

# vision CULTURES



## Considérations sur le taux de semis du soya

Mark Jeschke, Ph. D., responsable de l'agronomie

### RÉSUMÉ :

- Le rendement du soya est généralement moins sensible à la densité de population que celui d'autres cultures comme le maïs. Cependant, il importe de continuer d'établir une population adéquate pour maximiser le potentiel de rendement.
- Pour différentes raisons, les taux moyens de semis de soya aux États-Unis ont eu tendance à baisser ces dernières années. Les progrès réalisés dans le traitement des semences et l'amélioration de la technologie des planteurs en sont deux.
- Une analyse de plus de 200 études portant sur le taux de semis du soya aux États-Unis et au Canada a montré que les taux de semis optimaux étaient plus élevés dans des environnements plus nordiques et moins productifs.
- Les taux de semis de soya doivent être suffisamment élevés pour assurer un certain degré de protection contre des conditions moins qu'idéales à la levée. Ces dernières peuvent réduire l'établissement de la population.
- Dans le soya, un couvert végétal dense peut contribuer à éliminer les mauvaises herbes. Un avantage d'autant plus important compte tenu de la présence de plus en plus fréquente de mauvaises herbes résistantes.
- Plusieurs autres facteurs valent une attention particulière au moment de décider de la densité de semis du soya, champ par champ, notamment le type de sol, la date de semis et l'état du lit de semences.

### DÉCISIONS CONCERNANT LE TAUX DE SEMIS

Chaque année, les producteurs doivent décider du nombre de grains à semer par acres. C'est important pour maximiser le potentiel de rendement de la culture. En général, l'objectif consiste à semer à une densité suffisante pour maximiser la captation de la lumière et le potentiel de rendement. Aussi, il faut semer plus de grains que nécessaire afin d'éviter un coût supplémentaire en semences. De plus, tout excès pourrait potentiellement avoir un effet néfaste résultant d'une concurrence accrue entre les plants pour les ressources.

Les taux d'ensemencement sont souvent choisis afin d'optimiser l'économie et l'agronomie. Le point optimal agronomique est celui du taux de semis minimum nécessaire pour maximiser le potentiel de rendement. Le taux de semis

économiquement optimal est celui qui maximise le rendement économique. Toujours légèrement inférieur à l'optimum agronomique, l'optimum économique varie en fonction du coût des semences et du prix de vente du grain.



Généralement, la densité du semis affecte moins le soya que chez d'autres espèces de cultures comme le maïs. L'adaptabilité inhérente du soya explique ce fait. Dans les environnements à faible densité, les plants de soya augmentent leur ramification latérale. Cela leur confère une certaine capacité à compenser un établissement déficient en population. En outre, durant la saison de croissance, le soya connaît généralement un certain degré d'attrition (perte de plant après levée causée par les insectes et/ou maladies). Cela réduit considérablement tout risque de réduction du rendement et des performances agronomiques associé à une forte densité de plants.

Historiquement, la sensibilité relativement faible du soya à la densité du semis, associée au faible coût des semences, signifiait que l'optimisation des taux de semis dans le soya n'était pas aussi importante. Par conséquent, les pratiques en matière de taux de semis variaient considérablement en fonction de l'environnement et des pratiques agronomiques. L'augmentation des taux de semis du soya dans des environnements plus stressants a fourni une assurance bon marché contre une mauvaise implantation de population. Des taux de semis supérieurs à 200 000 graines/acre n'étaient pas rares, si effectués avec un semoir de précision sous système de semis direct. Ces dernières années, un certain nombre de

facteurs ont réduit la nécessité d'une densité de semis élevée pour contrer un établissement déficient. Cela consolide l'incitation à rapprocher la densité de semis de l'optimum économique. Ainsi, les taux de semis moyens pour le soya ont régulièrement diminué au cours des deux dernières décennies. Ils sont devenus plus uniformes d'une région à l'autre.

Ces taux de semis moindres ont aggravé le risque d'une baisse de rendement lié à un mauvais établissement de population. Durant cette même période, des recherches récentes ont montré que les semis hâtifs de soya étaient plus avantageux en ce qui a trait au rendement (Van Roekel, 2019). Cela a accru l'importance d'assurer un établissement adéquat du peuplement lors du semis initial, en particulier sous des conditions plus stressantes tôt en saison, afin d'éviter d'avoir à resemer.



## TENDANCES RELIÉES AUX TAUX DE SEMIS DU SOYA

Le soya diffère du maïs sur certains points importants. Par exemple, concernant la réponse à la densité de semis et les tendances des pratiques des producteurs au fil du temps. Les taux de semis du maïs ont régulièrement augmenté au fil du temps. Les taux agronomiques optimaux sont passés d'environ 30 000 plants/acre voilà 35 ans à plus de 37 000 aujourd'hui (Assefa et collab., 2018). L'augmentation de la densité des plants constitue le principal facteur d'amélioration du rendement en maïs, au fil du temps. La sélection a permis d'améliorer la tolérance du maïs au stress et sa capacité à produire des épis avec constance, à des densités de semis plus élevées.

Par contre, le soya ne présente pas le même degré de corrélation entre la densité des plants et le rendement. Historiquement, le soya était souvent semé à des taux bien supérieurs à 200 000 graines/acre. Toutefois, depuis le début de ce siècle, les taux de semis ont régulièrement diminué. Ils atteignent une moyenne d'environ 147 000 graines/acre en 2022 (Corteva Agriscience Grower Survey), alors même que les rendements du soya ont continué à augmenter. Plusieurs facteurs ont contribué à ces tendances divergentes :

**Sélection pour un meilleur rendement par plant.** Les recherches sur le gain génétique dans le soya ont montré que les nouvelles variétés possèdent une plus grande capacité à compenser la faible densité des plants en offrant un meilleur rendement sur les branches (Suhre et collab., 2014). Cela a

permis de réduire le risque d'un rendement moindre associé à une densité de population sous-optimale.

**Coûts plus élevés des semis.** Le coût des semences de soya par acre a presque doublé depuis 1997 (en tenant compte de l'inflation). L'augmentation du potentiel de rendement et des caractéristiques de tolérance aux herbicides des variétés modernes l'expliquent (USDA-ERS, 2023). Ce coût plus élevé incite davantage à optimiser les taux de semis du soya pour obtenir un rendement économique.

**Amélioration de la précision d'ensemencement.** Historiquement, le semoir servait à ensemer une grande partie des surfaces de soya. Cet accessoire nécessitait des taux de semis plus élevés pour compenser la précision relativement faible du placement des graines. Cependant, la tendance à abandonner le semoir pour le remplacer par le planteur a amélioré le placement des graines, d'où la réduction de ce besoin (Jeschke et Lutt, 2016).

**Adoption des traitements de semences.** Les progrès réalisés en matière de traitement des semences et leur adoption généralisée par les producteurs ont accru la résistance du soya aux conditions stressantes après le semis. Ce changement a réduit la nécessité d'utiliser des taux de semis plus élevés afin de pallier la mauvaise implantation de population. Au début des années 2000, Pioneer a mené des études sur le terrain. Elles ont montré que, par rapport aux semences non traitées, les traitements fongicides et insecticides de semences améliorent l'établissement de la population du soya en cas de semis hâtif. L'utilisation de semences traitées réduit de 5 % en moyenne la densité de semis économiquement optimale à des dates de semis normales. Lors de dates de semis hâtives, la réduction atteint 14 % (Trybom et collab., 2009 ; Trybom, 2009).

**Caractères de résistance — herbicide.** À partir des années 1990, l'adoption généralisée de soyas porteurs de caractéristiques de tolérance aux herbicides a permis une suppression plus efficace des mauvaises herbes en postlevée. Le tout a réduit le recours à une densité plus élevée de soya pour contrer la croissance des mauvaises herbes

## IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE SON POTENTIEL DE RENDEMENT

L'effet de potentiel de rendement sur la densité optimale de semis reflète une autre différence importante entre la réponse à la densité de semis du soya et celle du maïs. Dans le maïs, la densité optimale d'ensemencement augmente généralement avec l'accroissement de la productivité. Récemment, par ses recherches sur la population de plants, Corteva Agriscience a établi un taux de semis économique optimal. Il est passé d'environ 30 000 grains/acre à un niveau de rendement de 9.4 T/ha à environ 37 000 grains/acre pour 15 T/ha (Jeschke, 2019). De son côté, la recherche sur le soya a affiché la tendance inverse. L'analyse récente des résultats de 200 études sur les taux de semis de soya aux États-Unis et au Canada suggère aux producteurs de soya d'augmenter les taux de semis en zones à faible productivité. Par contre, il faut les diminuer dans les zones à productivité plus élevée (Gaspar, 2019).



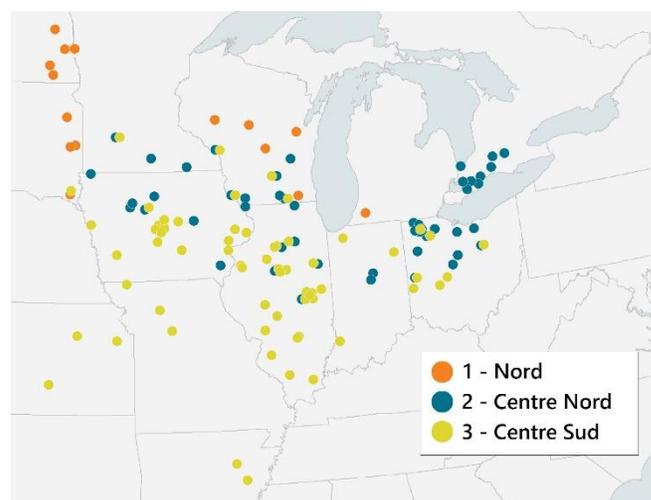
L'hypothèse expliquant le pourquoi de cette relation propose que les zones à faible productivité aient une population initiale plus faible et/ou une attrition végétale plus importante au cours de la saison de croissance. Cette situation se traduit par une population plus faible à la récolte. Cependant, les recherches ont montré que l'établissement des populations n'est généralement pas affecté par le niveau de rendement, quel que soit le lieu géographique aux États-Unis. De même, l'attrition des plants au cours de la saison de croissance ne semble pas différer en fonction du niveau de rendement (Gaspar, 2019).

Pour le soya dans les environnements à faible productivité, les limitations reliées à la vitesse de croissance et à la ramification des plants nécessitent une densité de semis plus élevée. De nombreux facteurs peuvent limiter la croissance des plants. Pensons ici aux précipitations, à la capacité du sol à retenir l'eau, à l'apport en nutriments, à la profondeur d'enracinement, etc. Ces facteurs, le plus souvent limitatifs dans les régions à faible productivité, peuvent compromettre la capacité des plants de soya à maximiser l'interception de la lumière tout au long de la saison. Donc, ces environnements à faible productivité nécessitent l'augmentation de la densité des plants afin de maximiser l'interception de la lumière et le rendement.

## RECHERCHE CONCERNANT LES TAUX DE SEMIS DU SOYA

Au fil des ans, la réaction du rendement du soya à la densité de semis a fait l'objet de nombreuses expériences sur le terrain. Les résultats de ces études témoignent d'une grande variabilité. Certaines démontrent que la maximisation de l'interception de la lumière et donc celle du rendement reposent sur 100 000 plants/acre à la récolte (Gaspar et Conley, 2015; Lee et collab., 2008). D'autres études concluent à des taux de semis économiquement optimaux allant de 95 000 à 130 000 grains/acre (Gaspar et collab., 2017). Cependant, ces études ont souvent été menées dans des champs très uniformes, bien drainés et très productifs. D'autres études de terrain tenues sous environnements plus stressants suggèrent que des taux de semis allant jusqu'à 243 000 plants/acre parviennent à maximiser le rendement du soya (Holshouser et Whittaker, 2002). Ainsi, il semble qu'il existe une vaste gamme de taux de semis et de populations optimales d'un point de vue agronomique et économique. Ils dépendent du coût des semences, du prix de vente des grains, de l'utilisation de traitements des semences et, surtout, de la productivité inhérente à l'environnement.

Une étude récente de Gaspar et collab., réalisée en 2020, assemble des données provenant d'un grand nombre d'études en champs sur le taux de semis du soya. L'exercice visait à quantifier le risque de production associé à la réaction du rendement du soya à la densité de semis et à la densité des plants sur une plage d'environnements en Amérique du Nord. Les données relatives à la densité de semis et au rendement du soya ont été compilées à partir de 211 expériences en plein champ sur la densité de semis du soya. Le territoire couvert incluait douze états américains et en Ontario, de 2005 à 2017. L'analyse par grappes a été utilisée pour regrouper les études de terrain dans des environnements de culture similaires sur la base des coordonnées GPS, des caractéristiques du sol et des variables météorologiques. Cette analyse a permis de regrouper les sites de recherche en trois groupes avec une séparation selon la latitude. Elle comprend un groupe des sites en Corn Belt du nord, un autre couvrant une grande partie de la Corn Belt centrale et des sites du sud. Le troisième site chevauche partiellement les deux premiers (figure 1).

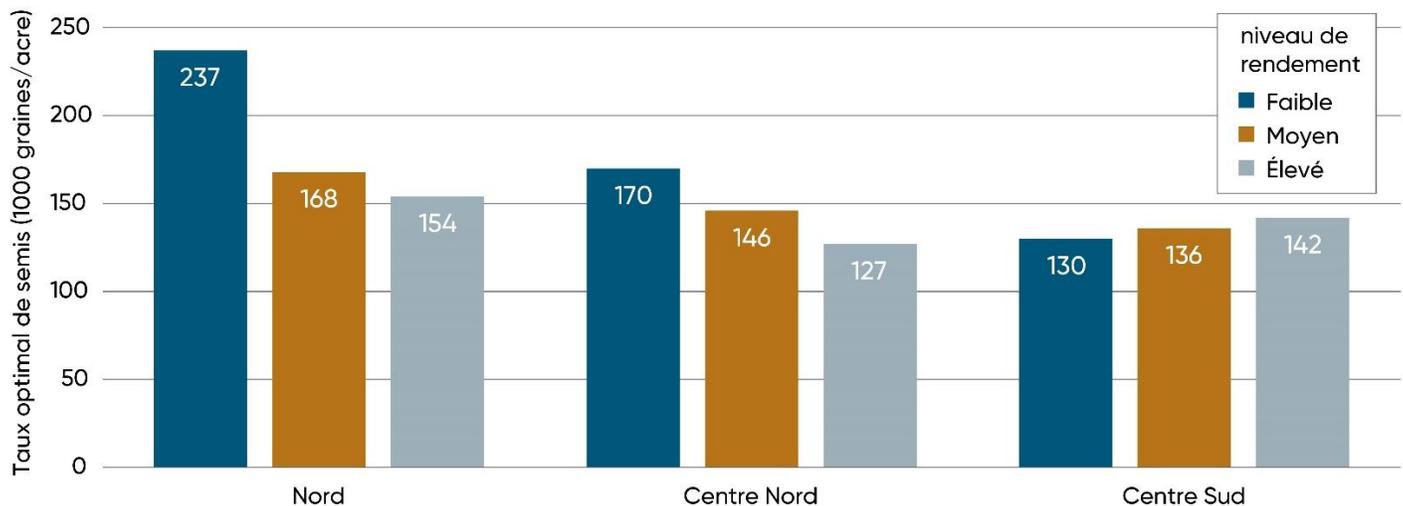


**Figure 1.** Analyse effectuée par Gaspar et collab. (2020) — 211 emplacements (sites-années d'essais et groupes environnementales) des expériences sur la densité de semis du soya.

Les sites à l'intérieur de chaque groupe ont été subdivisés en sous-groupes de rendement faible, moyen et élevé, comprenant respectivement les 30 % les plus faibles, les 30 à 70 % moyens et les 30 % les plus élevés (tableau 1).

**Tableau 1.** Rendement moyen en soya dans les groupes à rendement élevé, moyen et faible par ensemble environnemental des expériences de taux de semis de soya analysées par Gaspar et collab. (2020).

Groupe environnementale	Rendement moyen en soya		
	Élevé	Moyen	Faible
	——— T/acre ———		
Nord	2.23	1.84	1.26
Centre Nord	2.24	1.85	1.48
Centre Sud	2.23	1.92	1.50



**Figure 2.** Densités de semis et optimum agronomique selon les rendements (faibles, moyens, élevés) dans les groupes environnementaux Nord, Centre Nord et Centre Sud (Gaspar et collab., (2020).

Bien que les groupes de niveaux de rendement couvrent une large gamme de rendements dans les trois groupes environnementaux, tous les groupes de niveaux de rendement étaient relativement élevés. Cela reflète le fait que les études sur le terrain ont tendance à être menées dans des environnements à forte productivité. Par exemple, les moyennes des groupes de rendement faible, moyen et élevé pour la section Nord étaient respectivement de 1.26 ; 1.84 et 2.23 T/acre. Le rendement moyen du soja indiqué par l'USDA-NASS (service d'information statistique agricole du département de l'agriculture des États-Unis) pour les états représentés dans ce groupe au cours des années de la période d'étude n'était que de 1.1 T/acre.

Les taux de semis agronomiquement optimaux varient selon les groupes environnementaux et les groupes de niveaux de rendement (figure 2). Les taux de semis optimaux tendent à être plus élevés dans les environnements plus au nord, tout comme les différences entre les niveaux de rendement. Les groupes du nord et du centre nord reflètent les résultats de recherches antérieures. Ils ont montré que les taux de semis optimaux pour le soja avaient tendance à augmenter dans les environnements à faible rendement. Le groupe centre sud, quant à lui, ne présente pas la même tendance. La densité optimale de semis de soja dans ce groupe a augmenté avec le niveau de rendement, mais légèrement. Seulement 12 000 grains/acre séparent les niveaux élevés de ceux des faibles.

La différence de tendance des rendements entre les groupes nord et centre nord et ceux du centre sud peut être attribuée au rôle de la densité des plants dans la maximisation de la captation de la lumière. Le rendement en soja indique un lien linéaire relié à la quantité cumulative de lumière captée pendant les stades de croissance R1 à R5 (Van Roekel et Purcell, 2016). Cette relation est accentuée dans les environnements du nord où le rayonnement lumineux pour la photosynthèse limite davantage le rendement. Dans les environnements à faible rendement, aux taux de croissance des plants plus limités, une densité de plants plus élevée serait plus importante pour maximiser la captation de la lumière dans les régions nord.

## CONSIDÉRATIONS SUR LE TAUX DE SEMIS DU SOYA

### Taux de semis par rapport à la population finale

Souvent, la densité des plants de soja à la fin de la saison est considérablement inférieure au nombre de grains semés. C'est là un élément important à prendre en compte dans les décisions relatives à la densité de semis du soja. Le soja subit naturellement une certaine mortalité durant la saison de croissance. Ainsi, le nombre de plants par acre à la récolte n'égalera pas le nombre de plants levés. Cette réalité revêt toute son importance lorsque l'on vise une population finale minimum. Le taux d'attrition augmente avec la densité de plants. Les recherches révèlent des taux d'attrition typiques de 10 à 20 % avec les taux de semis courants. En supposant un taux d'attrition de 15 %, au stade V2, une population initiale de 120 000 plants/acre résulterait en une population finale de 102 000 plants/acre.

Les taux de germination et de levée doivent également être pris en compte. En effet, toutes les grains semés ne germent pas nécessairement. De même, toutes celles qui germent ne lèvent pas obligatoirement. Les traitements des semences de soja ont permis d'améliorer les taux d'établissement des populations. Ils protègent les semis à la germination et à la levée des agents pathogènes présents dans le sol. Cependant, des facteurs abiotiques tels que le croutage du sol, les résidus de culture et le refroidissement par imbibition peuvent encore avoir un impact sur les taux d'émergence.

La figure 3 montre un scénario où les conditions météorologiques après le semis ont eu un impact sur l'établissement des populations de soja. Les données proviennent du centre de recherche de Corteva Agriscience à Johnston, IA. Le champ a reçu de fortes pluies après le semis. Puis, une transition brutale a apporté des conditions chaudes et sèches menant à la formation d'une croûte sur le sol. Sous le sol asséché, de nombreuses plantules de soja plus tardives, incapables de percer la croûte du sol, ont vu leur cotylédon se briser au niveau de l'hypocotyle. Le résultat, une perte de population de soja inscrite à environ 10 %. Au Québec, le

taux de semis moyen indique 140 000 grains/acre. En supposant un taux de germination de 90 % et une attrition des plants de 10 % au cours de la saison, la perte en début de saison a probablement réduit la population finale de ce champ à un peu plus de 100 000 plants/acre.

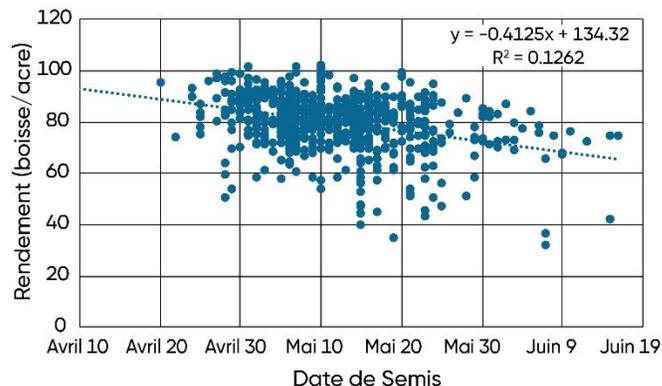


**Figure 3.** Soya à la levée dans un sol sec et croûté au centre de recherche de Johnston en 2018. Nous voyons quelques plantules détachées au cours du processus de levée.

	Population normale	Population réduite
<b>Taux de semis</b>	<b>140,000</b>	<b>140,000</b>
Germination	0.9	0.9
<b>Germination</b>	<b>126,000</b>	<b>126,000</b>
Levée	1	0.9
<b>Levée</b>	<b>126,000</b>	<b>113,400</b>
attrition	0.9	0.9
<b>Population finale</b>	<b>113,400</b>	<b>102,060</b>

Les taux de semis de soja devraient être suffisamment élevés pour assurer un certain degré de protection contre des conditions moins qu'ideales à la levée. Ces dernières peuvent réduire l'établissement. Une densité de semis trop faible peut augmenter le risque de devoir resemer si tout ne se passe pas exactement comme prévu. Le resemis du soja peut signifier une perte du potentiel de rendement plus élevé obtenu résultant du premier semis. Des données récentes suggèrent que les variétés modernes de soja ont un rendement plus élevé lorsqu'elles sont semées plus tôt (Propheter et Jeschke, 2017 ; Van Roekel, 2019), d'où l'importance d'un semis au moment

opportun pour maximiser le potentiel de rendement (figure 4). Les semis hâtifs permettent au soja de profiter de l'allongement de la durée du jour au milieu de l'été. Ils peuvent prolonger la durée de la croissance reproductive (Parker et collab., 2016).



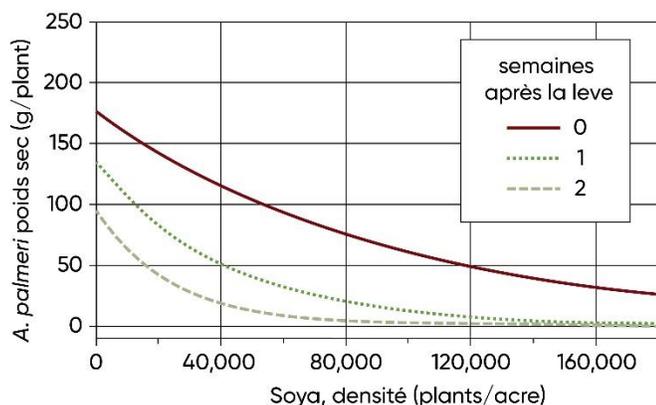
**Figure 4.** Rendement du soja en fonction de la date de semis, sur quatre années d'essais en champs au Nebraska et au Kansas (Propheter et Jeschke, 2017).

### GESTION DES MAUVAISES HERBES

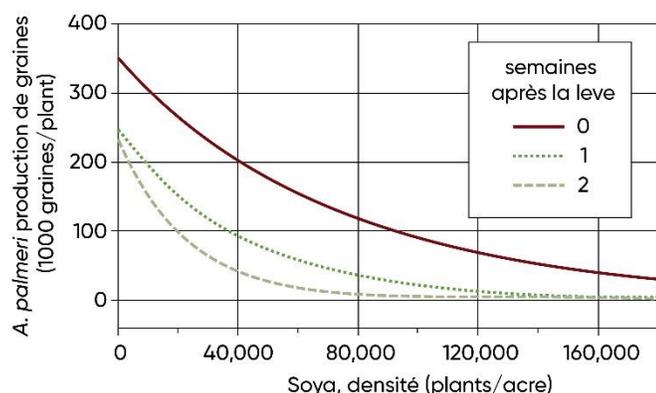
Dans certains cas, la gestion des mauvaises herbes devient une considération plus importante lors de prises de décisions relatives à la densité de semis du soja et à l'espacement des rangs. La capacité du soja à supprimer la croissance des mauvaises herbes par la fermeture du couvert végétal et la réduction de la transmission de la lumière à la surface du sol a toujours été un facteur important pour déterminer la densité de semis du soja et l'espacement entre les rangs. Plus le couvert végétal est dense et plus il ferme tôt l'espace entre les rangs, plus sa capacité à supprimer les mauvaises herbes est grande. L'avènement des technologies de résistance aux herbicides, à commencer par le soja résistant au glyphosate au milieu des années 1990, a permis d'améliorer la suppression des mauvaises herbes en postlevée. Il a réduit la nécessité de recourir à des pratiques culturales pour gérer leur population. Toutefois, au cours des années suivantes, l'évolution et la propagation de populations résistantes au glyphosate ont réduit l'efficacité de la suppression chimique des mauvaises herbes. Cette réalité a remis au premier plan les pratiques culturales comme tactiques importantes pour gérer les mauvaises herbes.



Une étude de terrain sur les effets de la densité de plantation du soya sur la croissance de l'amarante de Palmer (*Amaranthus palmeri*) a montré que la densité de semis peut avoir un effet important sur la croissance des mauvaises herbes et la production de graines. L'étude a confirmé une augmentation de la biomasse (figure 5) et de la production de graines (figure 6) de l'amarante de Palmer au rythme de la diminution de la densité du soya. Plus les plants d'amarante de Palmer levaient tôt par rapport à la culture, plus l'impact de la densité des plants de soya était important.



**Figure 5.** Effets (densité du soya, moment de la levée de l'amarante de Palmer) par rapport à la culture sur le poids sec de l'amarante de Palmer par plant au moment de la récolte (Korres et collab., 2020).



**Figure 6.** Effets (densité du soya, moment de la levée de l'amarante de Palmer) par rapport à la culture sur le poids sec de l'amarante de Palmer par plant au moment de la récolte (Korres et collab., 2020).



## Autres Considérations Sur Le Taux De Semis Du Soya

La région géographique et le niveau de rendement sont les deux facteurs les plus importants à prendre en compte dans les décisions relatives à la densité de semis du soya. Cependant, plusieurs autres facteurs peuvent être importants au moment de choisir un taux de semis plus ou moins élevé :

- **Type de sol :** Les sols à forte teneur en argile sont beaucoup plus susceptibles de croutage et de limiter la levée du soya. Ils peuvent favoriser les maladies des semis lors de printemps humides.

- **Date du semis :** Les semis hâtifs sont généralement synonymes de sols plus froids et plus humides, d'une levée plus lente et d'une réduction des populations. Les grains de soya semés très tard, y compris les doubles récoltes, nécessitent des taux plus élevés parce qu'elles sont destinées à être plus courtes et à produire moins de gousses par plant.

- **État du sol, couverture par les résidus et conditions du lit de semences :** Les systèmes de semis direct offrent un environnement moins favorable à la levée du soya en raison de sols plus froids, d'une plus grande quantité de résidus et d'éventuels problèmes de placement des semences, ainsi que de contact avec le sol. Les sols en mottes peuvent également réduire le contact entre les semences et le sol.

- **Planteur ou semoir :** Traditionnellement, les planteurs ont fait un meilleur travail de sélection et de placement des semences. Ils augmentent ainsi le nombre de plants et l'uniformité des populations. Les utilisateurs de semoirs peuvent avoir besoin de taux de semis plus élevés afin d'établir des populations aussi productives.

- **Risque de maladie des plantules:** Certaines régions présentent un risque plus élevé de maladies des plantules en raison des types de sol, des conditions météorologiques et des changements de race pathogène. Des taux de semis plus élevés sont nécessaires pour atteindre des populations cibles dans les zones ou les champs ayant un historique de risque de maladie plus élevé.

- **Risque de chlorose ferrique :** Des recherches récentes ont montré l'intérêt d'une densité de semis élevée pour réduire les symptômes de chlorose.

- **Risque de moisissure blanche :** Dans les champs ayant un historique de risque élevé de moisissure blanche, il n'est pas recommandé d'utiliser des taux de semis très élevés.

## RÉFÉRENCES

Assefa, Y., P. Carter, M. Hinds, G. Bhalla, R. Schon, M. Jeschke, S. Paszkiewicz, S. Smith et I.A. Ciampitti. 2018. Analysis of long term study indicates both agronomic optimal plant density and increase maize yield per plant contributed to yield gain. *Scientific Reports* 8, 4937. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-23362-x>

Gaspar, A.P. 2019. Soybean Seeding Rate – Past, Present, and VRS Future. *Pioneer, Visions cultures* Vol. 29 No. 1. Corteva Agriscience, Johnston, IA.

Gaspar, A.P. et S.P. Conley. 2015a. Responses of canopy reflectance, light interception, and soybean seed yield to replanting suboptimal stands. *Crop Sci.* 15:377-385.

Gaspar, A.P., D.S. Mueller, K.A. Wise, M.I. Chilvers, A.U. Tenuta, et S.P. Conley. 2017. Response of broad-spectrum and target-specific seed treatment and seeding rate on soybean seed yield, profitability, and economic risk. *Crop Sci.* 56:2251-2262.

Gaspar, A.P., S. Mourtzinis, D. Kyle, E. Galdi, L.E. Lindsey, W.P. Hamman, E.G. Matcham, H.J. Kandel, P. Schmitz, J.D. Stanley, J.P. Schmidt, D.S. Mueller, E.D. Nafziger, J. Ross, P.R. Carter, A.J. Varenhorst, K.A. Wise, I.A. Ciampitti, W.D. Carciochi, M.I. Chilvers, B. Hauswedell, A.U. Tenuta, et S.P. Conley. 2020. Defining optimal soybean seeding rates and associated risk across North America. *Agron. J.* 112:2103-2114.

Holshouser, D.L., et J.P. Whittaker. 2002. Plant Population and Row-Spacing Effects on Early Soybean Production Systems in the Mid-Atlantic USA. *Agron. J.* 94: 603–611.

Jeschke, M. et N. Lutt. 2016. Row Width in Soybean Production. *Pioneer, Visions cultures* Vol. 26 No. 12. Corteva Agriscience, Johnston, IA.

Korres, N.E., J.K. Norsworthy, A. Mauromoustakos, and M.M. Williams II. 2020. Soybean density and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) establishment time: effects on weed biology, crop yield, and economic returns. *Weed Sci.* 68:467-475.

Lee, C.D., D.B. Egli, et D.M. TeKrony. 2008. Soybean response to plant population at early and late planting dates in the Mid-South. *Agron. J.* 100:971–976.

Parker, A., K. Fry et K. Reese. 2016. Planting date effect on soybean reproductive duration. *Pioneer Agronomy Research Update* Vol. 6 No. 2. Corteva Agriscience, Johnston, IA.

Propheter, J. et M. Jeschke. 2017. High Yield Soybean Production in the Western Corn Belt. *Pioneer, Visions cultures* Vol. 27 No. 5. Corteva Agriscience, Johnston, IA.

Suhre, J.J., N.H. Weidenbenner, S.C. Rowntree, E.W. Wilson, S.L. Naeve, S.P. Conley, S.N. Casteel, B.W. Diers, P.D. Esker, J.E. Specht, et V.M. Davis. 2014. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and seeding rate interactions. *Agron. J.* 106:1631-1642.

Trybom, J. 2009. Effect of Seeding Rate, Seed Treatment, and Planting Date on Soybean Performance. *Pioneer, Visions cultures* Vol. 9 No. 4. Corteva Agriscience, Johnston, IA.

Trybom, J, M. Jeschke, et S. Butzen. 2009. Seed Treatment Effects on Stand Establishment and Yield in Soybeans. *Pioneer, Visions cultures* Vol. 9 No. 2. Corteva Agriscience, Johnston, IA.

USDA-ERS. 2023. Recent U.S. soybean production costs and returns. Consulté sur [www.ers.usda.gov](http://www.ers.usda.gov) (consulté le 12 janvier 2023).

Van Roekel, R. 2019. The Importance of Early Planting for Soybeans in the Midwest. *Pioneer, Point de mire sur la culture* Vol. 11 no 1. Corteva Agriscience, Johnston, IA.

Van Roekel, R., et L. Purcell. 2016. Understanding and Increasing Soybean Yields. *Pioneer, Visions cultures* Vol. 26 No. 7. Corteva Agriscience, Johnston, IA.

---

Ce qui précède est fourni à titre d'information uniquement. Veuillez contacter votre représentant Pioneer pour obtenir de l'information et des suggestions précises pour votre ferme. La performance du produit varie. Elle dépend de beaucoup de facteurs dont : le stress causé par la chaleur et l'excès d'eau, le type de sol, les pratiques culturales et le stress environnemental, de même que la maladie et la pression des parasites. Les résultats individuels peuvent varier. CI230223

févr. 2023