



22 octobre 2009 : Colloque en phytoprotection
Résistance et approche systémique : nouveaux défis



Biodiversité et productivité; utopie ou réalité?

Un constat après 18 années de pratiques de conservation des sols

Anne LÉGÈRE, Ph.D., chercheure
AAC, Saskatoon, Saskatchewan

Avec la collaboration de :

Diane Lyse BENOIT, Ph.D., chercheure, AAC, Saint-Jean-sur-Richelieu

Roger LALANDE, Ph.D., chercheur, AAC, Québec

Danielle PRÉVOST, Ph.D., chercheure, AAC, Québec

Michèle ROY, Ph.D., agronome-entomologiste, MAPAQ, Québec

Craig STEVENSON, Ph.D., consultant, Saskatoon, Saskatchewan

Anne VANASSE, Ph.D., agronome, professeure agrégée, Université Laval,
Département de phytologie, Québec

Joann WHALEN, Ph.D., professeure, Université McGill, Campus Macdonald, Sainte-
Anne-de-Bellevue

Note : Cette conférence a été présentée lors de l'évènement et le résumé ci-après
a été publié dans le cahier du participant.



Biodiversité et productivité; utopie ou réalité?

Un constat après 18 années de pratiques de conservation des sols



Anne Légère, Ph. D., chercheure
AAC
Saskatoon, Saskatchewan

Avec la collaboration de :

Diane Lyse BENOIT, Ph.D., chercheure, AAC, Saint-Jean-sur-Richelieu

Roger LALANDE, Ph.D., chercheur, AAC, Québec

Danielle PRÉVOST, Ph.D., chercheure, AAC, Québec

Michèle ROY, Ph.D., agronome-entomologiste, MAPAQ, Québec

Craig STEVENSON, Ph.D., consultant, Saskatoon, Saskatchewan

Anne VANASSE, Ph.D., agronome, professeure agrégée, Université Laval, Département de phytologie, Québec

Joann WHALEN, Ph.D., professeure, Université McGill, Campus Macdonald, Sainte-Anne-de-Bellevue

En production agricole, peu de pratiques font l'unanimité au sein des différentes disciplines de la phytoprotection. À titre d'exemple, on peut concevoir hypothétiquement que des pratiques, tels un semis différé ou la présence de résidus de culture, soient favorables à la gestion de certaines populations de mauvaises herbes, mais pourront aussi favoriser la prolifération de certains pathogènes en cours de saison. L'exception à ce casse-tête d'optimisation se situe au niveau de la rotation des cultures. De façon générale, on s'entend pour reconnaître les bienfaits de la rotation, tant sur le plan de la protection, du rendement que de la qualité des cultures. De la même façon, les bénéfices des pratiques de conservation ne sont plus à démontrer. Cependant, l'adoption de ces pratiques accuse un retard au Québec, en raison des difficultés occasionnées par un climat frais et humide, des sols trop lourds ou trop légers et de la présence de mauvaises herbes difficiles à réprimer. Mais qu'en est-il lorsque l'on combine pratiques de conservation et rotation des cultures? Les bénéfices de la rotation pour les cultures sont-ils maintenus, peu importe les pratiques culturales? À l'inverse, certains problèmes de phytoprotection associés aux pratiques culturales réduites, particulièrement en ce qui a trait à la gestion des mauvaises herbes, sont-ils diminués ou exacerbés? Au-delà de la qualité structurale des sols, y a-t-il des bénéfices tangibles de ces pratiques en ce qui concerne la composition et la taille des communautés d'organismes macroscopiques et microscopiques de l'agroécosystème? Nous tenterons de répondre à ces questions en utilisant les données d'un projet de conservation des sols, initié il y a plus de vingt ans, et ainsi démontrer qu'il est possible de réconcilier biodiversité et productivité agricole.

Le projet 1987-2006

L'étude a été mise en place à l'automne 1987, à l'époque à la Ferme expérimentale d'Agriculture Canada (maintenant le Centre de développement bioalimentaire du Québec) à La Pocatière sur un sol argileux de la série Kamouraska (10 % sable, 30 % limon, 60 % argile; pH = 5,9; m.o. = 4,5 g kg⁻¹; P = 94 kg ha⁻¹; K = 305 kg ha⁻¹), ayant un précédent cultural de seigle.

La première phase du projet (1988-1994) a permis de comparer trois traitements de travaux de sol (CV : charrue à versoirs; CH : chisel; SD : semis direct) à la fois dans une monoculture d'orge et dans une rotation céréale-plante fourragère (orge-trèfle rouge) de deux ans. Les parcelles ont été cultivées en blé en 1995-1996, afin de mesurer les effets cumulatifs et résiduels des traitements, et en orge en 1997. La deuxième phase de l'étude, démarrée en 1998, a permis de comparer les effets de ces mêmes travaux de sols dans la monoculture d'orge et dans une rotation céréales-oléagineuses (orge-canola-blé-soya) de quatre ans. Les parcelles ont été ensemencées en maïs en 2006 afin de mesurer les effets des traitements sur la productivité et sur différentes composantes de la biodiversité.

Les résultats discutés ici portent sur l'ensemble des données de rendements des cultures et sur les données de 2006 pour les composantes de la biodiversité. L'indice de diversité H' , qui tient compte du nombre d'espèces et de l'importance relative de chaque espèce dans une communauté, a été calculé pour chaque groupe taxonomique. À titre d'exemple, les valeurs de cet indice peuvent se situer entre 0 et 3 pour les communautés de mauvaises herbes, une valeur près de zéro indiquant la dominance d'une ou de peu d'espèces. Les associations entre espèces et traitements ont été identifiées à l'aide de l'analyse multivariée.

Les rendements des cultures

Les rendements des céréales en rotation avec le trèfle rouge, ou avec le canola et le soya, ont été supérieurs ou comparables aux rendements des céréales en monoculture. Les gains en rendement ont été particulièrement marqués dans la rotation céréales-plantes fourragères, en partie en raison de l'apport d'azote par la légumineuse et des effets bénéfiques des deux récoltes de fourrage sur le contrôle des populations de mauvaises herbes. Cet effet bénéfique de la rotation sur les rendements a été observé en dépit de mauvaises herbes plus abondantes dans les parcelles CH et SD de la rotation comparativement à celles de la monoculture. De la même façon, en 1995, les rendements de blé dans les parcelles de la rotation ont été supérieurs à ceux de la monoculture, et ce, peu importe le type de travail du sol. Cet effet a été particulièrement marqué dans les parcelles de SD avec désherbage minimal où les rendements de la rotation ont été trois fois plus élevés que ceux de la monoculture (3 vs 1 T ha⁻¹). En 2006, les rendements de maïs fourrager ont été de 24 % supérieurs dans les parcelles en rotation comparés à celles en monoculture. Cet effet de la rotation a été plus marqué dans les parcelles de SD (gain de 44 %) que CH ou CV (gain de 22 et 12 %, respectivement), même si les rendements moyens des traitements SD (16 T ha⁻¹) ont été inférieurs aux traitements CV (21 T ha⁻¹) et CH (22 T ha⁻¹).

Les mauvaises herbes

Les traitements ont eu davantage d'effets sur la taille que sur la composition floristique des banques de graines observées au printemps 2006. La densité des graines à une profondeur de 15 cm a été la plus élevée (10 000 graines m⁻²) dans la monoculture avec SD et la plus faible (4000 graines m⁻²) dans la rotation avec CP. La diversité des banques de graines a été plus grande dans les traitements de SD et CH ($H' = 2,1$) que dans les traitements avec CV ($H' = 1,8$). Les communautés de mauvaises herbes observées à la mi-saison, une fois les travaux de désherbage complétés, ont varié selon les traitements.

Ainsi, le pissenlit, le trèfle blanc, la prêle des champs et les sétaïres ont été associés avec le SD alors que l'amarante à racine rouge et le chénopode blanc ont prédominé dans les traitements CH et CV. Le gaillet grateron et la petite herbe à poux ont été retrouvés dans les parcelles CH et CV, principalement dans la monoculture pour le gaillet et dans la rotation pour l'herbe à poux. La diversité des communautés de mauvaises herbes dans les parcelles de SD a été plus grande que dans les parcelles travaillées (CV et CH). La biomasse des mauvaises herbes à mi-saison a permis d'expliquer une partie (37 %) de la variation des rendements de maïs. Des études de régression ont suggéré que la culture était en mesure de produire de meilleurs rendements dans la rotation que la monoculture en dépit d'une plus grande abondance de mauvaises herbes dans les traitements de rotation, et ce, peu importe le travail du sol.

Les carabes

De par leur nature granivore et/ou prédatrice, les carabes jouent un rôle très important dans l'agroécosystème agricole. Ils ont un impact sur les populations de mauvaises herbes en consommant une importante quantité de graines et contribuent ainsi à réduire la taille des banques de graines. Les carabes influencent aussi la composition des communautés de mauvaises herbes en raison de leur préférence pour certains types de graines. Bien que 19 espèces aient été identifiées sur les cinq échantillonnages effectués au cours de la saison 2006, les communautés de carabes ont été dominées par *Harpalus rufipes*, surtout en fin de saison. Huit espèces granivores ont constitué 71,5 % des recensements. Les espèces les plus abondantes, *H. rufipes*, *Pterostichus melanarius* et *Agonum muelleri*, étaient associées aux traitements de SD et CH, surtout dans la rotation. Les carabes (toutes espèces confondues) dans les traitements de SD ont été quatre fois plus abondants que dans les traitements avec CV et trois fois plus abondants que dans ceux avec CH. Bien que les traitements aient eu peu ou pas d'effet sur l'indice de diversité, les résultats démontrent clairement que les conditions retrouvées dans les parcelles de SD ont favorisé les populations de carabes granivores.

Les vers de terre

Les vers de terre sont les « ingénieurs » (sensu Lavelle, 1997) de l'agroécosystème, grâce aux importants travaux d'infrastructure qu'ils effectuent dans le sol et à leur capacité de digérer des substances complexes. En creusant des galeries plus ou moins permanentes et plus ou moins verticales selon les espèces, les vers entraînent la matière organique et les résidus de surface et les mélangent au sol minéral, favorisant ainsi une meilleure infiltration d'eau et des échanges gazeux. Les vers se nourrissent également de graines de mauvaises herbes qui sont incorporées dans leur déjections et ainsi redistribuées dans le profil de sol à la fois vers l'horizon de surface, mais aussi en profondeur. Les communautés de vers de terre observées en 2006 ont dénoté au plus cinq espèces et ont été dominées par *Aporrectodea turgida* et *Lumbricus terrestris*. L'échantillonnage effectué en octobre a révélé que la plupart des espèces de vers de terre ont été retrouvées dans les parcelles de SD, peu importe la rotation. L'indice de diversité a été faible dans les parcelles avec CV ($H' \leq 0,15$), mais nettement plus élevé dans les parcelles avec SD ($H' = 1,1$), particulièrement dans la monoculture. On peut supposer que cette plus grande diversité dans les parcelles avec SD est associée en partie à des sources de nourriture plus abondantes ainsi qu'aux nombreux refuges créés par les résidus de cultures et par la biomasse aérienne et racinaire de mauvaises herbes.

Les microbes

Les communautés microbiennes du sol, composées de bactéries et de champignons microscopiques, jouent un rôle essentiel dans la dynamique de la matière organique du sol. Les microbes décomposent la matière organique et ainsi contribuent au cycle des éléments minéraux. L'activité, la biomasse et la composition des communautés microbiennes sont très sensibles aux changements de pratiques culturales. Au printemps 2006, les communautés microbiennes observées dans la monoculture ont différé de celles de la rotation, probablement en raison de conditions anaérobiques et acidifiantes. Par contre, en fin de saison, les communautés microbiennes ont été davantage sensibles aux effets du travail du sol, en raison de la prédominance des champignons microscopiques dans les traitements de SD. Ceci explique également pourquoi la diversité microbienne a été plus grande dans les traitements CH et CV que dans les traitements de SD. Les populations de *Bradyrhizobium japonicum* ont été plus de 10 000 fois plus abondantes dans la rotation que dans la monoculture en raison du précédent cultural de soya dans la rotation. La diversité des souches de *B. japonicum* a peu varié en fonction des traitements en raison de la prédominance d'une souche indigène. Cependant, la diversité dans les traitements MP de la rotation a été plus grande que dans le SD où les conditions environnementales ont été moins favorables.

En conclusion

Le semis direct a eu davantage d'effets que les autres traitements sur les composantes biologiques de l'agroécosystème. L'absence de perturbation a créé des conditions biotiques et abiotiques (température, humidité, couvert et nourriture) qui ont affecté de nombreux organismes. La composition des communautés a été plus sensible aux différents traitements que l'indice de diversité. Les changements à propos de la composition des communautés sont particulièrement importants du point de vue agronomique, car ceux-ci peuvent influencer les relations fonctionnelles entre différents taxons, mais aussi les décisions concernant la phytoprotection.

Le projet 2007-2012 : à suivre...

Ces résultats ayant confirmé qu'il est possible de réconcilier biodiversité et productivité, et ce, dans le cadre de pratiques de conservation des sols et de la rotation des cultures, nous avons décidé de poursuivre l'aventure. La troisième phase de l'étude, présentement en cours, va nous permettre de pousser plus à fond l'étude des pratiques culturales de conservation en incluant un système de production sans herbicides et un système de production biologique que nous allons comparer à des systèmes de production conventionnels, transgénique et non transgénique dans le cadre d'une rotation orge-trèfle rouge-maïs-soya. Nous espérons atteindre une meilleure compréhension des interactions complexes qui régissent ces systèmes et ainsi mettre en lumière l'importance de l'activité biologique pour la santé et la productivité de l'agroécosystème.

Remerciements

Nous désirons remercier très sincèrement toutes celles et ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ces travaux depuis 1987. Rien de tout ceci n'aurait vu le jour sans leur précieuse collaboration, que ce soit au champ, en serre, au labo ou devant l'écran de l'ordinateur.

Pour en savoir davantage

Desforbes, J. 1996. *Impact des systèmes de culture sur les communautés lombriciennes*. Thèse M. Sc. Université Laval, Québec. 96 p.

Eriksen-Hamel N.S., A.B. Speratti, J.K. Whalen, A. Légère et C.A. Madramootoo. 2009. *Earthworm populations and growth rates related to long-term crop residue and tillage management*. Soil & Tillage Research. 104: 311-316.

Légère A. et N. Samson. 2004. *Tillage and weed management effects on weeds in barley-red clover cropping systems*. Weed Science 52: 881-885.

Légère A. et F.C. Stevenson. 2002. *Residual effects of crop rotation and weed management on a wheat test crop and weeds*. Weed Science 50: 101-111.

Légère A., F.C. Stevenson et D.L. Benoit. 2005. *Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems*. Weed Research 45: 303-315.

Légère A., F.C. Stevenson et N. Samson. 2001. *Tillage and weed management effects on forage production in a barley-red clover rotation*. Canadian Journal of Plant Science. 81: 405-412.

Légère A., F.C. Stevenson, D.L. Benoit et N. Samson. 2005. *Seedbank-plant relationships for 19 weed taxa in spring barley-red clover cropping systems*. Weed Science 53: 640-650.

Légère A., F.C. Stevenson, D.L. Benoit, J.K. Whalen et A. Vanasse. 2009. *Are earthworms responsible for the persistence of annual weeds in mature no-tillage systems?* XIII^e Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes. Dijon, France.