



Agence canadienne
d'inspection des aliments

Canadian Food
Inspection Agency

Document de biologie

BIO1996-10

La biologie du *Glycine max* (L.) Merr. (soja)

**Cahier parallèle à la Directive 94-08, *Critères d'évaluation du risque environnemental
associé aux végétaux à caractères nouveaux***

(also published in English)

octobre 1996

Document publié par le Bureau de la biosécurité végétale. Pour de plus amples renseignements, communiquer avec le :

Bureau de la biosécurité végétale
Direction des produits végétaux
Agence canadienne d'inspection des aliments
59, promenade Camelot
Ottawa, Ontario K1A 0Y9
Téléphone : (613) 225-2342
Télécopieur : (613) 228-6140

Canada

Table des matières

Partie A - Généralités	3
A1. Contexte	3
A2. Portée	3
Partie B - Biologie du <i>G. max</i>	4
B1. Description générale, utilisation agricole et origine de l'espèce	4
B2. Aperçu des pratiques culturales utilisées pour le <i>G. max</i>	5
B3. Biologie de la reproduction du <i>G. max</i>	5
B4. Centres d'origine de l'espèce	7
B5. Le <i>G. max</i> cultivé, comme mauvaise herbe spontanée	7
B6. Résumé de l'écologie du <i>G. max</i>	7
Partie C - Espèces voisines du <i>G. max</i>	7
C1. Hybridation interspécifique et intergénérique	7
C2. Risque d'introgession génétique du <i>G. max</i> vers les espèces voisines	8
Partie D - Exemples d'interactions possibles entre le <i>G. max</i> et d'autres organismes durant son cycle vital	9
Tableau 1. Exemples d'interactions possibles du <i>G. max</i> avec d'autres organismes durant son cycle vital.	9
Partie E - Remerciements	10
Part F - Bibliographie	12

Partie A - Généralités

A1. Contexte

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) réglemente depuis 1988 les essais au champ, au Canada, des végétaux à caractères nouveaux (VCN) utilisés en agriculture et en horticulture. Le VCN est une variété ou un génotype de végétal qui possède des caractéristiques ni familières, ni essentiellement équivalentes à celles présentes dans une population distincte et stable d'une espèce cultivée, et qui ont été volontairement sélectionnées, créées ou introduites dans une population de cette espèce par une modification génétique particulière. La « familiarité » d'une espèce végétale équivaut à la connaissance de ses caractéristiques et à l'expérience de son utilisation au Canada. L'« équivalence essentielle » est l'équivalence d'un caractère nouveau d'une espèce végétale donnée, quant à son utilisation, à sa sûreté et à son effet sur l'environnement et la santé humaine, par rapport aux caractères de cette même espèce déjà utilisée et généralement jugée sûre au Canada, selon un raisonnement scientifique valide.

Le VCN peut être issu de la technologie de l'ADN recombinant ou d'une méthode classique de sélection. Il doit être soumis à des essais au champ réglementés, si ses caractères nouveaux risquent de soulever des préoccupations. Il arrive en effet que ces caractères, leur utilisation ou leur présence dans certaines espèces végétales soient jugés : (1) peu familiers par rapport aux produits déjà sur le marché; (2) essentiellement différents des caractères présents chez des types végétaux semblables familiers, déjà utilisés et considérés comme sûrs.

Avant que la dissémination générale d'un VCN soit autorisée, une évaluation du risque environnemental doit être effectuée. La directive 94-08 (Dir94-08), intitulée « Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux », définit les critères et les renseignements sur lesquels doit être fondée cette évaluation, pour que la sécurité de l'environnement soit garantie même si la dissémination se fait en milieu ouvert.

A2. Portée

Le présent document est un cahier parallèle à la Dir94-08. Il fournit des renseignements de base sur la biologie du *Glycine max* (L.) Merr., sur ses centres d'origine, sur les espèces voisines et sur le risque d'introgression génétique du *G. max* vers ces espèces. Il présente enfin des précisions sur les organismes avec lesquels le *G. max* a des interactions.

Le présent cahier, spécifique à l'espèce, servira de guide pour l'obtention de certains renseignements exigés dans la Dir94-08. Il permettra notamment de déterminer si les nouveaux produits géniques du VCN induisent chez celui-ci des interactions différentes ou modifiées avec d'autres espèces. Ces modifications pourraient faire du VCN une mauvaise herbe agricole, ou une plante envahissant les milieux naturels ou nuisant de quelque autre façon à l'environnement.

Les conclusions tirées dans le présent document au sujet de la biologie du *G. max* ne visent que

les végétaux non modifiés appartenant à cette espèce. En effet, si la plante est modifiée, les nouveaux caractères peuvent amener de nouvelles caractéristiques biologiques qui risquent d'avoir un impact sur l'environnement en cas de dissémination en milieu ouvert.

Partie B - Biologie du *G. max*

B1. Description générale, utilisation agricole et origine de l'espèce

Le *G. max* (L.) Merr., ou soja cultivé, appartient à la famille des Légumineuses, à la sous-famille des *Papilionacées*, à la tribu des *Phaséolées*, au genre *Glycine* Willd. et au sous-genre *Soja* (Moench). Il s'agit d'une espèce tétraploïde diploïdisée ($2n=40$). La plante est annuelle, herbacée, dressée, et peut atteindre une hauteur de 1,5 m. Il existe des cultivars de soja à croissance indéterminée, à croissance déterminée et à croissance semi-déterminée (Bernard et Weiss, 1973). Chez les génotypes à croissance déterminée, l'activité végétative des bourgeons apicaux cesse dès que ceux-ci se transforment en inflorescence terminale ou axillaire; ces variétés se cultivent principalement dans le sud des États-Unis (groupes de précocité V à X, voir B2.0). Chez les génotypes à croissance indéterminée, l'activité végétative se poursuit pendant la floraison; ces variétés se cultivent principalement dans les régions centrales et septentrionales de l'Amérique du Nord (groupes de précocité 000 à IV). Enfin, chez les génotypes à croissance semi-déterminée, la croissance est essentiellement indéterminée, mais l'activité végétative cesse brusquement après la floraison (R. Johnson, 1973). Aucune variété de soja ne résiste au gel ni ne survit aux conditions hivernales du Canada (Johnson, 1987).

Les premières feuilles sont simples, opposées et ovées, tandis que les suivantes sont trifoliolées et alternes; la plante possède en outre parfois des feuilles présentant plus de trois folioles. Le système racinaire, à nodosités, est formé d'une racine pivotante où prend naissance un système de racines latérales. Chez la plupart des cultivars, la plante est couverte de fins trichomes, mais il existe aussi des variétés glabres. La fleur, de type papilionacé, possède un calice tubulaire de cinq sépales, une corolle de cinq pétales (l'étendard, les ailes et les deux pétales formant la carène), un carpelle unique ainsi que dix étamines, dont neuf sont soudées et une dixième, la postérieure, est libre. Les étamines forment d'abord un anneau à la base du stigmate, puis s'allongent un jour avant la pollinisation et forment alors un anneau autour du stigmate. La gousse est droite ou légèrement courbée, d'une longueur de deux à sept centimètres; elle est formée par les deux moitiés du carpelle, soudées le long de leurs bords dorsal et ventral. La graine est généralement ovale, mais peut varier, selon les cultivars, de presque sphérique à allongée et aplatie.

Le soja est cultivé principalement pour sa graine, qui a plusieurs usages dans les secteurs alimentaire et industriel. Il constitue une des principales sources d'huile végétale comestible et de protéines destinées à l'alimentation animale. Au Canada, dans le secteur alimentaire, on utilise principalement l'huile purifiée, pour la fabrication de margarines et de shortenings et comme huile de cuisson ou huile à salade. Le soja entre également dans la composition d'une variété de produits alimentaires, comme le tofu, la sauce soja, les succédanés du lait et de la viande. Le tourteau de soja sert de supplément alimentaire pour le bétail. Dans le secteur industriel, les

usages du soja sont divers, allant de la production de levures et d'anticorps à la fabrication de savons et de désinfectants.

Les principaux pays producteurs de soja sont les États-Unis, la Chine, la Corée du Nord, la Corée du Sud, l'Argentine et le Brésil. En 1995, 90 % du soja produit au Canada était cultivé en Ontario. De 1945 à 1995, la superficie utilisée au Canada pour la culture du soja est passée de 18 000 à environ 820 000 hectares (Conseil canadien des semences, 1995).

Le soja est souvent considéré comme une des plus anciennes plantes cultivées. Il est originaire du nord et du centre de la Chine (Hymowitz, 1970). La première mention de la plante provient d'une série de livres décrivant les plantes de Chine, le *Pen Ts'ao Kong Mu*, écrit par l'empereur Sheng Nung en 2838 av. J.-C. Certains indices historiques et géographiques permettent de supposer que la plante a été mise en culture pour la première fois dans la moitié est de la Chine, entre les xvii^e et xie siècles av. J.-C. (Hymowitz, 1970). Le soja a été introduit en 1765 aux États-Unis (Hymowitz et Harlan, 1983) et en 1893 au Canada, où il a d'abord été cultivé en Ontario, comme fourrage.

B2. Aperçu des pratiques culturales utilisées pour le *G. max*

Le soja est une plante nyctipériodique «préférante», c'est-à-dire qu'il fleurit plus vite dans les conditions de jour court (Garner et Allard, 1920 et 1923). Le photopériodisme et la réaction à la température sont des éléments importants quand il s'agit d'établir les zones d'adaptation des cultivars. Ces zones sont des bandes est-ouest déterminées par la latitude et la longueur des jours. On distingue ainsi trente groupes de précocité, de 000 (à une latitude de 45° N) à X (à l'équateur). À l'intérieur de chaque groupe de précocité, les cultivars peuvent être hâtifs, intermédiaires ou tardifs.

La graine germe quand la température du sol atteint 10°C, et la levée a lieu 5 à 7 jours plus tard si les conditions sont favorables. Dans une nouvelle zone de production, il faut parfois inoculer le sol de *Bradyrhizobium japonicum*, afin d'assurer l'efficacité maximale du système racinaire à nodosités. Le soja ne vient pas bien dans les sols acides, qui peuvent nécessiter un amendement calcaire. Le soja est souvent cultivé en rotation avec des plantes comme le maïs, le blé d'hiver, les céréales de printemps et les haricots secs.

B3. Biologie de la reproduction du *G. max*

Le stigmate commence à être réceptif environ 24 heures avant l'anthèse et le demeure pendant 48 heures après l'anthèse (Kuehl, 1961). Les anthères mûrissent dans le bourgeon et pollinisent directement le stigmate de leur propre fleur. Le taux d'autogamie est donc élevé, et la pollinisation croisée se produit dans moins de 1 % des cas (Caviness, 1966).

Le même plant de soja peut produire jusqu'à 400 gousses, à raison de deux à vingt par noeud. Chaque gousse renferme une à cinq graines. Ni la gousse, ni les graines, ne possèdent de

caractères morphologiques favorisant leur transport par les animaux.

On ne signale pour le Canada aucun cas de multiplication végétative sur le terrain.

B4. Centres d'origine de l'espèce

Le *G. max* appartient au sous-genre Soja, qui comprend également le *G. soja* et le *G. gracilis*. Le *G. soja* est un soja sauvage poussant dans les champs, les haies, les bords de route et les rives de cours d'eau, dans de nombreux pays d'Asie. Le *G. gracilis* est considéré comme une forme de *G. soja* semi-sauvage ou se comportant en mauvaise herbe. Il possède certains caractères phénotypiques intermédiaires entre ceux du *G. max* et du *G. soja*. Le *G. gracilis* constitue peut-être une étape de la différenciation du *G. max* à partir du *G. soja* (Fekuda, 1933). Il pourrait aussi être le résultat d'une hybridation entre ces deux espèces (Hymowitz, 1970).

B5. Le *G. max* cultivé, comme mauvaise herbe spontanée

La graine de soja ne présente de capacité de dormance que rarement et ne repousse spontanément l'année suivante que dans des conditions environnementales particulières. En pareil cas, les plantes spontanées exercent peu de compétition sur la culture suivante et sont faciles à éliminer par des moyens mécaniques ou chimiques. Au Canada, le soja n'a aucunement tendance à devenir une mauvaise herbe et n'envahit pas les milieux naturels. Il ne pousse pas dans les habitats non aménagés.

B6. Résumé de l'écologie du *G. max*

Au Canada, le *G. max* n'est présent qu'à l'état de culture. Dans les écosystèmes aménagés, il n'exerce pas de compétition efficace sur les plantes cultivées ni sur les plantes pionnières.

Le *G. max* n'est pas considéré comme une mauvaise herbe nuisible dans l'Arrêté sur les graines de mauvaises herbes de 1986. On ne le mentionne pas comme plante nuisible ou mauvaise herbe des écosystèmes aménagés du Canada, ni comme plante envahissant les écosystèmes naturels. En résumé, rien n'indique que le *G. max* se comporte au Canada comme une mauvaise herbe ou comme une plante nuisible.

Partie C - Espèces voisines du *G. max*

C1. Hybridation interspécifique et intergénérique

En examinant l'impact environnemental que pourrait avoir la dissémination en milieu ouvert du *G. max* génétiquement modifié, il est important de comprendre le risque d'hybridation interspécifique ou même intergénérique entre cette espèce et les espèces voisines. La production d'hybrides peut entraîner l'introgression de caractères nouveaux chez ces espèces et ainsi avoir les répercussions suivantes :

- ▶ l'espèce voisine peut se comporter encore plus comme une mauvaise herbe;
- ▶ un caractère nouveau, risquant de perturber l'écosystème, peut être introduit chez l'espèce voisine.

La présente section pourra faire l'objet de mises à jour à mesure que de nouvelles données seront disponibles. Selon la teneur des renseignements de base du présent document, le demandeur devra évaluer le risque environnemental associé à un éventuel flux génique.

Pour qu'un caractère s'intègre au génome d'une espèce, il faut que les hybrides intermédiaires soient rétrocroisés à des plantes de l'espèce et que la descendance de ces croisements soit viable et fertile.

Le sous-genre Soja, auquel appartient le *G. max*, comprend également le *G. soja* Sieb. & Zucc. ($2n=40$) et le *G. gracilis* Skvortz. ($2n=40$), espèces asiatiques respectivement sauvage et semi-sauvage voisines du soja cultivé. Le *G. soja* est une annuelle grimpante à feuilles petites, étroites et trifoliolées, à fleurs violettes et à graines petites, rondes et brun-noir. Il pousse à l'état sauvage en Corée, à Taïwan, au Japon, dans la vallée du Yang-tsê kiang, dans le nord-est de la Chine et dans des secteurs frontaliers de l'ex-Union soviétique. Le *G. gracilis*, de forme intermédiaire entre celles du *G. soja* et du *G. max*, a été observé dans le nord-est de la Chine (Skvortzow, 1927). Il a été facile d'obtenir des hybrides fertiles entre le *G. max* et le *G. soja* (Ahmad et al., 1977; Hadley et Hymowitz, 1973; Broich, 1978) ainsi qu'entre le *G. max* et le *G. gracilis* (Karasawa, 1948 et 1952).

Le genre *Glycine* comprend en outre le sous-genre *Glycine*, qui comprend douze espèces sauvages vivaces, dont le *G. clandestina* Wendl., le *G. falcata* Benth., le *G. latifolia* Benth., le *G. latrobeana* (Meissn.) Benth., le *G. canescens* F.J. Herm., le *G. tabacina* (Labill.) Benth. et le *G. tomentella* Hayata. Ces espèces sont indigènes de l'Australie, des îles du Pacifique Sud, de la Chine, de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, des Philippines et de Taïwan (Hymowitz et Newell, 1981; Hermann, 1962; Newell et Hymowitz, 1978; Grant et al., 1984b; Tindale, 1984 et 1986). Les hybrides entre les espèces vivaces diploïdes de *Glycine* présentent une méiose normale et sont fertiles.

Les premières tentatives de croisement entre espèces annuelle (sous-genre Soja) et vivace (sous-genre *Glycine*) n'ont pas réussi : les gousses commençaient à se former, mais finissaient par avorter et tomber (Palmer, 1965; Hood et Allen, 1980; Ladizinsky et al., 1979). Par la suite, on a réussi à obtenir de tels hybrides in vitro : entre le *G. max* et le *G. clandestina* et entre le *G. max* et le *G. tomentella*, par culture d'embryon (Singh et Hymowitz, 1985; Singh et al., 1987); entre le *G. max* et le *G. canescens*, en utilisant de l'albumen transplanté comme assise nourricière (Broué et al., 1982). Dans tous les cas, le produit de ces croisements intersubgénériques était très difficile à obtenir, et stérile.

C2. Risque d'introgression génétique du *G. max* vers les espèces voisines

Le soja ne peut donc s'hybrider qu'avec les autres espèces du sous-genre Soja, et le risque d'un tel flux génétique est limité par l'isolement géographique. En effet, les espèces sauvages voisines du soja sont endémiques de la Chine, de la Corée, du Japon, de Taïwan et de l'ex-Union soviétique et n'existent pas à l'état indigène au Canada. De plus, ces espèces ne sont pas naturalisées en Amérique du Nord; bien qu'elles soient cultivées à l'occasion en parcelles expérimentales, on ne signale aucun cas où elles se seraient échappées de ces parcelles vers les milieux non aménagés. Il n'existe donc au Canada aucun risque de flux génétique à partir du soja cultivé vers des espèces voisines.

Partie D - Exemples d'interactions possibles entre le *G. max* et d'autres organismes durant son cycle vital

Les renseignements du tableau 1 visent à aider le demandeur à déterminer les impacts possibles de la dissémination du VCN sur les organismes non visés mais **ne devraient pas être considérés comme étant exhaustifs**. En cas d'impact important du VCN sur tout organisme visé ou non visé, il peut être nécessaire d'évaluer les effets secondaires de cet impact.

Tableau 1. Exemples d'interactions possibles du *G. max* avec d'autres organismes durant son cycle vital.

Organismes (Nom Commun)	Interaction avec le <i>G. max</i> (Pathogène; Symbiote ou organisme utile; Consommateur; Transfert de gènes)
<i>Septoria glycines</i> (Tache brune)	Pathogène
<i>Peronospora trifoliorum</i> var. <i>manshurica</i> (Mildiou)	Pathogène
<i>Phialophora gregata</i> ou <i>Acremonium strictum</i> (Pourriture brune de la tige)	Pathogène
<i>Phytophthora megasperma</i> (Mildiou du pied)	Pathogène
<i>Diaporthe phaseolorum</i> var. <i>caulivora</i> (Chancre de la tige)	Pathogène
<i>Rhizoctonia solani</i> (Rhizoctonie)	Pathogène

<i>Pythium</i> spp. (Pourriture pythienne)	Pathogène
<i>Fusarium</i> spp. (Flétrissement, brûlure et pourridié fusariens)	Pathogène
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> Pourridié sclérotique	Pathogène
<i>Diaporthe phaseolorum</i> var. <i>sojae</i> (Brûlure phomopsienne)	Pathogène
<i>Pseudomonas syringae</i> (Brûlure bactérienne)	Pathogène
Virus de la mosaïque du soja (SMV)	Pathogène
<i>Colletotrichum truncatum</i> (Anthracnose)	Pathogène
<i>Cercospora kikuchii</i> Graine pourpre	Pathogène
<i>Microsphaera diffusa</i> (Maladie du blanc)	Pathogène
<i>Meloidogyne</i> spp. (Nodosité des racines)	Pathogène
Acari: <i>Terranychidae</i> (Tétranyque)	Consommateur
<i>Heterodera glycines</i> (Nématode du kyste des racines)	Consommateur
Lépidoptères (Arpenteuse et «mouche blanche»)	Consommateur
Insectes du sol	Consommateur
Oiseaux	Consommateur
Brouteurs	Consommateur
Pollinisateurs	Symbiote ou organisme utile; Consommateur
Champignons mycorhiziens	Symbiote ou organisme utile
Microbes du sol	Symbiote ou organisme utile

Vers de terre	Symbiote ou organisme utile
Autres <i>G. max</i>	Transfert de gènes

Partie E - Remerciements

Ce document a été produit avec l'appui du Comité des oléagineux et protéagineux de l'Ontario.

Part F - Bibliographie

Anonyme 1995 Canadian Grains Industry Statistical Handbook. Cnd. Grains Council 257 pp.

Ahmad, Q. N., E. J. Britten and D. E. Byth 1977 Inversion bridges and meiotic behaviour in species hybrids of soybeans. *J. Hered.* 68: 360-364.

Bernard, R.L. and M.G. Weiss 1973 Qualitative Genetics. Soybeans, Production and Uses. B.E. Caldwell (ed.). Agronomy Series, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp. 117-154.

Broich, S.L. 1978 The systematic relationships within the genus *Glycine* Willd. subgenus *Soja* (Moench) F.J. Hermann. M.S. thesis. Iowa State University, Ames.

Broué, P., J. Douglass, J. P. Grace and D. R. Marshall 1982 Interspecific hybridisation of soybeans and perennial *Glycine* species indigenous to Australia via embryo culture. *Euphytica* 31: 715-724.

Caviness, C. E. 1966 Estimates of natural cross-pollination in Jackson soybeans in Arkansas. *Crop Sci.* 6: 211.

Fekuda, Y. 1933 Cytological studies on the wild and cultivated Manchurian soybeans (*Glycine* L.). *Jap. J. Bot.* 6: 489-506.

Garner, W. W. and H. A. Allard 1920 Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction of plants. *J. Agric. Res.* 18: 553-606.

Grant, J. E. 1984 Interspecific hybridization in *Glycine* Willd. Subgenus *Glycine* (Leguminosae), *Aust. J. Bot.* 32: 655-663.

Hadley, H.H. and T. Hymowitz 1973 Speciation and cytogenetics. Soybeans, Production and Uses. B.E. Caldwell (ed.). Agronomy Series, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp. 97-116.

Hermann, F. J. 1962 A revision of the genus *Glycine* and its immediate allies, USDA Tech. Bull. 1268: 1-79.

Hood, M.J. and F.L. Allen. 1980 Interspecific hybridization studies between cultivated soybean, *Glycine max* and a perennial wild relative, *G. falcata*. *Agron. Abst.* American Society of Agronomy, Madison, WI. pp.58.

Hymowitz, T. 1970 On the domestication of the soybean. *Econ. Bot.* 24: 408-421.

Hymowitz, T. and C. A. Newell 1981 Taxonomy of the genus *Glycine*, domestication and uses of soybeans. *Econ. Bot.* 37: 371-379.

Hymowitz, T. and J. R. Harlan 1983 Introduction of soybeans to North America by Samuel Bowen in 1765. *Econ. Bot.* 37: 371-379.

Karasawa, K. 1952 Crossing Experiments with *Glycine soja* and *G. gracilis*. *Genetica* 26:357-358.

Ladizinsky G., Newell C.A. and T. Hymowitz 1979 Wild Crosses in soybeans: prospects and limitations. *Euphytica* 28:421-423.

Newell, C. A. and T. Hymowitz 1978 A reappraisal of the subgenus *Glycine*. *Am. J. Bot.* 65: 168-179.

Palmer, R.G. 1965 Interspecific hybridization in the genus *Glycine*. M.S. thesis. University of Illinois, Urbana, IL.

Singh, R. J. and T. Hymowitz 1985 An intersubgeneric hybrid between *Glycine tomentella* Hayata and the soybean, *G. max.* (L.) Merr. *Euphytica* 34: 187- 192.

Singh, R. J., K. P. Kollipara and T. Hymowitz 1987 Intersubgeneric hybridization of soybeans with a wild perennial species, *Glycine clandestina* Wendl. *Theor. Appl. Genet.* 74: 391-396.

Skvortzow, B.V. 1927 The soybean- wild and cultivated in Eastern Asia. *Proc. Manchurian Res. Soc. Publ. Ser. A. Natural History. History Sect. No. 22:1-8.*

Tindale, M.D. 1984 Two eastern Australian species of *Glycine* Willd. (Fabaceae). *Brunonia* 7: 207-213.

Tindale, M.D. 1986 Taxonomic notes in three Australian and Norfolk island species of *Glycine* willd. (Fabacea: Phaseolae) including the choice of a neotype of *G. clandestine* Wendl. *Brunonia* 9: 179-191.

Upfold, R. A. and H. T. Olechowski 1988 Soybean Production. Publication 173. Ministry of Agriculture and Food.