durée et intensité lumineuse).



▽ Fig. 4. Développement de la matière sèche par plante en fonction du stade de croissance des deux types de feuille.



## Activité photosynthétique

Pour estimer l'activité photosynthétique, un appareil PAM-2000, permettant de mesurer la fluorescence de la chlorophylle *a*, a été utilisé au stade de végétation R4. La valeur obtenue, appelée «Paramètre de Genty», est étroitement corrélée avec l'assimilation du CO<sub>2</sub> et par conséquent à l'activité de la photosynthèse (Oxborough et Baker, 1997). Cette mesure est réalisée en chambre de croissance, à une intensité de lumière contrôlée (66 microEinstein), après une durée d'excitation précise (5, 30 et 60 min). Des prélèvements au champ des deux types de feuilles, en position basale à l'ombre, ainsi qu'en position proximale (sommet du couvert végétal) au soleil, ont été analysés (fig. 3).

## Rendement, caractères agronomiques et qualitatifs

Le rendement et sa stabilité sont naturellement les objectifs principaux du sélectionneur et de l'agriculteur. Ce caractère quantitatif est contrôlé par de nombreux gènes. Pour le soja, le rendement est déterminé par les facteurs nombre de plantes × nombre de gousses par plante × nombre de grains par gousse × PMG. Ces différentes composantes du rendement interviennent à différents stades de développement de la culture. L'étude de ces composantes permet de décrire l'influence d'un gène (*ln*) sur le rendement. D'autres paramètres standard comme

l'appréciation de la verse et la durée de végétation par site ont été mesurés sur les deux années, de même que les taux de protéines et d'huile (NIRS) en 2006. Les notations ont été portées sur une échelle de 1 à 9, 1 étant la note la plus favorable et 9 la plus défavorable.

## Résultats

### Développement juvénile

Le poids de mille grains est significativement plus élevé chez les lignées ovales que chez leurs isolignées lancéolées, de même que le taux de matière sèche, du stade cotylédonnaire (VC) au stade 4<sup>e</sup> trifoliée déployée. Au stade VC, la masse des cotylédons est significativement plus élevée chez le type ovale. La différence entre les deux types de feuille a tendance à augmenter en cours de croissance (fig. 4).

### Surface foliaire

La moyenne sur deux ans des mesures au planimètre met en évidence une surface foliaire significativement inférieure chez le type lancéolé. Aucune interaction entre les facteurs lignées et type de feuille n'a été relevée. En 2007, la surface foliaire était de 14% plus faible

chez les plantes lancéolées. Ces différences proviennent principalement des feuilles situées sur les nœuds centraux de la tige (fig. 5). Les anciennes feuilles à la base de la tige et les jeunes feuilles au sommet de la plante ne diffèrent que peu ou pas au niveau de la surface foliaire par nœud.

L'index foliaire est en moyenne inférieur d'une unité pour les sojas lancéolés (tabl.1). Les résultats de trois des neuf isolignées montrent cependant une faible différence de LAI entre les deux morphologies foliaires, et parfois même une tendance inversée.

**Tableau 1. Surface foliaire en cm<sup>2</sup> par plante, mesurée avec un planimètre LICOR 3100C. LAI (Leaf Area Index) mesuré avec le LAI 2000 Canopy Analyser.** Les mesures présentées de 2007 sont significatives à P = 0,05. ln = lancéolé et ov = ovale.

Année	Type de feuille	Surface foliaire (cm <sup>2</sup> /plante)		LAI
		Changins	Giez	
Lieux				
2006	ln	1172		
	ov	1285		
2007	ln	1171	1045	2,95
	ov	1355	1218	3,90



## Activité photosynthétique

L'activité photosynthétique révèle d'importantes différences, presque toutes hautement significatives, entre les feuilles supérieures et les feuilles basales du soja, entre les différentes lignées

et entre les deux morphologies foliaires. Pour les deux types, les feuilles supérieures de la plante, exposées à la lumière, ont une plus forte activité photosynthétique que les feuilles inférieures mais comparable entre type. En revanche, chez les folioles du bas, à l'ombre, la photosynthèse des isolignées lancéolées est significativement améliorée par rapport au type ovale (fig. 6).

## Rendement

En 2006, les lignées lancéolées ont présenté un plus grand nombre de grains par gousse et une fréquence des gousses à quatre grains d'environ 8% supérieure. De son côté, le type ovale a fourni une gousse de plus par plante et un PMG de 16 g plus élevé. Au final, aucune différence de rendement n'a pu être établie entre les deux morphologies foliaires dans nos différents sites (tabl. 2). Le nombre de grains par plante tendait, de manière non significative, à être plus élevé chez le type *ln*.

En 2007, le nombre de gousses et le nombre de graines par plante n'ont pas différé entre les deux types foliaires. Le

**Tableau 2. moyennes des différentes composantes du rendement pour 2006 et 2007.** n.s. = non significatif, \*P < 0,05 et \*\*P < 0,01. *ln* = lancéolé et *ov* = ovale.

Année	Type de feuille	Nombre de gousses par plante	Nombre de grains par gousse		Fréquence des gousses à 4 grains par plante		Nombre de grains par plante	PMG (g)
2006	<i>ln</i>	14,8	2,77	**	13,4%	**	42,9	203
	<i>ov</i>	16,0	2,38		5,0%		40,3	218
2007	<i>ln</i>	19,9	2,00	**	3,5%	**	39,7	223
	<i>ov</i>	20,6	1,87		0,7%		38,6	237

nombre de grains par gousse et le nombre de gousses à quatre grains étaient à nouveau significativement plus élevés chez *ln*, mais de manière beaucoup moins tranchée que l'année précédente. Une différence de 14 g a été relevée au niveau du PMG en faveur du type ovale, tandis qu'une augmentation d'environ 20 g était enregistrée entre 2006 et 2007, pour les deux types. En 2007, le rendement a été significativement plus élevé chez les lancéolées (3 kg/are à Changins et 1,7 kg/are à Giez) (tabl. 3).

## Autres caractères agronomiques et qualitatifs

En 2006, un écart d'un demi-point en faveur du type lancéolé (sur une échelle de 1 à 9) a été observé dans le lieu le plus exposé à la verse de notre dispositif (Goumoens), tandis que cet écart atteignait 2 points en 2007, toujours en faveur de *ln*.

En 2007, la maturité moyenne a été avancée d'environ 18 degrés-jours (base

**Tableau 3. Moyennes des rendements obtenus dans les différents lieux pour 2006 et 2007.** n.s. = non significatif, \*P < 0,05 et \*\*P < 0,01. *ln* = lancéolé et *ov* = ovale.

Année	Type de feuille	Rendement à 11% en (kg/are)					
		Changins		Giez		Goumoens	
2006	<i>ln</i>	36,45	n.s.	32,66	n.s.	35,96	n.s.
	<i>ov</i>	37,12		33,20		35,25	
2007	<i>ln</i>	36,79	**	29,87	**		
	<i>ov</i>	33,73		28,22			

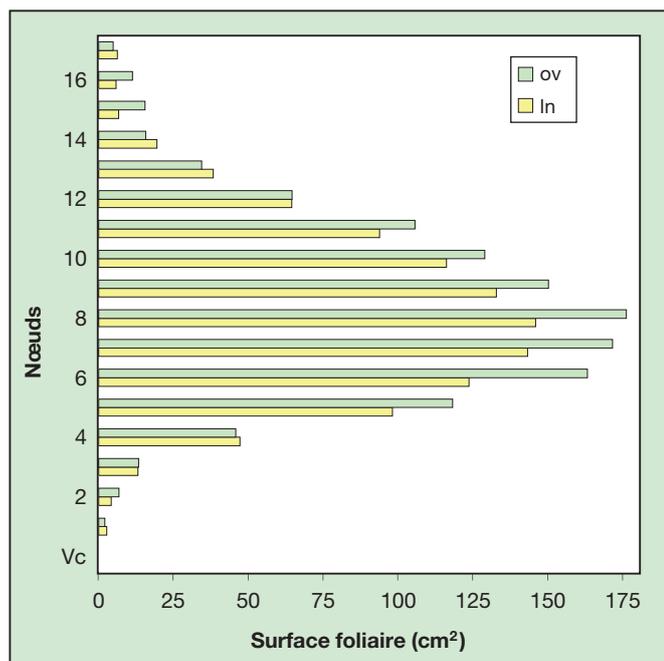


Fig. 5. Moyenne de la surface foliaire par nœud en cm<sup>2</sup> pour le site de Changins, en 2007.

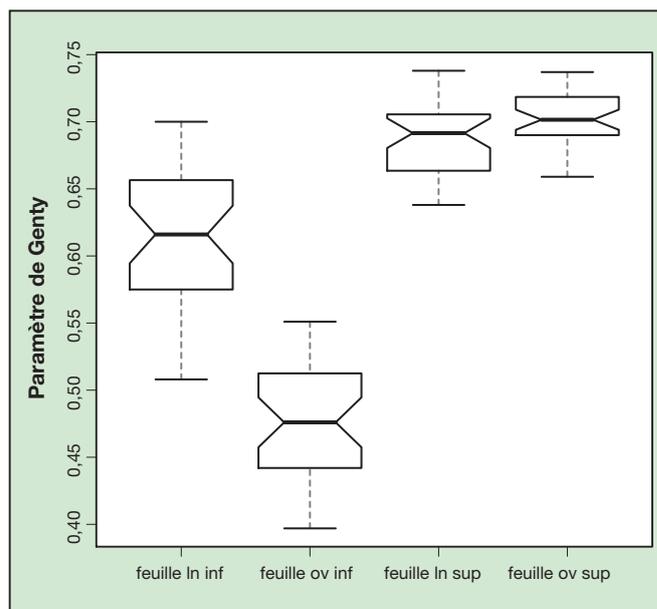


Fig. 6. Activité photosynthétique, exprimée par le «Paramètre de Genty», en fonction de la position des feuilles sur la tige de la paire isogénique n° 7. Le niveau d'ouverture des «encoches» indique si le traitement est significativement différent des autres.

6 °C) chez les isolignées *ln*, ce qui correspond à environ deux jours de culture en fin de saison. Sur les deux années d'expérimentation, le gain de précocité moyen a été de 1,5 jour pour les types lancéolés.

Le taux de protéines s'est différencié significativement selon le type de feuille. En moyenne des lieux, le taux de protéines des lignées ovales dépasse de 0,8% celui des *ln*.

## Discussion

### Développement juvénile

Un PMG élevé influence positivement le développement juvénile des plantes. A l'émergence, la différence de matière sèche observée est essentiellement due aux cotylédons, et donc à la taille du grain. Du stade de la 1<sup>re</sup> unifoliée (VC) à la 3<sup>e</sup> feuille trifoliée (V4), la biomasse (vigueur) des sojas à feuilles ovales est significativement plus élevée. Avec l'apparition des feuilles trifoliées, le facteur surface foliaire prend de l'importance et explique ainsi en grande partie les différences observées, à savoir une matière sèche de plus en plus élevée chez le type *ov* (fig. 4). Certains auteurs observent des rendements supérieurs avec des plantes issues de semence à PMG élevé. Schori (1994) a mis en évidence des différences de croissance entre petits et gros grains jusqu'au stade début floraison (R1). Agronomiquement, un développement juvénile vigoureux assure une densité optimale de la culture et une bonne compétition contre les adventices.

### Surface foliaire

L'introduction du gène *ln* permet de réduire significativement la surface foliaire, et ceci indépendamment du lieu ou de l'environnement génétique (tabl.1).

En revanche, les estimations du LAI effectuées avec le LAI2000 Canopy Analyser révèlent quelques interactions entre le type de feuille et la paire isogénique, probablement liées au stade précoce de la culture où se prennent les mesures (Hicks *et al.*, 1969). A cet instant, la différence de surface entre les deux morphologies foliaires est encore peu prononcée, du fait que les grandes feuilles du centre de la tige ne sont pas encore complètement déployées (fig. 5).

### Activité photosynthétique

L'âge des feuilles basales, et donc leur état physiologique, pourrait expliquer leur faible activité photosynthétique. Prélevées au stade reproducteur R4, le processus de sénescence de ces feuilles est déjà avancé par rapport aux jeunes feuilles déployées en périphérie du couvert végétal. Le «Paramètre de Genty» élevé observé pour les feuilles inférieures du type lancéolé peut s'expliquer par un ralentissement du vieillissement du feuillage, en réponse à l'augmentation de la pénétration de la lumière dans le couvert végétal, prolongeant l'activité photosynthétique des anciennes feuilles. Sung et Chen (1989) ont observé une réduction de la chlorophylle dans les feuilles sénescences. Certains auteurs contestent toutefois cette diminution de la capacité photosynthétique: Nooden *et al.* (1994) ont démontré que de faibles intensités

lumineuses ralentissent la sénescence des feuilles d'*Arabidopsis thaliana*, tandis que Hopkinson (1966) rapporte qu'un ombrage accélère le vieillissement des feuilles de *Cucumis sativus*. Ces expériences réalisées en laboratoire, parfois contradictoires, mettent en lumière différents processus. Elles ne peuvent toutefois être extrapolées à une expérience en plein champ. A ce stade, l'explication la plus convaincante à nos yeux est que la pénétration améliorée de la lumière chez le type lancéolé ralentit la sénescence des feuilles inférieures et contribue à prolonger l'efficacité de l'appareil photosynthétique de la plante (fig. 6).



### Rendement

En considérant les données de la littérature (Hicks *et al.*, 1969; Mandl et Buss, 1981; Wells *et al.*, 1994; Dinkins *et al.*, 2002) et les résultats de nos précédentes expérimentations, la différence de rendement observée en 2007 en faveur du type lancéolé est étonnante (tabl. 3). Elle peut probablement s'expliquer par les conditions climatiques exceptionnelles de l'été 2007. Les températures fraîches durant la floraison ont provoqué un intense stress de froid chez les cultures de soja. Le profil fructifère a montré une dépression très claire à partir du 8<sup>e</sup> nœud. La plante, stressée lors de l'établissement du nombre de grains, a compensé par un meilleur remplissage des grains. Le rendement inférieur obtenu par le type *ov* semble résulter d'une abscission plus ou moins équivalente pour les deux



Fig. 7. Lignée à feuillage lancéolé. La pénétration de la lumière est améliorée dans le couvert végétal grâce à la surface réduite des feuilles.



types, mais avec des grains plus lourds chez *ov*. Si tel est bien le cas, la fertilité élevée par gousse des génotypes lancéolés pourrait constituer un facteur important de stabilité du rendement en conditions fraîches. En conditions climatiques «normales», la réduction de

la surface foliaire de 15 à 20% chez le type lancéolé n'a pas d'impact direct sur le rendement.

## Autres caractères agronomiques et qualitatifs

La verse à maturité était plus élevée chez le type ovale. Les entre-nœuds de taille réduite et la masse foliaire plus faible améliorent la stabilité du couvert végétal du type lancéolé. Bien qu'observée sur la majorité des isolignées, cette faible différence n'a pas de grandes implications pratiques, comme l'ont relevé Mandl et Buss (1981).

La maturation du type lancéolé est légèrement plus précoce. D'autres auteurs ont déjà constaté des différences de précocité similaires (1,3-1,7 jour) entre *ln* et *ov* (Mandl et Buss, 1981). De manière générale, l'intensité de la verse, par son action négative sur la défoliation, retarde la maturation des plantes. Indirectement, la différence de précocité enregistrée entre les deux types foliaires peut donc être attribuée au meilleur comportement des lignées lancéolées vis-à-vis de la verse.

Aucune étude précédente n'a, à notre connaissance, étudié le taux de protéines. Toutes les paires à l'exception de la n° 5 ont présenté une différence minimale (0,8%) en faveur des lignées ovales, en moyenne des lieux. Cette différence n'est pas due à un effet de dilution, les rendements de 2006 étant similaires entre les deux types.

## Remerciements

Nous adressons nos remerciements à Monique Schwartz-Seale pour la relecture critique du manuscrit, à Mauro Jermini pour la traduction du résumé en italien ainsi qu'à l'équipe technique Amélioration des Plantes pour son soutien dans cette expérimentation.

## Bibliographie

Dinkins R. D., Keim K. R., Farno L. & Edwards L. H., 2002. Expression of the narrow leaflet gene for yield and agronomic traits in soybean. *Journal of Heredity* **93**, 351-356.

## Conclusions et perspectives

- ❑ L'utilisation du gène *ln* a réduit significativement la surface foliaire du soja des croisements étudiés, sans affecter le rendement en grains.
- ❑ La réduction de la surface foliaire du type lancéolé s'accompagne d'une meilleure pénétration de la lumière, qui permet aux anciennes feuilles de prolonger leur activité photosynthétique (fig. 7).
- ❑ La fertilité élevée par gousse des sojas lancéolés pourrait assurer une meilleure stabilité du rendement lors de conditions fraîches à la floraison.
- ❑ La réduction de la taille des entre-nœuds et la diminution de la masse végétale peuvent expliquer la meilleure tolérance à la verse et la maturité plus précoce des variétés lancéolées.
- ❑ Les variétés à feuilles ovales sont mieux adaptées à l'alimentation humaine en raison de leur poids de mille grains élevé.
- ❑ En culture biologique, la densité foliaire plus faible et le développement végétatif initial plus lent du type lancéolé pourraient diminuer l'effet de compétition envers les adventices.

L'utilisation de génotypes lancéolés est l'une des voies permettant de mieux adapter le soja à nos conditions marginales de croissance. Cependant, la forte variabilité génétique disponible sur chaque type pour la surface foliaire doit naturellement toujours être exploitée.

L'augmentation de la densité de semis pour les variétés lancéolées doit faire l'objet d'une étude complémentaire.

## Summary

### Agronomic interest of lanceolate leaf in soybean

Adaptation of soybean to Swiss climatic conditions cannot be achieved without a significant reduction of leaf area. This aim can be reached by breeding lines with small leaflets, and also by hybridization using genotypes with lanceolate foliage. In general, the *ln* allele coding for narrow leaves has no effect on yield while reducing the leaf surface. In this study, nine pairs of near isogenic lines lanceolate/ovate (*ln/ov*) were tested in the field. Two of these pairs were analyzed at their juvenile development. At this stage, the oval type plantlets are more vigorous than lanceolate ones. The type *ln* shows a reduction in leaf area, a better light penetration into the canopy, a more efficient photosynthesis of lower leaves and improved yield stability. The *ln* allele contributes positively to the adaptation of soybean to the climate of Switzerland.

**Key words:** *Glycine max* (L.) Merrill, soybean, narrow leaflet, broad leaflet, isolines, juvenile development.

Hicks D. R., Pendleton J. W., Bernard R. L. & Johnston T. J., 1969. Response of soybean plant types to planting patterns. *Agronomy Journal* **61**, 290-293.

Hopkinson J. M., 1966. Studies on the expansion of the leaf surface: VI. Senescence and the usefulness of old leaves. *Journal of Experimental Botany* **17** (4), 762-770.

Malone S., Herbert D. A. & Holshouser D. L., 2002. Evaluation of the LAI-2000 plant canopy analyzer to estimate leaf area in manually defoliated soybean. *Agronomy Journal* **94**, 1012-1019.

Mandl F. A. & Buss G. R., 1981. Comparison of narrow and broad leaflet isolines of soybean. *Crop Science* **21**, 25-27.

Nooden L. D., Hillsberg J. W. & Schneider M. J., 1996. Induction of leaf senescence in *Arabidopsis thaliana* by long days through a light-dosage effect. *Physiologia Plantarum* **96** (3), 491-495.

Oxborough K. & Baker N. R., 1997. Resolving chlorophyll a fluorescence images of photosynthetic efficiency into photochemical and

non-photochemical components – calculation of  $qP$  and  $Fv'/Fm'$  without measuring  $Fo'$ . *Photosynthesis research* **54**, 135-142.

Palmer R. G. & Kilen T. C., 1987. Qualitative genetics and cytogenetics. In Soybeans: improvement, production, and uses. *American Society of Agronomy* **16**, 135-209.

Sakamoto C. M. & Shaw R. H., 1967. Light distribution in field soybean canopies. *Agronomy Journal* **59**, 7-9.

Schori A., 1994. Contribution à l'amélioration génétique du soja [*Glycine max* (L.) Merr.] pour la tolérance au froid en phase reproductive. Thèse EPFZ n° 10729. ETHZ, 106 p.

Schori A., Charles R. & Peter D., 2003. Soja: sélection, agronomie et production en Suisse. *Revue suisse Agric.* **35** (2), 69-76.

Sung F. J. M. & Cheng J. J., 1989. Changes in photosynthesis and other chloroplast traits in lanceolate leaflet isolate of soybean. *Plant Physiology* **90**, 773-777.

Wells R., Buren J. W. & Kilen T. C., 1993. Soybean growth and light interception: response to differing leaf and stem morphology. *Crop Science* **33**, 520-524.

## Zusammenfassung

### Landwirtschaftliche Bedeutung lanzettförmiger Blätter bei Soja

Die Anpassung der Soja an unsere klimatischen Bedingungen kann nicht gelingen, ohne dass die Blattfläche bedeutend reduziert wird. Dieses Ziel wird erreicht durch die Selektion von Pflanzen mit kleinen Blättern und durch Kreuzungen mit Genotypen, die lanzettförmige Blattformen zeigen. Im Allgemeinen bleibt die Einkreuzung des *ln* Allels, das die lanzettförmige Blätter exprimiert, ohne Einfluss auf den Ertrag, verkleinert hingegen die Blattfläche. In dieser Studie wurden neun lanzettförmige/ ovale Isolinienpaare (*ln/ov*) auf dem Feld verglichen. Zwei davon wurden ausserdem auf ihre Jugendentwicklung untersucht. Der ovale Blattform zeigte eine kräftigere Jugendentwicklung. Beim lanzettförmigen Blattform liessen sich eine Reduktion der Blattfläche, eine bessere Lichtdurchlässigkeit des Bestandes, eine höhere photosynthetische Aktivität tieferer Blätter sowie eine bessere Ertragsstabilität beobachten. Das *ln*-Allel trägt folglich positiv zur Anpassung der Soja an das schweizerische Klima bei.

## Riassunto

### Interesse agronomico della foglia lanceolata nella soia

L'adattamento della soia alle nostre condizioni climatiche è possibile solo con un'importante riduzione della superficie fogliare. Questo obiettivo è raggiunto attraverso la selezione di linee genetiche a piccole foglie e, congiuntamente, tramite ibridazione con genotipi a foglia lanceolata. In generale, l'utilizzo di alleli *ln* codificanti la foglia lanceolata diminuisce la superficie fogliare senza influire sulla resa. In questo studio, nove coppie di linee isogenetiche lanceolate/ovalate (*ln/ov*) sono state sperimentate in campo. Due di queste coppie sono state analizzate per il loro sviluppo allo stadio giovanile. Il tipo ovale presenta uno sviluppo giovanile più vigoroso del tipo lanceolato. Per il tipo *ln*, sono state osservate una riduzione della superficie fogliare, una migliore penetrazione della luce nella massa fogliare, una fotosintesi più attiva delle foglie inferiori, così come una migliore stabilità della resa. L'allele *ln* contribuisce quindi positivamente all'adattamento della soia al clima svizzero.

## Actualités

### Nouvelle installation de mesure des eaux d'infiltration

La plus grande installation de mesure des eaux d'infiltration – et aussi la plus moderne d'Europe – est entrée en service le 12 mars 2009 à Zurich-Reckenholz. Elle entend montrer comment l'agriculture peut protéger la nappe phréatique et réduire les coûts d'approvisionnement en eau de la société.



Une grue met en place une carotte de trois tonnes dans l'installation de mesure des eaux d'infiltration.

Dans certaines régions de Suisse, les eaux souterraines sont si propres qu'elles peuvent être injectées directement dans le réseau d'alimentation, sans traitement. Cela correspond à une économie annuelle de 80 millions de francs pour les services de distribution d'eau potable. Mais ce capital est en

danger, car des engrais peuvent venir polluer les eaux souterraines et les rendre impropres à la consommation directe.

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART a choisi de développer ses recherches sur les processus azotés dans les sols agricoles. Le fleuron de ces investigations

est la création d'une installation de mesure des eaux d'infiltration, la plus grande et la plus moderne de ce type en Europe. Inaugurée le 12 mars 2009, cette installation permet de relever les quantités d'éléments fertilisants lessivés en profondeur et de déterminer les modes d'exploitation agricole qui favorisent ou freinent particulièrement ce processus. C'est un sujet important pour l'agriculture, qui doit respecter les exigences légales en matière de nitrates.

### Acquérir des connaissances scientifiques

L'agriculture biologique et la production intégrée permettent-elles une meilleure protection des eaux? Il n'existe pas encore de réponse scientifique à cette question, selon Volker Prasuhn, responsable du groupe de recherche Protection des eaux. «Beaucoup d'informations sont basées sur des hypothèses. Nous ne savons pas vraiment si telle ou telle méthode de culture est meilleure pour les eaux souterraines», déclare-t-il. C'est l'une des nombreuses problématiques actuelles en relation avec la lixiviation des nitrates, qui pourra désormais être étudiée de manière approfondie.

Lors de l'inauguration de la nouvelle installation de mesure, Paul Steffen, directeur d'Agroscope ART, a souligné que ces recherches permettaient de jeter un pont entre la production de denrées alimentaires optimale et la protection des eaux: «Nous voulons produire des denrées alimentaires saines en quantités suffisantes tout en protégeant nos ressources en eau», a-t-il déclaré.



Installation achevée vue de l'extérieur. En surface, les lysimètres sont exposés aux conditions météorologiques. Les chercheurs y mettront en place des cultures et appliqueront différentes méthodes culturales.



Installation vue de dessous. Les lysimètres sont placés sur des socles en béton. L'eau d'infiltration est recueillie dans un bidon et ses teneurs en nitrates et en autres éléments fertilisants sont analysées.

Période de construction	4/08 à 2/09
Nombre de lysimètres	72
Nombre de lysimètres placés sur une balance	12
Nombre de lysimètres sans balance	60
Poids du lysimètre	Env. 3,2 tonnes (précision de pesée 10g)
Diamètre du lysimètre	1,14 mètre
Nombre de types de sol différents	3
Nombre des formes d'exploitation testées	16 procédés, répétés trois fois, parfois sur trois types de sol différents
Nombre de sondes de mesure par lysimètre pesé	32 (384 sondes au total)

La propreté des eaux souterraines coûte cher. Environ 100 millions de francs sont dépensés annuellement pour traiter les eaux souterraines contaminées. D'importantes économies peuvent donc être réalisées. Ce potentiel n'a pas encore été exploité jusqu'à aujourd'hui, par manque de connaissances. Les questions qui touchent la quantité et la qualité de l'eau potable vont devenir de

plus en plus importantes en Suisse, également en raison du changement climatique, et l'agriculture a une large part de responsabilité dans ce contexte.

### Technique de l'installation

L'installation se compose de 72 pots de fleurs géants, appelés lysimètres. Ce sont des cylindres en acier de 1 m<sup>2</sup> et de

1,5 m de haut. Ils contiennent environ trois tonnes de sol avec végétation naturelle prélevées dans trois différentes surfaces assolées en Suisse. La surface de la carotte est exposée aux conditions météorologiques. Les chercheurs y plantent du blé, du maïs et de l'herbe en utilisant différentes méthodes culturales, comme sur une véritable parcelle.

Des sondes placées à différentes profondeurs de la carotte de terre (monolithe) mesurent la température, la teneur en eau et le flux des éléments fertilisants. Au fond du lysimètre se trouve un trou par lequel l'eau d'infiltration peut s'écouler dans un bidon. La quantité est mesurée et les données sont directement transmises à un ordinateur central. Un échantillon d'eau est automatiquement prélevé pour être analysé.

#### Contact/Renseignements:

Volker Prasuhn, responsable du groupe de recherche Protection des eaux  
Station de recherche Agroscope  
Reckenholz-Tänikon ART  
volker.prasuhn@art.admin.ch,  
tél. 044 377 71 45

## Doseur d'humidité foin + paille



### Dickey-John

permet de prendre la bonne décision.

- En balle ronde, vrac ou andain, l'humidité est prise de manière simple et précise.
- Divers équipements rangés dans une mallette de protection.

**AgriTechno** L'agriculture de précision

Case postale 24 – CH-1066 Epalinges  
Tél. 021 784 19 60 – Fax 021 784 36 35  
E-mail: agritechno-lambert@bluewin.ch

# Voilà...

Vous avez lu ce petit mot, c'est bien la preuve que la publicité est remarquée dans notre revue, même sur un petit format!

Renseignements: **PRAGMATIC SA**

Avenue Saint-Paul 9 – CH-1223 COLOGNY  
Tél. 022 736 68 06 – Fax 022 786 04 23