



Jeu de l'oie

Règles du jeu

Le jeu de l'oie se joue avec deux dés et, de préférence, 3 à 8 joueurs. Chaque joueur lance les deux dés. Celui qui fait le plus gros score commence et les autres joueurs jouent après lui dans le sens des aiguilles d'une montre (en commençant par le joueur à la gauche du premier joueur). Chaque joueur doit avoir un pion qui tourne après lui dans le sens des aiguilles d'une montre. Chacun à son tour, les joueurs lancent les deux dés, calculent leur somme et avancent autant cases que de points ils ont obtenus. Lorsqu'un joueur arrive sur une case « verte » (succès), il peut choisir de continuer à jouer ou de retourner à la case d'où il venait. Lorsqu'un joueur arrive sur une case « rouge » (accidents), on suit également les instructions, qui sont pénalisantes. Le vainqueur est le premier qui arrive exactement sur la case 63. Lorsque la somme des dés est supérieure au nombre de points dont on a besoin pour arriver sur la case 63, on recule son pion d'autant de cases qu'on a de points en trop. Si un autre jour arrive dans le même tour de jeu il y a égalité.

Cases vertes (succès)

- 9 Tu as fait un écochage ! Bravo ! La fertilité du sol est améliorée. Va directement à la case 12 !
- 6 Tu as semé très tôt. C'est un gros avantage pour les cultures qui sont très belles. Si tu es arrivé ici en faisant 5 et 4, va directement à la case 53. Si tu as fait 6 et 3, va directement à la case 26 !
- 18 Tu as utilisé des semences d'excellente qualité et tu as choisi les bonnes espèces et les bonnes variétés. Rejoue !
- 27 Tu as parfaitement géré l'association des plantes : date de semis, densité, agencement des plantes, fertilisation, variété, etc. Rejoue !
- 36 Tu as réussi à produire une très forte biomasse et tu disposes d'une très belle couverture végétale. Rejoue !
- 45 Grâce aux apports de biomasse, le taux de matière organique du sol augmente. Rejoue !
- 54 La faune et la microflore du sol sont dans de très bonnes conditions et sont très actives. Le sol est devenu très fertile. Rejoue !
- 59 Tes cultures, bien alimentées, sont très saines. Rejoue !

Cases rouges (accidents)

- 14 Tu as mal géré l'association entre les plantes ! La plante de couverture fait de la compétition à la culture. Tu dois la contrôler. Passe deux tours !
- 19 La couverture du sol n'est pas suffisante ! Tu dois arracher les mauvaises herbes qui poussent au travers. Passe deux tours !
- 25 Des animaux non gardés ont mangé toute la couverture végétale. Tu dois la ressemer. Retourne à la case 12 !
- 31 Tu n'as plus de semences ! Reste sur cette case jusqu'à ce qu'un autre joueur t'en apporte ! Tu te rendras alors sur la case qu'il vient de quitter.
- 42 Un feu non contrôlé t'a fait perdre toute la couverture végétale. Il faut la reconstituer. Retourne à la case 30 !
- 52 Tu n'as pas fait attention aux rats qui ont causé des dégâts sur les cultures et remonté en surface des graines de mauvaises herbes. Passe deux tours !
- 58 Tu as labouré de nouveau ton champ parce que la couverture végétale était insuffisante et que tu avais peur de ne pas pouvoir contrôler les mauvaises herbes. Retourne à la case départ !

D E P A R T
 vers le Semis direct sur Couverture Végétale permanente







AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT
 LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT
 TATA Groupement Semis Direct de Madagascar
 Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

Jeu de l'oie

Le semis direct sur couverture végétale permanente (en milieu tropical)

Fiche de questions

- 1 Il est indispensable de labourer le sol avant de semer une culture. Vrai ou faux ?
- 2 Le labour permet d'améliorer durablement la structure du sol. Vrai ou faux ?
- 3 Le labour permet de contrôler les adventices vivaces. Vrai ou faux ?
- 4 Le labour accélère la minéralisation de la matière organique et la libération d'éléments nutritifs. Vrai ou faux ?
- 5 Un simple apport de paille peut permettre d'améliorer considérablement l'état des cultures. Vrai ou faux ?
- 6 **Tu as fait un écobuage ! La fertilité du sol est améliorée. Regarde pourquoi à la page «réponses».** **Va à la case 12 !**
- 7 Les plantes à petites graines démarrent plus vite que les plantes à grosses graines. Vrai ou faux ?
- 8 Quand elle est bouturée, une plante a une reprise plus rapide que quand elle est plantée par graines. Vrai ou faux ?
- 9 **Tu as semé très tôt. C'est un gros avantage pour les cultures qui sont très belles. Regarde pourquoi à la page «réponses»**
Si tu es arrivé ici en faisant 5 et 4, va directement à la case 53. Si tu as fait 6 et 3, va directement à la case 26 !
- 10 Le fait de lui associer une plante de couverture fait toujours baisser le rendement de la culture principale. Vrai ou faux ?
- 11 Il est difficile d'associer des plantes en culture mécanisée. Vrai ou faux ?
- 12 En décalant le semis d'une plante de couverture de quelques semaines par rapport à la culture principale, on réduit le risque qu'elle lui fasse de la compétition. Vrai ou faux ?
- 13 On ne peut pas éloigner les plantes de couverture des cultures pour essayer de réduire le risque de compétition, car cela conduit à une réduction du nombre de plantes par hectare, ce qui fait chuter la production. Vrai ou faux ?
- 14 **Tu as mal géré l'association entre les plantes ! La plante de couverture fait de la compétition à la culture. Tu dois la contrôler. Regarde comment faire à la page «réponses».** **Passes deux tours !**
- 15 Les légumineuses volubiles comme la mucuna ou la dolique sont des plantes de couverture faciles à associer avec toutes les cultures car elles font peu de compétition. Vrai ou faux ?
- 16 Les brachiarias sont des plantes très faciles à associer aux cultures car elles font peu de compétition. Vrai ou faux ?
- 17 Le stylosanthes est une plante de couverture très facile à associer aux cultures car sa croissance en début de cycle est lente. Vrai ou faux ?
- 18 **Tu as utilisé des semences d'excellente qualité et tu as choisi les bonnes espèces et les bonnes variétés.** **Rejoue !**
- 19 **La couverture du sol n'est pas suffisante ! Tu dois arracher les mauvaises herbes qui poussent.** **Passes deux tours !**
- 20 Le maïs est une culture à laquelle il est très facile d'associer une plante de couverture. Vrai ou faux ?
- 21 Le cotonnier est une culture à laquelle il est très facile d'associer une plante de couverture. Vrai ou faux ?
- 22 Il n'est pas possible de cultiver en semis direct des plantes à gynophores (arachide, pois de terre) car la couverture végétale empêche les gynophores de positionner les gousses dans le sol. Vrai ou faux ?
- 23 Il est possible de cultiver des plantes «souterraines» (manioc, pomme de terre, etc.) en semis direct. Vrai ou faux ?
- 24 Il est possible de semer une plante de couverture dans le soja, quelques semaines avant sa récolte. Vrai ou faux ?
- 25 **Des animaux non gardés ont mangé toute la couverture végétale. Tu dois la ressemer.** **Retourne à la case 12 !**
- 26 Il est indispensable de bien tuer la plante de couverture avant d'installer une culture. Vrai ou faux ?
- 27 **Tu as parfaitement géré l'association des plantes : dates de semis, densité, agencement des plantes dans l'espace, fertilisation localisée, variété, etc. Regarde les explications à la page «réponses» .** **Rejoue !**
- 28 Le semis direct ne peut se faire que si on dispose d'herbicide pour contrôler les plantes de couverture. Vrai ou faux ?
- 29 *Stylosanthes guianensis* est une plante de couverture très intéressante, mais difficile à contrôler. Vrai ou faux ?
- 30 Parmi les différentes espèces de brachiaria, *Brachiaria ruziziensis* est la plus facile à contrôler. Vrai ou faux ?
- 31 **Tu n'as plus de semences ! Reste sur cette case jusqu'à ce qu'un autre joueur t'en apporte ! Tu te rendras alors sur la case qu'il vient de quitter. Regarde les informations à la page «réponses»**
- 32 Les espèces du genre *Brachiaria* et le stylosanthes sont particulièrement bien adaptés aux sols acides. Vrai ou faux ?

- 33 Le maïs est une plante qui tolère mieux l'acidité que le riz pluvial. Vrai ou faux ?
- 34 Certaines plantes de couverture sont capables de recycler les éléments nutritifs lixiviés en profondeur. Vrai ou faux ?
- 35 Certaines plantes de couverture sont capables de mobiliser des éléments nutritifs fixés dans le sol et qui ne sont pas accessibles aux cultures. Vrai ou faux ?
- 36 **Tu as réussi à produire une très forte biomasse et tu disposes d'une très belle couverture végétale. Rejoue !**
- 37 Certaines légumineuses peuvent fixer l'équivalent en azote de plus de 400 kg/ha d'urée. Vrai ou faux ?
- 38 Le semis direct, qui demande une forte production de biomasse, nécessite beaucoup d'eau pour les différentes plantes et ne peut donc se faire que dans les climats très humides. Vrai ou faux ?
- 39 Le contrôle des adventices en semis direct se fait essentiellement par un usage intensif d'herbicides. Vrai ou faux ?
- 40 Certaines plantes de couverture produisent des substances qui diminuent l'impact des insectes ravageurs. Vrai ou faux ?
- 41 Le riz pluvial possède un système racinaire très puissant, capable de décompacter les sols. Vrai ou faux ?
- 42 **Un feu non contrôlé t'a fait perdre toute la couverture végétale. Il faut la reconstituer. Retourne à la case 30 !**
- 43 En protégeant le sol pour éviter l'érosion, on peut maintenir son stock de matière organique sans qu'il soit nécessaire de lui apporter de la matière organique fraîche. Vrai ou faux ?
- 44 Les plantes, en puisant la fertilité du sol, contribuent à sa dégradation. Vrai ou faux ?
- 45 **Grâce aux apports de biomasse, le taux de matière organique du sol augmente. Regarde à la page «réponses». Rejoue !**
- 46 Toutes les plantes, une fois mortes, se décomposent à la même vitesse. Vrai ou faux ?
- 47 La matière organique du sol est essentielle pour sa structure. Vrai ou faux ?
- 48 La matière organique est essentielle pour le stockage des éléments nutritifs et l'alimentation des plantes. Vrai ou faux ?
- 49 La macrofaune et la microflore, qui se nourrissent de matière organique, la décomposent et entraînent sa minéralisation. Une forte activité biologique conduit donc à une dégradation rapide du sol. Vrai ou faux ?
- 50 Le semis direct est beaucoup plus facile en zone tropicale humide où on peut aisément produire une forte biomasse, qu'en milieu tempéré où les températures et les précipitations limitent la production de biomasse. Vrai ou faux ?
- 51 De bons systèmes en semis direct, bien conduits, permettent de séquestrer plus de 2 t/ha/an de carbone. Vrai ou faux ?
- 52 **Tu n'as pas fait attention aux rats qui ont causé des dégâts sur les cultures et remonté en surface des graines de mauvaises herbes. Passe deux tours !**
- 53 Le semis direct nécessite de conserver toute la biomasse produite et ne permet pas l'alimentation du bétail. Vrai ou faux ?
- 54 **La faune et la microflore du sol sont dans de très bonnes conditions et sont très actives. Le sol est devenu très fertile. Rejoue !**
- 55 La microflore du sol contribue à la bonne alimentation des plantes. Vrai ou faux ?
- 56 La microflore du sol contribue au maintien de la structure du sol. Vrai ou faux ?
- 57 La microflore du sol contribue à la santé des plantes. Vrai ou faux ?
- 58 **Tu as labouré de nouveau ton champ parce que la couverture végétale était insuffisante et que tu avais peur de ne pas pouvoir contrôler les mauvaises herbes. Retourne à la case départ !**
- 59 **Tes cultures, bien alimentées, sont très saines. Lis les explications à la page «réponses». Rejoue !**
- 60 Il est possible d'intégrer dans les systèmes de culture diverses espèces en associations et/ou successions, de manière à assurer les fonctions agronomiques fondamentales (protection et structuration du sol, contrôle des adventices et des bio-agresseurs, alimentation des plantes, etc.). Vrai ou faux ?
- 61 Le semis direct demande des investissements importants. Vrai ou faux ?
- 62 La transition entre systèmes conventionnels et semis direct est longue et risquée. Vrai ou faux ?
- 63 **Tu es arrivé ! Vas-tu essayer de te lancer dans les cultures en semis direct sur couverture végétale permanente ?**

Jeu de l'oie

Le semis direct sur couverture végétale permanente (en milieu tropical)

Réponses aux questions

(passe un tour si tu ne sais pas répondre)

- 0 Illustration : gardien de troupeau d'oies au lac Alaotra, Madagascar (climat de moyenne altitude avec longue saison sèche).
- 1 Faux ! Le semis direct sur couverture végétale remplace le travail mécanique du sol par un travail biologique, effectué par les racines puissantes des plantes et l'activité biologique intense, favorisée par les conditions créées par la couverture végétale permanente (aération, humidité, matière organique, températures tamponnées, etc.).
Illustration : labour manuel en commun sur les hautes terres malgaches (climat sub-tropical d'altitude avec saison froide).
- 2 Faux ! Le labour améliore temporairement la structure du sol, mais contribue à moyen terme à sa destructuration, par fragilisation des agrégats, érosion, perte de matière organique et baisse de l'activité biologique.
Illustration : labour manuel en commun sur les hautes terres malgaches, avec retournement de grosses mottes.
- 3 Faux ! Il est très difficile de contrôler les plantes vivaces par le travail du sol uniquement, et le travail du sol peut, au contraire, contribuer à multiplier les plantes à rhizomes (comme *Cynodon dactylon*, le chiendent) ou à organes de réserve souterrains (comme les chaînes de bulbilles de *Cyperus rotundus*), en les fractionnant.
Illustration : Cynodon dactylon, mal contrôlé par un labour retourné, à la charrue. Lac Alaotra, Madagascar.
- 4 Vrai ! Le labour engendre un pic de minéralisation rapide, par fractionnement de la matière organique, et création d'un flux d'oxygène, généralement en début de saison des pluies. Cette minéralisation conduit à la libération d'éléments nutritifs, mais elle est décalée par rapport aux besoins de la culture et se fait aux dépens du stock de matière organique du sol.
Illustration : apport de poudrette de parc après labour, Lac Alaotra, Madagascar.
- 5 Vrai ! Le paillage protège le sol, réduit le ruissellement et conserve l'humidité, améliorant le bilan hydrique et favorisant le développement de l'activité biologique.
Illustration : effet très marqué du paillage sur le pois de terre en année sèche au lac Alaotra, Madagascar.
- 6 **L'écobuage est une combustion lente, à basse température (200°C) de biomasse séchée dans des tranchées et recouverte de terre. Il entraîne une oxydation forte qui active la matière organique inerte du sol, libère des bases (éléments nutritifs), remonte le pH du sol (baisse de l'acidité), mais avec moins de perte d'azote par volatilisation que dans le brûlis traditionnel. Il permet donc à moindre coût (mais avec un travail considérable) de remonter rapidement la fertilité du sol. L'écobuage demande cependant un important travail et une bonne maîtrise technique, et il suppose qu'une importante biomasse (pour le matériel de combustion) soit disponible à proximité.**
Illustration : écobuage sur les hautes terres malgaches.
- 7 Faux ! De manière générale, les plantes à grosses graines, qui ont plus de réserves, démarrent plus vite que les plantes à petites graines, aux réserves plus faibles et souvent aux téguments très durs qui allongent le temps de germination.
Illustration : graines de soja en semis direct sous la couverture végétale
- 8 Vrai ! Le bouturage permet ainsi de produire une plus forte biomasse quand la période de production est très courte. Lorsqu'on installe par bouturage une plante associée à une culture, il faut en décaler l'installation de 2 à 3 semaines par rapport à un semis par graines, pour éviter qu'elle ne fasse une trop forte compétition à la culture.
Illustration : installation de brachiaria par bouture, avec trempage pour en améliorer la reprise. Hautes terres malgaches.
- 9 **Un semis très précoce, dès les premières pluies utiles (40 à 50 mm de pluies en quelques jours) permet de réduire le risque climatique dans les climats à longue saison sèche. Il réduit aussi le risque de compétition par les mauvaises herbes et la pression des bioagresseurs (dont les cycles de multiplication commencent souvent en début de saison des pluies).**
Illustration : semis direct dans la paille après ouverture d'un trou à l'angady (bêche malgache) dans le Moyen-Ouest.
- 10 Faux ! Il est très souvent possible d'associer une plante de couverture à une culture qui n'occupe pas tout l'espace libre. Les associations doivent cependant être bien raisonnées et gérées, en fonction des espèces et variétés, faute de quoi elles peuvent effectivement engendrer une perte de production de la culture principale.
Illustration : association Maïs + Stylosanthes dans le Moyen-Ouest de Madagascar (climat de moyenne altitude avec longue saison sèche).
- 11 Faux ! Des semoirs mécanisés existent, permettant le semis simultané de deux ou même trois plantes. Il est aussi possible de semer un mélange d'espèces à la volée, avec un semoir centrifuge ou un épandeur d'engrais.
Illustration : semis direct mécanisé au Parana, Sud du Brésil.

- 12** Vrai ! En démarrant plus tard, la plante de couverture est moins compétitive et est dominée par la culture qui intercepte la lumière. En utilisant une plante de couverture à cycle plus long que la culture, la plante de couverture pourra produire rapidement une forte biomasse après la récolte de la culture. Dans les climats à longue saison sèche il faut cependant que le semis décalé dans le temps permette à la plante de couverture de se développer suffisamment avant la saison sèche.
Illustration : Association Riz pluvial + Niébé après écobuage. Semis du niébé (variété «David», à cycle court, non volubile) trois semaines après le semis du riz, semé en double rangs sur les lignes écobuées. Lac Alaotra, Madagascar.
- 13** Faux ! En positionnant les plantes en quinconces (la plante de couverture au centre d'un carré composé de quatre pieds de la culture) plutôt qu'en carrés, ou encore en faisant des doubles rangs resserrés de la culture pour installer les plantes de couverture entre deux rangs espacés de la culture, on peut accroître la distance minimale entre les plants de la culture et ceux de la plante de couverture, sans changer le nombre total de plants par hectare. On réduit ainsi les risques de compétition et on augmente la production totale de biomasse, sans limiter le potentiel de production de la culture principale.
Illustration : Semis de dolique entre les doubles rangs de maïs. Lac Itasy, Madagascar.
- 14** **L'installation est une phase capitale pour la gestion des associations. Si le semis n'a pas été réalisé correctement, la plante de couverture peut entrer en compétition avec la culture principale. Il faut alors contrôler rapidement la couverture, soit par fauches répétées, soit par utilisation d'herbicide sélectif de la culture (quand il est disponible), soit par utilisation d'herbicide total à faible dose), dirigé sur les plantes de couverture avec un cache pour éviter de toucher la culture.**
Illustration : Forte compétition sur le maïs par Brachiaria ruziziensis mal géré. Hautes terres malgaches.
- 15** Faux ! Les légumineuses volubiles grimpent sur les autres plantes, leur font de l'ombre et les empêchent donc de se développer. Il faut donc les associer avec précautions, et ce d'autant plus que leur cycle est court.
Illustration : Association bien gérée de Maïs + Dolique, à forte production de grains et de biomasse. Lac Itasy. Madagascar.
- 16** Faux ! Les brachiarias sont des plantes très agressives, à croissance rapide, très compétitives pour l'eau et les éléments nutritifs (ce qui leur permet de produire une forte biomasse en peu de temps et de dominer la plupart des adventices). Il faut donc les associer avec précautions (décalage du semis, espacement important, moyens de contrôle disponibles, etc.).
Illustration : Association bien gérée de Manioc + Brachiaria ruziziensis au lac Alaotra, Madagascar.
- 17** Vrai ! Le stylosanthes qui est une plante pérenne, à petite graine très dure, démarre lentement et est peu compétitif en début de cycle. Par contre, son cycle long lui permet de contrôler la plupart des adventices et de produire une très forte biomasse, ce qui en fait une plante de couverture très intéressante, facile à associer à de très nombreuses cultures.
Illustration : Association Riz pluvial + Stylosanthes guianensis sur la côte Est de Madagascar (climat tropical humide).
- 18** **Le choix des espèces est capital dans la gestion des associations. Il existe cependant de très grandes différences entre variétés (cycle, port, production de biomasse, tolérance aux conditions défavorables, etc.). Il faut donc s'assurer de choisir les variétés adaptées au système de culture et aux conditions, et s'approvisionner à temps en semences de qualité. Une mauvaise germination peut en effet compromettre fortement les performances du système.**
Illustration : Forte production de biomasse par diverses plantes de couverture. Lac Alaotra, Madagascar.
- 19** **La couverture du sol n'est pas suffisante ! Elle ne contrôle pas suffisamment les adventices qui arrivent à pousser au travers. Tu dois les arracher à la main ou appliquer un herbicide. Il faut éviter de perturber le sol (pas de sarclage), ce qui remettrait en position de germination les graines d'adventices dans le sol et ferait perdre l'intérêt du semis direct.**
Illustration : Forte infestation d'adventices du fait d'absence de couverture végétale. Hautes terres malgaches.
- 20** Vrai ! Le maïs est une plante au système racinaire assez puissant et profond. Plante érigée de grande taille, il se développe rapidement et domine les autres plantes. Semé à faible densité, il laisse passer de la lumière ce qui permet à une plante de couverture de bien se développer et de produire une forte biomasse. Son association est donc aisée et très intéressante.
Illustration : Association Maïs + niébé sur la côte Sud-Ouest de Madagascar (climat à très longue saison sèche).
- 21** Faux ! Le cotonnier supporte mal la concurrence des autres plantes, et quand il se développe bien, il couvre rapidement le sol et ne laisse pas passer de lumière, ce qui ne permet pas la croissance de plantes sous son couvert. Les associations avec le cotonnier sont donc très difficiles à gérer et peu intéressantes. Seul le niébé est parfois associé à cette culture.
Illustration : Cotonnier après maïs + dolique dans le Sud-Ouest malgache.
- 22** Faux ! Les gynophores n'ont aucun problème à passer à travers la couverture végétale. Les rendements sont très fortement augmentés par un simple paillage, et les plantes placent leurs gousses juste sous la couverture végétale, ce qui permet une récolte rapide, en perturbant très peu le sol.
Illustration : Pois de terre sous couverture de Cynodon dactylon. Lac Alaotra, Madagascar.
- 23** Vrai ! Le rendement du manioc par exemple est très fortement augmenté quand il est associé au brachiaria ou au stylosanthes (qui restructurent et enrichissent le sol, ce qui profite au manioc). De plus, les plantes positionnent leurs racines tubérisées (pomme de terre) ou leurs tubercules (manioc) en surface, juste sous la couverture végétale, ce qui permet une récolte rapide, et qui ne perturbe pas trop le sol.
Illustration : Tubercules de manioc développés en surface, en association avec Brachiaria humidicola. Sud-Est Malgache.
- 24** Vrai ! On peut en particulier semer à la volée quelques semaines avant la maturité. Quand le soja perd ses feuilles, elles tombent au sol et couvrent les graines. L'humidité conservée permet la germination, et les feuilles qui se décomposent rapidement ne gênent pas la levée.
Illustration : Jeunes pousses d'avoine après semis dans le soja, avant récolte. Hautes terres malgaches.
- 25** **Il est très important de pouvoir maintenir la couverture végétale en permanence. D'une part, elle alimente la matière organique du sol, et d'autre part elle permet de contrôler les adventices. Si la divagation des animaux n'a laissé qu'une faible biomasse, il est important de la reconstituer au plus vite, ou de prendre des précautions pour le contrôle des adventices dans la culture suivante (quand il est trop tard pour reconstituer la couverture).**

Illustration : Prélèvement de toute la biomasse par les zébus dans le Grand-Sud malgache (climat semi-aride).

- 26 Faux ! Il est possible (et très efficace quand on le maîtrise bien) de cultiver sur une couverture pérenne, maintenue vivante. Dans ce cas, la plante de couverture est simplement contrôlée (fauche, herbicide à faible dose, effet du gel, etc.), en plein ou simplement sur les bandes où la culture sera installée, le temps que la culture puisse la dominer (40 jours environ). La culture sur couverture vive requiert une bonne maîtrise technique, mais permet une production de biomasse importante et régulière, sans avoir à installer une couverture chaque année puisqu'elle repousse naturellement.

Illustration : Jeunes plants de maïs dans une couverture maintenue vivante d'Arachis pintoï. Hautes terres malgaches.

- 27 **La gestion des associations de plantes se fait en «jouant» à la fois sur le cycle et le port des plantes (espèces et variétés), leurs caractéristiques (système racinaire, exigences nutritionnelles, compétitivité), les densités de semis, leur agencement dans l'espace (plus elles sont éloignées, moins elles sont en concurrence), la fertilisation (localisée au pied des plantes cultivées, elle les favorise), et éventuellement sur la profondeur de semis (pour les plantes qui le supportent, un semis profond retarde leur levée), un apport d'irrigation, etc. La mise en place est donc une étape fondamentale, mais il est aussi possible par la suite de freiner la croissance d'une plante de couverture qui se développerait trop rapidement par rapport à la culture principale (fauche, herbicide). Cette gestion vise à assurer la production de la culture principale, puis à maximiser la production de biomasse par la plante de couverture.**

Illustration : Maïs sur couverture vive d'Arachis pintoï. Lac Alaotra, Madagascar.

- 28 Faux ! De nombreuses plantes de couverture se contrôlent très bien sans herbicide. Les plantes annuelles (comme l'avoine, la vesce, le radis fourrager, etc.) sont facilement contrôlées par une simple fauche ou le passage d'un rouleau à cornières après leur floraison. Il existe aussi des plantes vivaces qui peuvent se contrôler facilement (décapage au ras du sol, passages de rouleau à cornières, etc.), comme le stylosanthes par exemple.

Illustration : Passage de rouleau à cornières pour le contrôle du Vigna umbellata au lac Alaotra, Madagascar.

- 29 Faux ! *Stylosanthes guianensis* est une plante de couverture très intéressante pour les nombreuses fonctions agronomiques qu'elle assure (mobilisation des bases, fixation d'azote, restructuration du sol, contrôle des adventices, etc.), mais aussi parce qu'elle est très facile à contrôler. Cela peut se faire de diverses manières : fauche ou décapage au ras du sol, passages de rouleau à cornières et application de solution concentrée (KCl à 30% + acide), que ce soit en culture manuelle ou en culture mécanisée, avec ou sans intrants.

Illustration : Pivot de Stylosanthes guianensis qu'il suffit de couper au ras du sol pour un contrôle total.

- 30 Vrai ! 1080 g/ha de glyphosate sont en général suffisants pour contrôler *Brachiaria ruziziensis*, alors qu'il faut 1800 g/ha pour *B. Brizantha*, *B. decumbens* ou *B. humidicola*. *B. ruziziensis* peut aussi être contrôlé par décapage au ras du sol, ce qu'il est difficile de faire avec *B. humidicola* par exemple.

Illustration : Production d'une belle couverture végétale par Brachiaria ruziziensis.

- 31 **L'approvisionnement, à temps, en semences de qualité est un point crucial, qui peut facilement devenir un obstacle si on ne prend pas les précautions nécessaires. Il est indispensable de préparer à temps ses semences, et de s'assurer quelques semaines avant le semis de leur qualité par un test de germination, très simple à réaliser.**

Illustration : Semences de Vicia villosa (vesce velue).

- 32 Vrai ! *Stylosanthes guianensis* (qu'on appelle pourtant la «luzerne tropicale»), et en particulier la variété CIAT 184 qui est très performante, a été sélectionné sur des sols acides. Les différents brachiarias ont eux aussi été sélectionnés (par les éleveurs) pour leur capacité à produire une très forte biomasse sur des sols acides.

Illustration : Stylosanthes guianensis sur sol acide dans le Moyen-Ouest de Madagascar.

- 33 Faux ! Le maïs se développe mal sur des sols acides, alors que le riz tolère bien ces conditions.

Illustration : Riz pluvial sur sol acide (sur couverture de Stylosanthes guianensis) au lac Alaotra, Madagascar.

- 34 Vrai ! Une plante comme le mil a un système racinaire qui peut pousser de 3 cm par jour et descendre à plus de 3 mètres de profondeur. Les brachiarias peuvent descendre à plus de 2 mètres. Ils sont ainsi en mesure de jouer un rôle de «pompe biologique» en recyclant les éléments nutritifs lixiviés à cette profondeur, inaccessibles à la majorité des cultures. Ces éléments nutritifs, assimilés dans la biomasse produite par la plante de couverture, sont restitués en surface lors de la décomposition de la plante qui alimente la litière. Installer dans les systèmes de culture de telles plantes permet de réduire les pertes et donc d'améliorer l'efficacité des engrais, mais aussi de limiter la pollution des nappes phréatiques par les nitrates. Elles rendent ainsi un service écosystémique très important.

Illustration : Développement des racines en profondeur par Brachiaria brizantha, sur sol compacté. Nord du Vietnam.

- 35 Vrai ! Des plantes comme *Stylosanthes guianensis*, les amarantes, le mil, le cajanus ou les brachiarias par exemple sont capables de mobiliser les bases (K^+ , Ca^{2+}) et même le phosphore présents, mais peu disponibles car fixés dans le sol. Ces plantes «utilisent» souvent pour cela la microflore du sol en la stimulant sélectivement par la production d'exsudats racinaires. Cette microflore démultiplie considérablement les surfaces pour l'extraction (mycorhizes, etc.) et modifie l'environnement dans le sens d'une plus grande solubilité de ces éléments nutritifs (diverses bactéries qui modifient pH et potentiel rédox au niveau de la rhizosphère).

Illustration : Grosse production de biomasse par le mil en milieu sec (Sud-Ouest de Madagascar).

- 36 **Le semis direct sur couverture végétale fonctionne avant tout sur la biomasse produite (en quantité, et en qualité). Plus la biomasse produite est forte, mieux les fonctions agronomiques sont remplies et plus vite les sols s'améliorent. Il est donc fondamental d'assurer une production importante, de qualité variée (associations et successions de différentes espèces) et aussi régulière que possible.**

Illustration : Très forte production de biomasse par le sorgho (type Muskwari) dans le Sud-Est de Madagascar.

- 37 Vrai ! Les légumineuses comme le stylosanthes ou la vesce peuvent fixer jusqu'à 220 kg d'azote/ha/an, soit l'équivalent de plus de 450 kg d'urée, gratuitement ! Mais certaines graminées comme l'*Eleusine coracana* ou divers brachiarias sont aussi

capables de fixer de l'azote grâce à une association avec des bactéries libres du sol. Bien que moindre que pour les légumineuses, la fixation d'azote par ces plantes peut dépasser 70 kg d'azote/ha/an (soit près de 200 kg/ha d'urée !).

Illustration : Nodosités très développées sur racines de vesce velue, permettant une très forte fixation d'azote.

38 Faux ! La production d'une forte biomasse nécessite effectivement de l'eau, mais le semis direct a une efficacité de l'eau très élevée : réduction du ruissellement et de l'évaporation par la couverture végétale, forte infiltration et stockage de l'eau grâce à la bonne porosité du sol, développement racinaire en profondeur qui permet d'utiliser l'eau profonde du sol (en particulier en saison sèche), etc. En conséquence, les pertes sont réduites et l'eau est utilisée au maximum, ce qui permet de produire une biomasse permettant un bon fonctionnement des systèmes en semis direct, même en climat semi-aride.
Illustration : Systèmes de culture en semis direct et baobabs dans le Sud-Ouest malgache à très longue saison sèche.

39 Faux ! Le contrôle des adventices en semis direct sur couverture végétale permanente doit se faire avant tout par les plantes de couverture, qui éliminent les adventices par compétition (pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs) et par l'émission de substances allélopathiques, véritables «herbicides naturels». La vesce ou l'avoine par exemple sont des plantes «nettoyantes». La couverture végétale épaisse produite par ces plantes contribue également fortement au contrôle des adventices annuelles, d'autant plus qu'en l'absence de perturbation du sol, les graines d'adventices sont maintenues dans des conditions peu favorables à leur levée. L'usage d'herbicide en semis direct est donc limité au contrôle éventuel en première année des adventices vivaces, au contrôle des plantes de couverture quand elles ne peuvent pas l'être sans herbicide, et à des applications à faible dose quand la couverture végétale insuffisante a laissé passer des plantules. Certains systèmes de semis direct permettent ainsi de contrôler de véritables «pestes végétales» comme *Striga asiatica* (systèmes à base de stylosanthes) ou *Cyperus rotundus* (systèmes à base de sorgho).
Illustration : Contrôle total des adventices par une épaisse couverture de vesce velue. Lac Alaotra, Madagascar.

40 Vrai ! Les plantes de la famille des crucifères en particulier remplissent très bien cette fonction, comme le radis fourrager qui contrôle les *Heteronychus spp.*, insectes qui entraînent des dégâts très importants sur les céréales à Madagascar.
Illustration : Radis fourrager sur les hautes terres de Madagascar.

41 Faux ! Au contraire, le riz a un système racinaire relativement faible. Le riz pluvial demande donc une très bonne porosité pour pouvoir se développer convenablement. Il existe cependant des différences marquées entre variétés, des variétés comme les SEBOTA ayant un système racinaire plus important que de nombreuses autres variétés. Les bons précédents culturaux au riz pluvial sont donc des associations de cultures permettant d'obtenir cette bonne porosité, mais aussi d'apporter de l'azote. Ainsi, une association Maïs + *Eleusine coracana* + *Cajanus cajan* qui remplit parfaitement ces fonctions est un excellent précédent au riz pluvial.
Illustration : Système racinaire de riz pluvial (à droite) et de riz poly-aptitude de type SEBOTA (au centre).

42 **Le passage du feu, surtout s'il est répété, fait perdre de la matière organique au sol et contribue à sa dégradation rapide. Dans les zones à risque, où le feu ne peut être contrôlé, il est important d'installer des espèces qui restent vertes aussi longtemps que possible en saison sèche (comme le stylosanthes), ce qui limite les risques de destruction de la couverture végétale par le passage de feu non contrôlé.**

Illustration : Perte totale de la couverture végétale suite à un feu non contrôlé sur les hautes terres de Madagascar.

43 Faux ! S'il est possible de ralentir la minéralisation (en particulier en ne perturbant pas le sol), il est impossible de la stopper. Un sol qui ne reçoit pas régulièrement de la matière organique fraîche voit obligatoirement son stock de matière organique baisser, jusqu'à ne plus conserver que la matière organique «passive», et ce même en l'absence totale d'érosion. Cette perte est d'autant plus rapide que la minéralisation est rapide (les climats chauds et humides engendrent une minéralisation très rapide, à l'inverse des climats tempérés avec une saison froide et sèche) et que le taux initial de matière organique est élevé.
Illustration : Taux élevé de matière organique du sol (5 %) grâce aux apports importants de biomasse. Berry, France.

44 Faux ! Au contraire, sans les plantes, les sols n'existeraient pas. La production de biomasse par les plantes est indispensable pour alimenter le sol en matière organique, sans laquelle un sol ne peut se développer. Par contre, l'exportation abusive de la biomasse produite par les plantes (paille, grains, fibres) peut conduire à la dégradation des sols, si ces exportations ne sont pas compensées par des apports en retour.
*Illustration : Jeunes plants de *Brachiaria brizantha* capables de se développer sur sol très dégradé. Hautes terres malgaches.*

45 **Un apport régulier de biomasse en quantité, et de différentes natures, permet d'alimenter les différents réservoirs de la matière organique du sol et ainsi de séquestrer durablement du carbone dans le sol (à partir du gaz carbonique atmosphérique), améliorant par là sa fertilité et en conséquence son potentiel de production, tout en rendant un service écosystémique fondamental : la réduction des gaz à effet de serre.**

Illustration : Incorporation progressive dans le sol de la matière organique apportée en surface.

46 Faux ! Les organes des plantes riches en sucres et protéines, au ratio Carbone/Azote bas (comme les feuilles des légumineuses) se décomposent vite. Au contraire les organes riches en cellulose, au ratio Carbone/Azote élevé (comme les tiges des graminées) se décomposent plus lentement, alors que les parties riches en lignine (branches des arbres) se décomposent très lentement.
Illustration : Pousses de soja dans des résidus d'avoine et de maïs. L'avoine provient de la culture précédente, alors que le maïs, à décomposition lente, était cultivé avant l'avoine. Parana, Sud du Brésil (climat sub-tropical).

47 Vrai ! Les différentes fractions de la matière organique dans le sol sont des composantes essentielles des agrégats du sol : les fractions les plus fines entrent dans la composition du complexe argilo-humique, «élément de base» du sol, alors que les fractions plus grosses sont incorporées aux micro-agrégats, et aux macro-agrégats pour les plus grossières.
*Illustration : Incorporation progressive de la matière organique dans le sol et formation d'agrégats sous une couverture de *Stylosanthes guianensis*. Lac Alaotra, Madagascar.*

- 48 **Vrai !** La capacité d'échange cationique (CEC) du sol, qui correspond à son aptitude à stocker les éléments nutritifs (comme Ca^{2+} , K^+ , etc.) et à les laisser à disposition des plantes dépend largement de la matière organique du sol. En l'absence de matière organique, ces éléments sont lixiviés et rapidement perdus. De plus, les éléments nutritifs issus de la minéralisation de la matière organique, gardés dans le sol, à disposition des plantes, contribue fortement à leur alimentation. La matière organique du sol permet donc de fournir et de stocker les éléments nutritifs. Elle permet une alimentation régulière et équilibrée des plantes, très difficile à obtenir avec des engrais minéraux seuls.
Illustration : Bonne alimentation des plantes (maïs et niébé) sur sol riche en matière organique. Lac Alaotra, Madagascar.
- 49 **Faux !** Ils entraînent effectivement la minéralisation de la matière organique, mais cette minéralisation, régulée, est nécessaire pour l'alimentation régulière et équilibrée des plantes. La macrofaune et la microflore du sol sont par contre indispensables aux processus de formation du sol en assurant diverses fonctions fondamentales. La bioturbation (brassage du sol, par les vers de terre en particulier), l'agrégation (la formation des agrégats du sol), et la stabilisation de ces agrégats par les mycéliums des champignons et les colonies de bactéries ne seraient pas possibles sans la faune et la microflore du sol. L'activité biologique est donc indispensable à la vie (et donc à la formation et à la conservation) du sol.
Illustration : Transit du sol dans un vers de terre.
- 50 **Faux !** Les possibilités de production d'une forte biomasse sont effectivement plus importantes en milieu tropical humide et chaud toute l'année, mais la minéralisation de cette biomasse y est aussi beaucoup plus rapide. Ainsi, dans ces climats, il faut parfois apporter plus de 15t/ha/an de matière sèche pour maintenir le niveau de matière organique autour de 4 %, même sans travailler le sol (ce qui accélère la minéralisation et donc augmente les besoins pour maintenir le niveau originel de matière organique). Il n'en faut que la moitié en milieu tempéré où la minéralisation est limitée par la température et les périodes sèches.
Illustration : Systèmes de culture en semis direct en milieu chaud et humide. Sud-Est de Madagascar.
- 51 **Vrai !** Que ce soit en milieu tropical ou en milieu tempéré. Il faut pour cela une très forte production de biomasse, chaque année. En milieu tropical, des systèmes produisant toute l'année et assurant une production de biomasse sèche supérieure à 30 t/ha/an permettent de séquestrer plus de 2,5 tonnes de carbone/ha/an en moyenne, sur une période de 10 ans. Mais plus le niveau de matière organique du sol est élevé, plus la minéralisation est importante et, en conséquence, plus il faut apporter de la biomasse pour élever ce niveau.
Illustration : Association maïs + crotalaire. Après la récolte du maïs, la crotalaire se développe en saison sèche et produit une forte biomasse. Hautes terres malgaches.
- 52 **Certaines couvertures végétales peuvent constituer des milieux favorables pour le développement de rongeurs. Ils peuvent causer d'importants dégâts et «polluer» le sol en remontant au dessus de la couverture végétale des graines d'adventices. Il est important de surveiller le développement de leur population, et de les contrôler si leurs prédateurs naturels (serpents, rapaces, sangliers, etc.) ne se développent pas en nombre suffisant pour maintenir leur population à un niveau acceptable.**
Illustration : Piège à rat traditionnel. Nan, Thaïlande.
- 53 **Faux !** Le semis direct nécessite de restituer au sol une quantité de biomasse suffisante pour accroître ou au moins maintenir le niveau de matière organique du sol à un niveau jugé satisfaisant. Il est donc possible d'exporter pour les animaux une partie de la biomasse quand elle a été produite en très forte quantité (ce que l'amélioration du sol par les systèmes en semis direct permet rapidement quand ils sont bien gérés). Les possibilités d'exportation pour les animaux peuvent donc être faibles les premières années, mais devenir rapidement importantes une fois les sols améliorés et la production totale augmentée.
Illustration : Pâturage de Brachiaria humidicola par les zébus. Sud-Est de Madagascar.
- 54 **Le semis direct recrée et entretient des conditions très favorables au développement de l'activité biologique : milieu non perturbé, températures tamponnées, bonne aération du sol, conservation de l'humidité, substrat énergétique abondant, etc. L'activité biologique très active dans un sol vivant contribue largement à la fertilité du sol.**
Illustration : Motte de terre d'un sol vivant, conduit en semis direct sous couverture végétale.
- 55 **Vrai !** La microflore du sol est indispensable à la minéralisation dont sont issus les éléments nutritifs. De plus, elle permet d'augmenter fortement les surfaces explorées (les racines sont reliées aux mycorhizes qui ont une surface d'échange très importante). Les micro-organismes modifient aussi l'environnement (pH et potentiel rédox) au niveau des racines, ce qui contribue à augmenter la solubilité des éléments nutritifs. Enfin, la fixation de l'azote atmosphérique de l'air se fait par des bactéries, symbiotiques chez les légumineuses mais aussi libres comme dans le cas de l'éleusine. Les plantes retirent un tel bénéfice de l'activité de la microflore qu'elles peuvent «relâcher» par leurs racines (exsudats) jusqu'à plus de 30 % de leur production, ce qui permet d'alimenter cette microflore utile. Elles sont également capables, par leurs exsudats, de favoriser sélectivement les populations de microbes qui leur sont nécessaires. Le riz par exemple peut, dans certaines conditions, favoriser par ses exsudats racinaires le développement de populations de bactéries capables de solubiliser le phosphore.
Illustration : Racines, d'Eleusine coracana avec une gangue épaisse, lieu d'une très forte activité biologique, stimulée par les exsudats racinaires. Sud-Ouest de Madagascar.
- 56 **Vrai !** Les colonies de bactéries et les mycéliums des champignons (notamment ceux de la famille des basidiomycètes) jouent un rôle fondamental dans la formation et la stabilisation des micro-agrégats et des macro-agrégats.
Illustration : Mycéliums stabilisant un macro-agrégat.
- 57 **Vrai !** Outre son impact sur l'alimentation des plantes (et en conséquence sur leur santé), la microflore du sol, quand elle est active, produit toute une série de substances qui renforcent la santé des plantes : antibiotiques naturels produits par les champignons, hormones de croissance, éliciteurs (qui renforcent les défenses immunitaires naturelles). De plus, certains microbes et nématodes colonisent et détruisent les propagules de pathogènes. Les systèmes conventionnels, défavorables à l'activité biologique du sol privent donc les plantes de ces défenses naturelles (en plus de leur apporter une alimentation

irrégulière et déséquilibrée).

Illustration : Forte activité biologique (mycorhizes en particulier) stimulée par les racines de Brachiaria brizantha.

- 58** Dans les années de transition des systèmes conventionnels vers le semis direct, la tentation est souvent forte de recourir au labour quand un obstacle qu'on ne sait pas lever autrement se présente (couverture insuffisante, rats, etc.). La reprise du travail du sol fait cependant perdre très rapidement les acquis des années de semis direct (matière organique, structure, activité biologique, etc.) et il faut absolument essayer de lever ces contraintes sans avoir recours au labour, ce qui est très possible avec un peu de savoir-faire à acquérir car il diffère du savoir-faire de l'agriculture conventionnelle.

Illustration : Labour en traction attelée sur les hautes terres malgaches.

- 59** Des plantes mal nourries, alimentées irrégulièrement et de manière déséquilibrée, ont une physiologie perturbée. La synthèse des protéines en particulier fonctionne mal, ce qui conduit à l'accumulation dans les tissus de la plante de sucres réducteurs, d'acides aminés libres et d'azote minéral. Ces molécules sont la base de l'alimentation des insectes, champignons bactéries et virus qui, quand ils les ont à leur disposition, se développent mieux et plus rapidement. A forte concentration, ces éléments solubles rendent les plantes sensibles aux attaques, alors que les bio-agresseurs se développent peu sur des plantes qui ne contiennent que peu de ces éléments fondamentaux pour leur alimentation. Une alimentation équilibrée et régulière (y compris en eau et oligo-éléments) qui permet un bon fonctionnement physiologique de la plante contribue donc fortement à sa santé. Outre l'alimentation, les facteurs perturbant la synthèse des protéines et fragilisant les plantes sont les apports de fertilisation minérale déséquilibrés (forts apports d'azote et manque de potasse en particulier) et surtout l'agression des plantes par les pesticides (insecticides, fongicides et herbicides, même «sélectifs»).

Illustration : Plants de riz très sains, bien alimentés sur une couverture après maïs + dolique. Lac Alaotra, Madagascar.

- 60** Vrai ! La construction de systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente repose sur le choix des associations et successions de plantes. Les plantes sont choisies pour leur aptitude à remplir des fonctions agronomiques, et associées afin de lever en priorité les contraintes majeures. Parmi les différentes plantes aptes à remplir les fonctions recherchées, on choisit celles qui peuvent être associées et gérées facilement dans les conditions spécifiques de la parcelle (climat, sol, contraintes de l'exploitation, etc.) et produisent une forte biomasse.

Illustration : Association Maïs + Eleusine coracana + Cajanus cajan. Sud-Ouest de Madagascar.

- 61** Faux ! En culture manuelle, le semis direct peut se faire sans aucun équipement. Un simple bâton suffit au semis dans la couverture végétale, et éventuellement un pulvérisateur. De plus, les temps de travaux sont fortement réduits (pas de travail du sol, peu de désherbage, etc.). En culture mécanisée, le seul investissement nécessaire est un semoir conçu pour le semis direct, alors que les besoins en force de traction sont fortement réduits (ce qui entraîne un investissement moindre et un amortissement sur une plus longue période car le matériel s'use peu) et que la charrue n'est plus nécessaire.

Illustration : Riz pluvial en rotation avec Maïs + dolique en semis direct. Lac Alaotra, Madagascar.

- 62** Faux ! Certains systèmes à forte production de biomasse permettent une transition rapide vers les systèmes en semis direct, avec un effet très positif dès la première année dans certains cas (même si l'ensemble des fonctions agronomiques ne seront remplies de façon optimale qu'après quelques années). C'est le cas par exemple de l'association manioc + brachiaria ou stylosanthes, du simple paillage du pois de terre ou encore de la production de pomme de terre après écobuage. Le risque dépend essentiellement du niveau d'investissement consenti (qui peut être modulé, sachant que les systèmes intensifs, les plus risqués et qui permettent une production de biomasse importante et rapide, sont ceux pour lesquels la transition est la plus courte). La minimisation des risques passe avant tout par l'apprentissage, l'acquisition d'un savoir-faire et la recherche d'informations pertinentes.

Illustration : Manioc + Stylosanthes guianensis au Lac Alaotra, Madagascar.

- 63** Pourquoi pas? Tu ne risques pas grand chose à essayer sur une petite parcelle, et tu as tant à gagner ! Assez rapidement, le semis direct permet de faire des économies très importantes (forte réduction de la consommation d'énergie en l'absence de labour, réduction des intrants avec en premier lieu la fertilisation minérale et les pesticides, etc.) et les risques sont réduits, d'autant plus que le risque climatique est aussi réduit (meilleure utilisation de l'eau dans des systèmes bien installés en semis direct). La seule chose que tu risques, c'est de te passionner pour cette nouvelle agriculture, qui demande moins de travail mais plus d'observation et d'engagement ! L'essentiel est de bien te renseigner avant. Des sites internet peuvent t'aider pour cela, avec par exemple le site du Cirad : <http://agroecologie.cirad.fr>

Illustration du fond : Couverture du sol par des pailles d'avoine.

Conception du jeu : Olivier Husson, Rakotondramanana, Lucien Séguy

Réalisation : Olivier Husson , Denis Delebecque

Crédits photos: Toutes les photos sont de Olivier Husson (CIRAD/GSDM) sauf :

1 : Roger Michellon (CIRAD/TAFA) ; 3 : Philippe Grandjean (CIRAD) ; 4 : Herizo Andriamalala (BRL Madagascar) ;

6, 8, 9 : Narcisse Moussa (TAFA) ; 17, 23 : Christian Rakotoarinivo (TAFA) ; 58 : Lalao Rachel Rabenilalana (TAFA).

Février 2010