



CENTER FOR ENVIRONMENTAL FARMING SYSTEMS

NC State University
College of Agriculture &
Life Sciences

NC A & T State University
School of Agriculture
& Environmental Sciences

NC Department
of Agriculture
& Consumer Services

Rotation des cultures dans les exploitations biologiques

par Keith R. Baldwin

Les agriculteurs des cultures anciennes, que l'on parle de la Chine, de la Grèce ou de Rome, avaient tous la même compréhension de la rotation des cultures. Ils avaient constaté que le fait de cultiver la même culture d'une année à l'autre sur la même partie d'un champ produisait un faible rendement, et qu'ils pouvaient accroître considérablement la productivité en cultivant de façon séquentielle sur plusieurs saisons. Ils ont découvert de quelle façon la rotation des cultures, combinée à d'autres pratiques telles que l'utilisation de cultures de couverture et d'engrais vert, favorisait la matière organique, la fertilité et l'état physique des sols.

Si le cultivateur cherche à améliorer la condition de l'agrégat et l'état physique des sols, une rotation à long terme devrait faire partie du plan de production.

Pour diverses autres raisons, lesquelles seront présentées plus loin, les cultures peuvent et doivent être cultivées en rotation. Tous s'entendent sur le fait que cette technique est avantageuse. Le fait que la majorité des producteurs de céréales du pays utilisent des rotations sur deux



Figure 1. Le soja fait souvent partie des plans de rotation des cultures biologiques dans le Sud.

Image gracieuseté de l'USDA.

Contenu

Perspective historique – page 2

Comparaison entre la rotation des cultures et la monoculture – page 3
organismes nuisibles – page 12

Rotation des cultures et fertilité – page 5
Rotation des cultures et lutte contre les

Lectures recommandées – page 19

ou trois ans prouve qu'ils croient que le rendement est généralement plus élevé lorsque l'on cultive de façon séquentielle, en effectuant une rotation. Dans la présente publication, nous nous pencherons sur le rôle que joue la rotation des cultures dans la constitution des sols, la lutte contre les organismes nuisibles et l'accroissement du rendement. Les sujets suivants seront abordés :

- **Perspective historique.** Nous expliquerons de quelle façon la rotation des cultures s'inscrit dans l'histoire de l'agriculture des États-Unis, notamment dans le Sud, et de quelle façon les méthodes d'agriculture conventionnelles d'aujourd'hui ont changé la rotation des cultures chez certains producteurs.
- **Comparaison entre la rotation des cultures et la monoculture.** Nous ferons un résumé des résultats de plusieurs études scientifiques dans le cadre desquelles on a comparé les effets des rotations à court et à long terme à ceux de la culture continue (monoculture) par rapport aux propriétés des sols. Ces études indiquent que la rotation des cultures peut accroître de façon considérable la fertilité des sols, aider à optimiser l'utilisation de nutriments et d'eau par les cultures et améliorer les ressources en sols.
- **Rotation des cultures et fertilité.** Nous décrirons de quelle façon la rotation des cultures peut accroître la fertilité des sols.
- **Rotation des cultures et lutte contre les organismes nuisibles.** Nous décrirons de quelle façon la rotation des cultures peut aider dans la lutte contre les organismes nuisibles, y compris les agents pathogènes, les mauvaises herbes et les insectes.

Monoculture

Dans le Sud, la monoculture qui comprend de la matière organique est préférable aux périodes de jachère. Au cours des périodes de jachère, il n'y a aucun ajout de biomasse aux sols. Toutefois, la minéralisation de la matière organique continue, ce qui en réduit la quantité.

PERSPECTIVE HISTORIQUE

Aux États-Unis, il y eut un temps où les rotations à long terme occupaient une place prédominante dans les plans de tout producteur cherchant à accroître la fertilité des sols et à lutter contre les organismes nuisibles et les maladies. Toutefois, depuis les années 1950, les agriculteurs délaissent de plus en plus cette méthode pour des pratiques plus courantes, comme l'utilisation d'engrais synthétique pour fournir aux cultures annuelles les nutriments dont elles ont besoin, l'application de produits agrochimiques pour lutter contre les organismes nuisibles et les maladies et la sélection de variétés améliorées pour obtenir un meilleur rendement.

Bon nombre de producteurs ont toujours recours à la rotation des cultures, mais utilisent des cycles beaucoup plus courts. À titre d'exemple, près de 80 % du maïs des États-Unis est maintenant cultivé en rotation de deux ans avec le soja ou en rotation de trois ans avec le soja et le blé. On utilise rarement des cycles aussi courts pour la pâture, les cultures de couverture ou l'engrais vert. Ces systèmes modernes ont permis aux producteurs américains de réaliser des économies d'échelle en se spécialisant et en commercialisant selon le volume. De plus, ils nécessitent moins d'équipement, puisque les cultures produites sont moins diverses.

Ces pratiques modernes ont aidé les producteurs américains à atteindre un rendement remarquable. Cependant, la culture intensive ayant marqué les cinquante dernières années a causé des dommages importants à l'environnement, surtout aux sols agricoles. Aujourd'hui, la baisse de qualité des sols et l'accentuation de la dégradation de l'environnement représentent la menace la plus importante pour les producteurs. Voilà pourquoi les chercheurs se penchent une fois de plus sur la rotation des cultures dans le but d'obtenir des cultures agricoles durables, un rendement plus élevé et des revenus suffisants pour soutenir une économie rurale diversifiée.

Dans le Sud, les producteurs ont traditionnellement recours à la rotation des cultures pour la production de coton, de tabac et d'arachides. Voici quelques exemples de rotation employées pour le tabac au début du 20^e siècle :

- *tabac-blé-trèfle*;
- *tabac-blé-dolique*;
- *tabac-blé-trèfle des prés-cultures fourragères mélangées-maïs*.

On utilisait généralement le dolique lorsque des légumineuses étaient employées comme engrais vert pour le maintien de l'humus.

Les rotations employées pour le coton étaient semblables à celles que l'on utilisait pour le tabac. On utilisait d'autres cultures en rotation pour maintenir la teneur en humus ou nourrir le bétail. Dans les exploitations d'élevage, on avait souvent recours à une rotation *maïs-avoine-blé-trèfle-pâturage* pour produire les aliments pour le bétail.

Rotation des cultures : avantages

- Favorise la fertilité des sols.
- Bénéfique pour l'environnement.
- Augmente les revenus.
- Aide dans la lutte contre les mauvaises herbes, les maladies et les insectes nuisibles.
- Accroît la diversité des cultures et du marché.

COMPARAISON ENTRE LA ROTATION DES CULTURES ET LA MONOCULTURE

Comme on l'a mentionné dans d'autres publications de la présente série, les producteurs biologiques poursuivent un objectif important : améliorer la qualité et la structure des sols. Par contre, on ne peut atteindre cet objectif du jour au lendemain. Il faut des années et des efforts concertés pour alimenter les sols et bâtir une structure friable présentant les caractéristiques suivantes :

- les nutriments et l'eau résident dans un réservoir ou un bassin dans les sols et sont disponibles à court et à long terme;
- un bassin microbien sain de microorganismes facilite le cycle des nutriments du réservoir aux racines des végétaux;
- un écosystème naturel servant de filtre environnemental est établi. Ce filtre aide à protéger l'agroécosystème contre les pratiques agricoles potentiellement nuisibles et les désastres naturels.

Matière organique des sols

Les producteurs biologiques évaluent et surveillent généralement la santé des sols en fonction de la quantité de matière organique dans chaque champ. Par matière organique active, on entend un mélange de diverses matières organiques vivantes et mortes près de la surface du sol qui se *renouvelle* ou se *recycle* chaque année ou tous les deux ans. La matière organique active agit comme un *bassin biologique* des nutriments principaux des végétaux. L'équilibre entre la dégradation et le renouvellement dans ce bassin biologique est très complexe et sensible. Les populations de microorganismes dont est composé le bassin dictent les processus liés aux nutriments des sols. Ensemble, elles jouent également un rôle important dans l'établissement d'une structure qui favorise la rétention *et* l'échange de nutriments et d'eau – une structure idéale pour les racines de végétaux.

Rotation des cultures et matière organique des sols

Facteurs qui influent sur la matière organique des sols

- Durée de la rotation
- Perte de matière organique due au labour
- Interactions avec les pratiques de fertilisation

Source : Karlen *et al.*, 1994

Techniques de travail conventionnelles

On comprend bien pourquoi ce milieu délicat sous la surface du sol peut être touché si facilement, de façon positive ou négative, par divers systèmes de production agricole. Imaginez l'impact sur la fertilité, la structure et le cycle des nutriments des sols lorsque ceux-ci sont labourés et mélangés régulièrement. De nombreuses études indiquent que dans la majorité des sols labourés selon des pratiques conventionnelles, la teneur en matière organique et l'activité microbienne *diminuent*. Bien qu'il puisse rester de la matière organique totale lorsque des techniques intensives sont utilisées, la matière organique *active* est perdue.

Le labour intensif stimule l'activité microbienne en fournissant aux microorganismes des sols l'oxygène dont ils ont besoin pour dégrader ou *consommer* la matière organique. Les populations de microorganismes s'établissent rapidement dans ces conditions et décomposent de façon active les agents d'amendement, l'engrais vert et les résidus de cultures incorporés au sol pendant le labour. Sous ces conditions, la matière organique s'accumule rarement dans les sols.

Puisqu'ils ne comprennent généralement pas l'utilisation d'engrais vert ou de cultures fourragères, les systèmes de monoculture et de rotation à court terme (rotation sur deux ou trois ans) réduisent la teneur en matière organique des sols. Résultat : la structure des sols (évaluée en fonction de la stabilité de l'agrégat, de la densité apparente, de l'infiltration d'eau et de l'érosion) peut se détériorer.

Rotations efficaces

Les rotations sont le plus efficaces lorsqu'on les combine à des pratiques telles que l'épandage, le compostage et l'utilisation de cultures de couverture, d'engrais vert et de courts cycles de pâturage. Ensemble, ces pratiques améliorent la qualité des sols : augmentation de la stabilité de

l'agrégat, de la granulosité de la structure et de la friabilité et diminution du croûtage de la surface du sol. Les rotations qui comprennent du gazon, de la pâture ou du foin aident également à réduire la densité apparente, laquelle peut grandement nuire à la croissance des racines et à la circulation des nutriments. Autrement dit, les systèmes qui permettent de maintenir ou d'augmenter la teneur en matière organique peuvent accroître la productivité des sols pour tous les systèmes de production agricole, y compris les systèmes de production biologique.

Rotation des cultures et érosion des sols

Les producteurs peuvent réduire l'érosion des sols de leurs terrains en effectuant des rotations à long terme. Dans une étude menée en 1988, on a constaté que la couche arable d'une exploitation biologique était plus épaisse de quinze centimètres comparativement à la couche arable d'une exploitation conventionnelle à proximité, dans la région de Palouse de l'État de Washington.

Dans l'exploitation biologique, laquelle avait une superficie de plus de 30 km², on n'utilisait aucun engrais commercial et l'application de pesticides approuvés était limitée depuis que les sols avaient été labourés pour la première fois en 1909. Les chercheurs ont comparé la couche arable de l'exploitation biologique à celle d'une exploitation conventionnelle à proximité. Les exploitants de la ferme conventionnelle, laquelle avait une superficie de près de 6 km² et avait été labourée pour la première fois en 1908, ont commencé à appliquer les taux recommandés d'engrais commercial en 1948 et de pesticide dans les années 1950.

On explique la différence de profondeur de la couche arable entre les deux exploitations par une érosion beaucoup plus marquée dans l'exploitation conventionnelle entre 1948 et 1985. Les chercheurs ont déterminé que la rotation des cultures pouvait expliquer la différence entre les taux d'érosion, car le plan de rotation de

l'exploitation biologique comprenait des cultures d'engrais vert, contrairement à celui de l'exploitation conventionnelle.

Source : Reganold et al., 1988

ROTATION DES CULTURES ET FERTILITÉ DES SOLS

D'ici peu, les producteurs américains seront peut-être forcés à avoir recours à des pratiques telles que la rotation des cultures. L'augmentation alarmante des concentrations d'azote dans les eaux de surface et les eaux souterraines est attribuée à l'usage d'engrais à base d'azote et de phosphore dans les exploitations agricoles. Les problèmes de ce type peuvent entraîner l'adoption de lois obligeant l'utilisation de *pratiques exemplaires en matière de gestion des nutriments* dans les exploitations agricoles.

Rotation des cultures :
Pratiques idéales qui ne nuisent pas aux revenus

Les producteurs qui ont recours à la rotation des cultures ont un défi de taille à relever : définir des systèmes qui permettent de maintenir les profits de l'exploitation avec des pratiques qui améliorent la qualité des sols et préviennent la dégradation de l'environnement.

Les producteurs ont le choix entre plusieurs options, comme les cultures de remplacement, la double ou triple culture, les entreprises à valeur ajoutée (p. ex., production de semences de cultures de couverture ou de cultures fourragères et d'engrais vert pour le compostage), ou une combinaison de ces mesures.

Azote

Les producteurs font preuve de pratiques exemplaires en matière de gestion des nutriments lorsqu'ils utilisent des légumineuses dans la rotation des cultures afin de fournir de l'azote

atmosphérique biologiquement fixé comme substitut ou supplément à l'engrais inorganique à base d'azote. La quantité d'azote dans les cultures de couverture de légumineuses varie selon l'espèce, mais les légumineuses fournissent en général entre 0,56 et 2,24 kg d'azote par are. Cet azote est minéralisé sur une longue période; ainsi, les surplus n'aboutissent pas facilement dans les cours d'eau et les réseaux souterrains d'approvisionnement en eau. L'azote présent dans les engrais conventionnels, quant à lui, est facilement disponible et les surplus se déplacent par ruissellement ou par lessivage. Les chercheurs estiment qu'entre 40 et 75 % de l'azote total présent dans une culture de couverture de légumineuses est disponible dans les sols pour les cultures subséquentes, selon les conditions environnementales.

On peut également utiliser des *cultures-pièges*, comme les petites céréales, afin de capturer l'azote restant des champs après la récolte des cultures commerciales. Les petites céréales comportent un système racinaire vaste et fibreux qui extrait l'azote disponible de façon efficace. En capturant et en stockant l'azote résiduel des sols, ces cultures-pièges l'empêchent de quitter les champs par ruissellement ou par lessivage.

Phosphore et potassium

Les effets de la rotation des cultures sur l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) et le carbone (C) des sols sont très complexes. Les producteurs biologiques du sud-est affirment que l'utilisation de cultures de couverture à racines profondes dans les rotations aide à bien répartir le phosphore et le potassium entre les couches profondes du profil pédologique et la surface, où les racines des végétaux ont plus facilement accès à ces nutriments.

Le carbone organique constitue un indice de la qualité des sols

Le carbone organique du sol (COS) est un indice important de la qualité des sols, car il influence la structure de ceux-ci. La structure influe quant à elle sur la stabilité des sols, de même que sur leur capacité de rétention d'eau, et constitue un facteur déterminant du cycle des nutriments. Les concentrations de COS à l'équilibre dans les agroécosystèmes sont directement liées aux pratiques agricoles employées. Les producteurs biologiques peuvent ainsi accroître ces concentrations à l'aide de pratiques agricoles durables. Toutefois, ils doivent être conscients du fait que les concentrations de COS bougent lentement après un changement dans les méthodes de gestion des champs.

Les producteurs soutiennent que la rotation des cultures a de nombreux effets positifs sur les échanges de phosphore dans les sols. Selon eux, les végétaux cultivés en rotation présentent généralement une meilleure fonction racinaire et, par le fait même, absorbent plus facilement le phosphore. Les agriculteurs soulignent que les rotations qui comprennent l'utilisation d'engrais vert accroissent souvent l'activité microbienne dans les sols, de même que la quantité de phosphore disponible pour les végétaux. Enfin, l'effet bénéfique de la rotation des cultures sur le cycle des nutriments entraîne une augmentation de deux formes de phosphore disponibles pour les végétaux dans les sols : la biomasse phosphoreuse et le phosphore organique labile.

La rotation des cultures accroît la quantité de N, de C, de P et de K dans les sols

Dans un numéro de l'Agronomy Journal publié en 1998, une équipe de chercheurs affirmait qu'au bout de huit ans, la rotation des cultures biologiques avait augmenté le carbone organique du sol, le phosphore soluble, le potassium échangeable et le pH du sol (mesure de l'acidité).

À la fin de la période de huit ans, le carbone organique du sol dans un champ où des pratiques biologiques de rotation étaient employées était 2 % plus élevé que dans un champ de référence où l'on utilisait des pratiques conventionnelles et un plan de rotation sur deux ans. De façon analogue, l'azote total du sol était 22 % plus élevé dans le champ de culture biologique que dans le champ de culture conventionnelle de référence.

Source : Clark et al., 1998

Végétaux gourmands et peu gourmands

Les exploitants biologiques planifient souvent les rotations en fonction des végétaux, à savoir si ces derniers sont gourmands ou non. La capacité d'extraire l'eau et les nutriments des sols varie d'une culture à l'autre. Les végétaux à racines peu profondes se nourrissent près de la surface, tandis que ceux qui ont des racines profondes peuvent se nourrir des nutriments qui se trouvent en profondeur (Tableau 1). Après la récolte de cultures à racines peu profondes (p. ex., oignons, carottes), les producteurs biologiques peuvent planter des cultures à racines profondes comme le maïs, afin de récupérer les nutriments inutilisés par les cultures à racines peu profondes précédentes et qui ont pu s'enfoncer par lessivage (irrigation ou précipitations) dans les couches plus profondes du profil pédologique. Inversement, ces mêmes producteurs plantent parfois des végétaux peu gourmands à racines peu profondes après la récolte de végétaux gourmands à racines profondes afin d'extraire les nutriments qui

demeurent dans les sols après des applications intensives.

Exemples de végétaux gourmands et de végétaux peu gourmands



Certaines cultures sont gourmandes et appauvrissent les sols, tandis que d'autres sont peu gourmandes et enrichissent les sols.

Cultures qui appauvrissent les sols

Cultures en rang – maïs, soja, légumes, pomme de terre

Cultures neutres ou qui préservent les sols

Cultures céréalières – blé, orge, avoine

Cultures qui enrichissent les sols

Légumineuses – luzerne, trèfle

Graminées – brome cathartique, pré, pâtre

Cultures de couverture

Dans toute exploitation biologique, les légumineuses de saison chaude, utilisées comme cultures de couverture, occupent une place prédominante dans la rotation des cultures. Cela est dû au fait qu'elles constituent une source majeure d'azote pour d'autres cultures biologiques en rotation. La plupart des saisons, on peut fournir tout l'azote biologique nécessaire pour une culture commerciale d'été en cultivant une légumineuse d'hiver comme la vesce velue ou le trèfle incarnat. Les légumineuses de saison chaude comme le dolique, le sunn et le soja offrent également des possibilités de fixation de l'azote biologique en été. En règle générale, dans les rotations de cultures biologiques, les légumineuses succèdent aux cultures de printemps ou précèdent les cultures de légumes d'automne.

Selon les calculs de la rapidité avec laquelle une culture de couverture donnée se décompose

lorsqu'elle est incorporée au sol, les producteurs biologiques peuvent, après la récolte, planter une culture gourmande ou peu gourmande. Si la vitesse de décomposition prévue de la biomasse de la culture de couverture est grande et le rapport biomasse-azote prévu est élevé (p. ex., dans le cas d'une légumineuse d'hiver succulente tuée au milieu du mois de mai), le producteur devrait planter un végétal gourmand. Au contraire, si la vitesse de décomposition prévue est faible (p. ex., dans le cas d'une céréale mature) ou la production de biomasse peut être faible (p. ex., dans le cas d'une légumineuse tuée à la fin du mois de mars), il devrait choisir un végétal peu gourmand.

Cultures de couverture et teneur en eau des sols

Les producteurs doivent être au fait de l'impact des cultures de couverture sur la teneur en eau des sols, surtout au cours des années de sécheresse. La tension causée par la sécheresse peut nuire aux cultures commerciales durant le printemps, lorsqu'une culture de couverture plantée précédemment a réduit la teneur en eau des sols. La germination peut également être réduite ou retardée, ce qui nuit à la croissance en début de saison et au rendement final. Inversement, pendant les années d'humidité, les cultures de couverture peuvent aider à réduire la teneur en eau et permettre de procéder aux activités sur le champ plus tôt. Pendant les années de sécheresse, la décomposition de la biomasse des légumineuses incorporées aux sols secs peut être plus lente qu'à l'habitude; dans ces cas, la libération d'azote biologique peut être moins forte. Résultat : le rendement peut diminuer en raison des carences en azote en début de saison. On peut contrer cet effet en ajoutant de l'engrais à base d'azote.

EXEMPLE

Façon dont les cultures de couverture sont utilisées dans les rotations

Un exploitant décide de planter des tomates, lesquelles sont relativement gourmandes, vers la fin du printemps, lorsqu'il n'y a plus de risque de gelée du sol. Il se prépare en incorporant une culture de couverture de vesce velue au sol afin d'augmenter la quantité de matière organique et d'azote.

Le producteur a choisi la vesce velue, car il sait que les plants de tomates ont besoin d'une dose d'azote en début de saison. La vesce velue, étant donné le faible rapport carbone-azote qu'il présente et sa vitesse de décomposition élevée, peut combler ce besoin.

Et si le producteur avait planté de la laitue au lieu des tomates? La laitue doit être plantée beaucoup plus tôt. De plus, la croissance de la biomasse des légumineuses telles que la vesce velue s'effectue principalement pendant le printemps, après la plantation de la laitue (normalement).

Dans ce cas, l'exploitant devrait planter une culture de couverture de petites céréales, comme le seigle cérééalier, l'automne précédent. Le seigle cérééalier récupère de façon active l'azote restant des cultures de l'été. Cet azote sera disponible pour la laitue, car le seigle, toujours relativement vert, se dégrade rapidement au début du printemps.

Tableau 1. Profondeur efficace de la rhizosphère de cultures clés (centimètres)

Cultures de grande production	Cultures légumières	Cultures fruitières	Fleurs
Orge : 60	Asperge : 60	Pomme : 60	Flours annuelles : 15
Maïs (champ) : 60	Betterave : 30	Bleuet : 45	Plantes ornementales éricacées (p. ex., azalées) : 30
Coton : 60	Broccoli : 30	Fruits de ronces et raisins : 45	Glaïeuls, pivoines, iris : 30
Lin : 60	Chou : 30	Pêche : 45	Autres plantes à bulbe ou à corne : 30
Avoine : 60	Cantaloup : 45	Poire : 45	
Arachide : 60	Carrote : 30	Fraise : 15	
Seigle : 60	Chou-fleur : 30		
Sorgho : 60	Céleri : 30	Gazons	Végétaux de pépinière
Soja : 60	Maïs (sucré) : 60	Terrain sportif (en usage) : 15	Plantes pour plates-bandes (après multiplication) : 15
Tournesol : 60	Concombre : 45	Terrain sportif (non en usage) : 30	Plantes pour aménagements paysagers terminés (prêts à vendre) : entre 45 et 60
Tabac : 45	Chou vert : 45	Verts et allées de golf : 15	Plantes de couvertures (pervenche, lierre, etc.) : 15
Blé : 60	Laitue : 15	Gazon en plaques (établi ou préparé pour vente immédiate) : 15	Plants repiqués : 30
	Haricot de Lima : 45	Gazon en plaques (pelouse et autres gazons conservés pour la vente) : 30	Plantes ornementales vivaces : 60
Cultures fourragères	Oignon (botte) : 15		Arbres, arbustes (conifères et arbustes à fleurs) : 60
Luzerne : 60	Oignon (sec) : 30		
Pâturin : 45	Pois : 45		
Brome : 60	Poivron : 45		
Trèfle ladino : 45	Pomme de terre : 45		
Dactyle pelotonné : 60	Radis : 15		
Trèfle rouge et mélilot : 60	Haricot mange-tout : 45		
Herbe du Soudan : 60	Épinards : 15		
Ivraie : 60	Courge : 45		
Chiendent pied-de-poule : 45	Tomate : 45		
Fétuque élevée : 45	Melon d'eau : 60		

Le calcul de la profondeur de la rhizosphère s'appuie sur les éléments suivants :

1. Profondeur à laquelle la majeure partie du système racinaire s'est développée lorsque la partie commercialisable de la culture est produite ou lorsque la perte d'eau des gazons et des plantes ornementales est le plus élevée.
2. Recherche et expérience entourant les besoins en eau de chaque culture pour l'atteinte d'une qualité, d'une croissance et d'un rendement maximaux.
3. Type de sol dans lequel certaines cultures sont cultivées. La profondeur d'irrigation pendant que le système racinaire de la culture se développe doit être déterminée en fonction de la profondeur réelle des racines au moment de l'irrigation.

Données adaptées de : « Soil Moisture Sensors for Irrigation Management », *Bulletin 312*, University of Maryland Cooperative Extension Service, 1984; « Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements », *ASCE Manual on Engineering Practice*, numéro 70. Avertissement : les produits commerciaux ne sont nommés, dans la présente publication, qu'à des fins d'information. Les auteurs – Virginia Cooperative Extension et Virginia Polytechnic Institute and State University – ne font aucune publicité pour ces produits et ne rejettent pas d'autres produits qui ne sont pas nommés mais qui peuvent convenir.

La polyvalence : un plus pour les producteurs biologiques

Les producteurs de légumes biologiques ont amplement de possibilités de changer leurs plans de rotation, même en mi-saison, par exemple, pour combler le manque d'azote si l'engrais vert ne suffit pas. Ils ont le choix entre diverses cultures légumières dont les besoins en nutriments varient considérablement de l'une à l'autre. Les rotations peuvent ainsi être modifiées rapidement pour résoudre les problèmes.

Bon nombre de cultures légumières, comme la laitue, demeurent dans le champ pour une période relativement courte, ce qui permet de cultiver de multiples cultures.

En cultivant deux ou trois cultures par saison, on peut compenser les coûts associés à l'interruption de la production chaque trois ou quatre ans dans un champ à des fins de « reconstitution ».

La nature disparate des petites et moyennes exploitations de production de légumes, lesquelles comprennent de nombreux champs de petites dimensions, permet aux producteurs de porter attention à la fertilité ou aux besoins physiques de chaque champ.

Source : Sarrantonio, 1992

ROTATION DES CULTURES ET LUTTE CONTRE LES ORGANISMES NUISIBLES

On n'a qu'à penser à l'abondance des insectes, des agents pathogènes, des mauvaises herbes et des maladies des végétaux pour comprendre l'importance de la rotation des cultures dans la réduction des dommages causés par ces organismes dans les exploitations biologiques. Pour que la séquence de la rotation soit adéquate, on doit tenir compte de deux éléments :

- la façon dont une culture peut bénéficier de la culture qui la précède;
- la façon dont les problèmes liés aux organismes nuisibles peuvent être résolus.

Puisque les producteurs biologiques ne peuvent utiliser de produits agrochimiques conventionnels pour lutter contre les organismes nuisibles et doivent employer principalement des stratégies culturales, ils doivent en connaître davantage que les autres producteurs sur la façon dont ces organismes vivent et se comportent. En fait, ils doivent déjouer ces organismes en utilisant diverses stratégies en combinaison avec la rotation des cultures.

Connaître les organismes nuisibles

Il est essentiel de comprendre les habitudes d'un organisme nuisible afin de déterminer la séquence des cultures en rotation. Bon nombre d'insectes et de maladies s'attaquent à plus d'une famille de plantes, et le fait de passer à une famille différente peut avoir peu d'effets quant à la réduction du risque de maladie ou de la pression des insectes si la culture subséquente agit également comme hôte. À titre d'exemple, le *Sclerotium rolfsii* est un agent pathogène qui s'attaque à la majorité des cultures légumières, peu importe la famille, le genre ou l'espèce. Si on a déjà connu des problèmes liés à cet agent dans un champ, il se peut que les producteurs doivent utiliser une culture en rangs dans la rotation – p. ex., maïs ou une autre graminée, foin ou pâture. Cette culture devra demeurer dans la rotation pendant deux ou trois ans.

Lutte contre les agents pathogènes terricoles

Les producteurs biologiques doivent également être au courant des agents terricoles qui s'accumulent lorsque l'on sème une même culture ou des cultures d'une même famille chaque année.

Familles de cultures. En général, les cultures d'une même famille ne doivent pas se succéder sur le même terrain. À titre d'exemple, le cantaloup ne doit pas succéder au concombre. Une rotation *concombre-melon-courge* risque évidemment

d'entraîner des problèmes de maladie. *Au moins deux ans* – période durant laquelle on cultive des cultures d'autres familles – devraient séparer les cultures d'une même famille. On pourrait par exemple effectuer la rotation suivante : famille *Brassica* (choux), suivie de la famille des composées (laitue, fleurs coupées), suivie de la famille des solanacées (tomate, pomme de terre, poivron, aubergine), suivie de la famille des curbitacées (courge, concombre, melons).

Durée de la rotation. La durée pendant laquelle les agents terricoles demeurent viables sur le terrain est critique pour toute décision concernant la durée de la rotation (avant que l'on plante la même culture légumière). Sauf quelques exceptions, une rotation sur quatre ans comprenant une séquence de cultures qui ne sont *pas sensibles* aux mêmes agents pathogènes limite les problèmes liés aux agents pathogènes terricoles. Toutefois, pour que cette stratégie soit efficace, le champ doit être exempt de mauvaises herbes ou de plantes spontanées sensibles aux agents pathogènes.

Tableau 2. Périodes de rotation permettant de réduire l'incidence de maladies terricoles

Légume	Maladie	Nombre d'années sans culture sensible
Asperge	Pourriture fusarienne	8
Chou potager	Hernie	7
Chou potager	Jambe noire	3-4
Chou potager	Pourriture noire	2-3
Melon brodé	Flétrissure fusarienne	5
Panais	Chancre de la racine	2
Pois	Pourriture des racines	3-4
Pois	Flétrissure fusarienne	5
Citrouille	Pourriture noire	2
Radis	Hernie	7

Source : S.A. Johnson et P.J. Nitzche, USDA

Notons les quelques exceptions à la règle, comme la hernie des crucifères, la flétrissure sclérotique de la laitue et la flétrissure fusarienne (maladie touchant de nombreux légumes). Les longues

rotations de quatre ans ou plus sont conseillées afin d'éviter ces maladies. Là où il y a antécédent de problèmes liés à des agents pathogènes de longue durée, les méthodes suivantes sont recommandées :

- solarisation du sol (couvrir le terrain d'une couche de plastique transparente pour que les rayons solaires augmentent suffisamment la température des sols pour détruire les agents pathogènes);
- ajout de compost;
- utilisation de variétés résistantes;
- longues rotations.

En règle générale, une rotation sur deux ans réduit l'incidence de maladies foliaires (feuilles), car les tissus infectés des cultures précédentes constituent une source majeure d'inoculum. Habituellement, ces tissus se décomposent entièrement au bout de deux ans, et les inoculum disparaissent avec les résidus de culture. À titre d'exemple, la majorité des inoculum de brûlure hâtive sur la tomate et de cercosporose sur les cucurbitacées, de même que la majorité des maladies bactériennes foliaires peuvent être éliminés par destruction et par incorporation de résidus et en attendant un an avant la nouvelle plantation.

Techniques de labour. Les diverses techniques de labour peuvent avoir un impact sur la lutte contre les maladies ou la rotation des cultures. À titre d'exemple, d'une année à l'autre, la survie de l'agent pathogène du *Sclerotium rolfsii* se limite généralement à la couche superficielle du sol (de cinq à huit centimètres), et l'enfouissement sous cette profondeur constitue une méthode efficace de lutte contre la maladie. Les producteurs doivent également se pencher sur la façon dont les différents systèmes de labour influent sur une rotation. Si un plan de gestion prévoit, par exemple, une période d'interruption des travaux, l'incorporation de résidus sera retardée et la sélection des cultures en rotation sera peut-être plus limitée. Les techniques de labour qui favorisent le drainage réduisent en général l'incidence des maladies des semis. En plantant

des cultures en rotation en hauteur ou dans une plate-bande, on réduit généralement l'incidence de la fonte de semis.

Agents pathogènes difficiles. On peut lutter contre certains agents pathogènes particulièrement difficiles au moyen de rotations relativement courtes de végétaux qui ne sont pas des hôtes propices pour la maladie. D'autres agents nécessitent des rotations plus longues.

La flétrissure bactérienne du tabac ou du Sud est un exemple de maladie qui nécessite une longue période de rotation. D'ailleurs, lorsque le niveau d'infestation est de modéré à élevé, il est impossible de lutter de façon efficace contre cet agent pathogène sans une rotation appropriée. La rotation des cultures est efficace contre la flétrissure bactérienne du Sud, car les bactéries causant cette maladie ne se multiplient pas dans le sol sans la présence de tissus végétaux sensibles. Par conséquent, les populations diminuent en l'absence d'un végétal convenable (p. ex., le plant de tomate), même si cette absence ne dure, par exemple, qu'un an. En plantant une culture qui n'agit pas comme hôte, comme le soja, la fétuque, le maïs, le coton ou le sorgho, et en la cultivant pendant un an seulement, on réduit considérablement les pertes dues à la maladie dans la culture de tomates subséquente.

Certains agents pathogènes nécessitent une rotation à long terme

La pourriture de la patate douce (*Streptomyces*) est un exemple d'agent pathogène qui nécessite une période de rotation plus longue. Voici un exemple de plan de rotation typique visant à lutter contre cet agent :

année 1 – mesurer le pH du sol, appliquer de la chaux au besoin et planter des fèves;
années 2 et 3 – planter du maïs et des petites céréales;
année 4 – planter du tabac;
année 5 – mesurer le pH du sol. Si le pH est de 5,2 ou moins, solariser le sol et planter des patates douces. Lorsque l'on dresse le plan de rotation, on doit éviter que la patate douce succède à une culture qui nécessite un pH du sol élevé.

Source : Averde et Ristaino, 1991

Comme c'est le cas pour n'importe quel autre agent pathogène terricole, plus la période de rotation est longue, plus la lutte contre cet agent est efficace. D'autres pratiques de gestion aident à lutter contre cet agent. On peut, par exemple, améliorer les propriétés de drainage, éviter de cultiver tard dans la saison ou en profondeur (ou les deux), détruire les tiges et les racines ou solariser le sol (Melton et Shew, 1998).

Lutte contre les nématodes

La sensibilité aux nématodes parasites, lesquels sont des ravageurs courants des végétaux, doit également être prise en considération dans les plans de rotation des cultures. Il s'agit d'une question complexe, car les espèces de nématodes sont nombreuses, et leur capacité d'infecter les cultures légumières varie selon l'espèce et la culture.

En général, on doit, dans les rotations, séparer les cultures sensibles à un nématode donné (p. ex., nématode cécidogène) à l'aide de cultures qui ne le sont pas ou qui sont difficilement infectées par

ce nématode. Les populations de nématodes diminuent ensuite durant les années intermédiaires à des niveaux en deçà des seuils de dommages économiques causés aux cultures sensibles. Lorsque les populations de nématodes se situent sous ces seuils, on peut replanter les cultures sensibles.

Les cultures d'engrais vert qui n'agissent pas comme hôtes pour les nématodes difficiles sont parfois employées dans les interventions. On effectue beaucoup de recherches sur l'appariement des cultures légumières avec l'engrais vert afin de lutter contre les nématodes nuisibles. Le colza et la moutarde ne sont pas vulnérables à l'infection par divers nématodes parasites et sont couramment plantés par les producteurs biologiques afin de « nettoyer » les sols durant l'hiver. Il semble également que certaines cultures de couverture réduisent les populations de nématodes (p. ex., pois mascate, sorgho-herbe du Soudan, sunn).

Genres principaux de nématodes parasites des végétaux aux États-Unis et façon dont ils endommagent les végétaux

- Les **nématodes cécidogènes** forment des galles sur les tissus végétaux endommagés. Ces galles bloquent l'apport d'eau et de nutriments au végétal, ce qui ralentit la croissance, nuit à la production de fruits et provoque le jaunissement et la flétrissure du feuillage. Les racines deviennent rugueuses, présentent des protubérances et sont susceptibles de craquer.
- Les **nématodes à kyste** donnent aux végétaux une apparence de chétivité et de malnutrition et entraînent la production de pétioles plus petits que la normale. Les feuilles sont susceptibles à la flétrissure et se recourbent sur elles-mêmes, tandis que les racines s'épaississent, deviennent rugueuses et prennent une teinte rouge ou brune.
- Les **nématodes urticants** sont présents principalement dans le Sud, surtout dans les sols sableux affichant une faible teneur en matière organique. Les zones où l'on trouve des plantes rabougries constituent un indice de leur présence. Avec l'expansion de ces zones, qui finissent par se rejoindre, les premiers végétaux touchés commencent à mourir, d'abord par les bords des feuilles plus âgées.
- Les **nématodes radicicoles** provoquent le brunissement à l'intérieur des tubercules de pomme de terre et dans les racines du maïs, de la laitue, des pois, des carottes, des tomates et des cultures de la famille *Brassica*.

Source : Roger B. Yepsen, 1984

Lutte contre les mauvaises herbes

La rotation des cultures doit être planifiée de façon à rendre la croissance et la reproduction des mauvaises herbes difficile. Si l'on perturbe le sol en le labourant de façon plus ou moins programmée, on peut créer un milieu instable peu propice à la croissance des mauvaises herbes. Certaines cultures peuvent limiter les mauvaises

herbes en leur faisant concurrence pour l'eau et les nutriments, ou en bloquant la lumière du soleil.

Propriétés allélopathiques. Bon nombre de végétaux créent ce que l'on appelle de l'*interférence allélopathique*. Pendant leur croissance et leur décomposition, ces végétaux libèrent des substances chimiques qui empêchent la germination et la croissance d'autres végétaux. Les propriétés allélopathiques et la sensibilité aux substances chimiques allélopathiques varient d'un végétal à l'autre. À titre d'exemple, la germination des dicotylédones peut être inhibée durant le printemps suivant le labour d'une culture de couverture de seigle céréalière d'hiver, mais il se peut que le maïs sucré semé dans le chaume ne soit aucunement touché. Des chercheurs ont utilisé, avec succès, des cultures de couverture de blé, d'orge, d'avoine, de seigle, de sorgho et d'herbe du Soudan pour lutter contre les mauvaises herbes par allélopathie, concurrence et ombrage. On a également observé une suppression des mauvaises herbes causée par des résidus et des lessivats de trèfle incarnat, de vesce velue et d'autres légumineuses. Lorsqu'elles sont tuées et laissées sur la surface sous forme de paillis, les cultures de couverture continuent quand même de nuire aux mauvaises herbes, principalement en bloquant la lumière du soleil.

Rotation visant à lutter contre les mauvaises herbes

Dans un champ où il cultive de la laitue de façon continue pendant le printemps, le producteur peut planter une culture de couverture vigoureuse à forte croissance pendant l'été (p. ex., soja, dolique, millet japonais), puis planter du brocoli pendant l'automne. On renversera très peu de graines de mauvaises herbes (ou on n'en renversera aucune) et les cultures de laitue s'en porteront mieux, car la concurrence de la part des mauvaises herbes sera réduite.

Lutte contre les insectes

Les producteurs biologiques ont un défi de taille à relever : lutter contre les insectes nuisibles sans utiliser de pesticides. Ils ont principalement recours à de bonnes pratiques de gestion, comme la rotation des cultures, pour réduire la quantité d'organismes nuisibles. Ils doivent avoir une bonne connaissance pratique des cycles biologiques des insectes, des agents pathogènes et des mauvaises herbes, de même que des mesures culturales ayant un effet sur les populations d'organismes nuisibles. Les producteurs doivent également connaître les habitudes et les préférences des insectes quant à l'alimentation, et doivent savoir quelles cultures ne sont pas appétissantes pour les insectes courants dans la région.

Inutile de le dire, la rotation des cultures n'est pas efficace contre tous les insectes. En effet, elle a peu d'effets sur les insectes très mobiles, car ces derniers peuvent s'attaquer à des cultures à partir de champs voisins ou d'autres zones. En général, on recommande d'utiliser, dans la rotation, des cultures qui agissent comme hôtes pour des insectes complètement différents, qui présentent des caractéristiques de croissance différentes et qui se distinguent les unes des autres à d'autres égards.

EXEMPLE

Tout cela nuit aux organismes nuisibles et les empêche de combler leurs besoins normaux durant leur cycle de vie – besoin des insectes de se nourrir, besoin des agents pathogènes de trouver un hôte convenable qu'ils peuvent infecter ou, dans le cas des mauvaises herbes, besoin d'une *architecture* de cultures ou d'un régime de labour à exploiter.

Dans le cadre d'une étude menée en 1988 en Californie, les chercheurs M.L. Flint et P.A. Roberts ont constaté que les organismes nuisibles contre lesquels la rotation des cultures est efficace ont des caractéristiques communes :

- la gamme d'hôtes convenables pour l'organisme est assez restreinte ou ne comprend pas de végétaux courants dans une zone donnée;
- les organismes nuisibles proviennent du champ;
- les organismes sont incapables de survivre pendant de longues périodes sans hôte vivant. C'est-à-dire, les populations diminuent considérablement au bout d'un ou de deux ans suivant l'enlèvement du végétal hôte. Les organismes sont le plus immobiles possible – p. ex., nématodes endogés ou radicicoles et agents pathogènes du sol (s'ils ne produisent pas de spores atmosphériques, telles que *Ralstonia solanacearum*).

Stratégies réfléchies dans la lutte contre les insectes nuisibles

Les insectes nuisibles peu mobiles qui se nourrissent de plantes précises dans des zones restreintes sont les plus faciles à combattre. L'utilisation des rotations dans la lutte contre les insectes se résume à faire en sorte que ceux-ci éprouvent le plus de difficulté possible à trouver des végétaux hôtes qui leur conviennent.

Les producteurs tentent de perturber la croissance et la période de reproduction des insectes en utilisant des cultures insensibles dans la rotation. Lorsqu'ils prévoient des problèmes liés à un insecte en particulier, ils doivent séparer physiquement les espèces sensibles à l'aide d'espèces insensibles pour faire en sorte que les insectes aient du mal à passer aux cultures qu'ils préfèrent.

Une autre stratégie consiste à utiliser des cultures commerciales ou de couverture qui attirent les insectes bénéfiques aidant à réduire les populations d'insectes nuisibles. Des chercheurs de la Géorgie ont observé de fortes densités de géocorinés, de coccinelles et d'autres insectes bénéfiques dans les vesces et les trèfles utilisés comme cultures de couverture (Bugg et Waddington, 1994). Des preuves empiriques indiquent que des insectes bénéfiques ont détruit le doryphore de la pomme de terre se nourrissant d'aubergines plantées dans les cultures de trèfle incarnat labouré en bandes.

LECTURES RECOMMANDÉES

Sources citées

- Averre, C.W. et J.B. Ristaino. 1991. « Streptomyces soil rot (pox) of sweetpotato ». *Vegetable Disease Information Note 3*. North Carolina Cooperative Extension Service. NC State University, Raleigh.
- Bugg, R.L. et C. Waddington. 1994. « Using cover crops to manage arthropod pests of orchards ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 50, p. 11-28.
- Clark, M.S., W.R. Horwath, C. Shennan et K.M. Scow. 1998. « Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices ». *Agronomy Journal*, n° 90, p. 662-671.
- Flint, M.L. et P.A. Roberts. 1988. « Using crop diversity to manage pest problems: Some California examples ». *American Journal of Alternative Agriculture*, n° 3, p. 163-167.
- Karlen, D.L., G.E. Varvel, D.G. Bullock et R.M. Cruse. 1994. « Crop rotations for the 21st century ». *Advances in Agronomy*, n° 53, p. 1-45.
- Melton, T.A. et H.D. Shew. 1998. « Granville Wilt ». *Tobacco Disease Information Note 2*. North Carolina Cooperative Extension Service. NC State University, Raleigh.
- Mitchell, C.C. et J.A. Entry. 1998. « Soil C, N and crop yields in Alabama's long-term "Old Rotation" cotton experiment ». *Soil Tillage Research*, n° 47, p. 331-338.
- Perucci, P. U., Bonciarelli, R. Santilocchi et A.A. Bianchi. 1997. « Effect of rotation, nitrogen fertilization, and management of crop residues on some chemical, microbiological, and biochemical properties of soil ». *Biology and Fertility of Soils*, n° 24, p. 311-316.
- Reganold, J.P. 1988. « Comparison of soil properties as influenced by organic and conventional farming systems ». *American Journal of Alternative Agriculture*, n° 3, p. 144-145.
- Sarrantonio, M. 1992. « Opportunities and challenges for the inclusion of soil-improving crops in vegetable production systems ». *HortScience*, n° 27, p. 754-758.
- Yepsen, Roger B. Jr. (Éd.) 1984. *The Encyclopedia of Natural Insect & Disease Control* (p. 267-271). Édition révisée. Rodale Press, Emmaus, PA.

Lectures additionnelles

- Bullock, D.G. 1992. « Crop rotation ». *Critical Reviews in Plant Sciences*, n° 11, p. 309-326.
- Creamer, N.G., M.A. Bennet et B.R. Stinner. 1996. « Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems ». *HortScience*, n° 31, p. 410-413.
- Dick, W.A. 1992. « A review: Long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 40, p. 25-36.
- Francis, C.C. et M.D. Clegg. 1990. « Crop rotations in sustainable production systems ». In C.A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R.H. Miller et G. House (Éd.) *Sustainable Agricultural Systems* (pp. 107-122). Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.
- Fraser, D.G., J.W. Doran, W.W. Sahs et G.W. Lesoing. 1988. « Soil microbial populations and activities under conventional and organic management ». *Journal of Environmental-Quality*, n° 17, p. 585-590.
- Gerhardt, R.A. 1997. « A comparative analysis of the effects of organic and conventional farming systems on soil structure ». *Biological Agriculture and Horticulture*, n° 14, p. 139-157.
- Helenius, J. 1997. « Spatial scales in ecological pest management (EPM): Importance of

- regional crop rotations ». *Biological Agriculture and Horticulture*, n° 15, p. 163-170.
- Janzen, H.H., C.A. Campbell et S.A. Brandt. 1992. « Light fraction organic matter in soils from long-term crop rotations ». *Soil Science Society of America Journal*, n° 56, p. 1799-1806.
- Johnston, S.A. et P.J. Nitzche. Aucune date. *Rotation periods suggested to help control vegetable diseases*. New Jersey Extension Service.
- Karlen, D.L., E.C. Berry, T.S. Colvin et R.S. Kanwar. 1991. « Twelve-year tillage and crop rotation effects on yields and soil chemical properties in northeast Iowa ». *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, n° 22, p. 1985-2003.
- Liebman, M. et E. Dyck. 1993. « Crop rotation and intercropping strategies for weed management ». *Ecological Applications*, n° 3, p. 92-122.
- Lopez-Bellido, L., F.J. Lopez-Garrido, M. Fuentes, J.E. Castillo et E.J. Fernandez. 1997. « Influence of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on soil organic matter and nitrogen under rain-fed Mediterranean conditions ». *Soil & Tillage Research*, n° 43, p. 277-293.
- Prince, A.L., S.J. Toth, A.W. Blair et F.E. Bear. 1941. « Forty-year studies of nitrogen fertilizers ». *Soil Science*, n° 52, p. 247.
- Robertson, F.A. et W.C. Morgan. 1996. « Effects of management history and legume green manure on soil microorganisms under organic vegetable production ». *Australian Journal of Soil Resources*, n° 34, p. 220-427.
- Wander, M.M., S.J. Traina, B.R. Stinner et S.E. Peters. 1994. « Organic and conventional management effects on biologically active soil organic matter pools ». *Soil Science Society of America Journal*, n° 58, p. 1130-1139.
- Wyland L.J., L.E. Jackson et W.E. Chaney. 1996. « Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 59, p. 1-17.

La série de publications *Organic Production* est produite par
le Center for Environmental Farming Systems



Collaboration entre
la North Carolina State University,
la North Carolina A&T State University et
le North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services



Le Southern Region Sustainable Agriculture Research and Education Program et
l'Initiative for Future Agriculture and Food Systems Program de l'USDA
ont financé la série de publications *Organic Production*.
David Zodrow et Karen Ven Epen (ATTRA) ont
participé à la rédaction technique, à la révision et à la mise en forme de ces publications.

**Préparé par
Keith R. Baldwin**

Directeur de programme, ANR/CRD
Vulgarisateur – horticulture
North Carolina A&T State University

Publié par
LE NORTH CAROLINA COOPERATIVE EXTENSION SERVICE

COLLEGE OF
AGRICULTURE & LIFE SCIENCES
ACADEMICS ♦ RESEARCH ♦ EXTENSION

NC STATE UNIVERSITY

AG-659W-05

06/2006-BS
E06-45788

Distribué conformément aux lois du Congrès du 8 mai et du 30 juin 1914. La North Carolina State University et la North Carolina A&T State University s'engagent à prendre des mesures positives afin d'offrir des chances égales à tous, sans égard à la race, à la couleur, aux croyances, à l'origine, à la religion, au sexe, à l'âge ou à l'incapacité. De plus, les deux universités accueillent toute personne, peu importe l'orientation sexuelle. Une collaboration de la North Carolina State University, de la North Carolina A&T State University, du département de l'Agriculture des États-Unis (USDA) et des administrations locales.

This report was originally published in English by the Center for Environmental Farming Systems (CEFS), USA. The Organic Agriculture Centre of Canada (OACC) gratefully acknowledges CEFS for permission to publish the report in French.

Le présent rapport a été publié à l'origine en anglais par le Center for Environmental Farming Systems (CEFS), aux États-Unis. Le Centre d'agriculture biologique du Canada (CABC) remercie CEFS de lui avoir accordé la permission de publier ce rapport en français.

Organic Production – Rotation des cultures dans les exploitations biologiques