



Volume II. Chapitre 2

Le choix des itinéraires techniques

**D'après le Manuel pratique du semis direct à Madagascar, adapté par l'équipe du
Projet de Conservation des Sols (PCS/ESA II) au Nord Cameroun :**
Abdoulaye ABOU ABBA, Oumarou BALARABE, Mahamat ALIFA, Gaston DOURWE ,
DAOUDOU, TOUMBA, MANA JUSTIN, ADOUM YAOUBA

Octobre 2013



cirad



Le choix des itinéraires techniques

1. Le choix des itinéraires techniques les plus adaptés à une situation donnée

L'itinéraire technique est «la combinaison logique et ordonnée des techniques mises en œuvre sur une parcelle en vue d'obtenir une production».

Il comprend ainsi les opérations :

- bde production de la parcelle (travail d'un sol éventuel en année «zéro» de préparation des SCV, traitement de la couverture, paillage, etc.) ;
- de semis (y compris le choix de la variété et traitement de semences) ;
- d'application de produits phytosanitaire (herbicides, insecticides, fongicides) ;
- de sarclage (en année «zéro») ou d'arrachage des adventices ;
- les apports d'engrais minéraux ou organiques ;
- la récolte ;
- les pratiques post-récolte qui préparent la saison de cultures suivante.

Toutes ces opérations sont raisonnées en interaction avec pour objectif d'optimiser les productions (en fonction des objectifs et des moyens), en assurant aux cultures (et éventuellement aux plantes associées) une bonne alimentation hydrique et en élément nutritif, en les plaçant dans de bonnes conditions pour capter le rayonnement solaire et en minimisant les attaques des bio agresseurs. L'atteinte de ces objectifs passe en particulier par :

- L'obtention et le maintien d'une bonne structure du sol (qui permet infiltration et stockage de l'eau, et enracinement profond des plantes) ;
- une alimentation régulière et équilibrée en élément nutritif ;
- le contrôle des adventices (dont la compétition pour l'eau, les éléments nutritifs et la lumière est très dommageable aux cultures)

Dans les systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente (SCV), la gestion de la fertilité (au sens large, y compris la structure du sol et l'alimentation hydrique et minérale), des adventices et des bioagresseurs se fait avant tout par les systèmes de cultures. Ces systèmes sont choisis pour remplir un certain nombre de fonctions éco systémique et permettant un bon fonctionnement des sols (en particulier sur le plan biologique), assurés par un turn-over important et rapide de la matière organique.

Pour être performant, ces systèmes de cultures doivent produire une forte biomasse (aérienne et racinaire), en particulier les premières années d'entrées en semis direct. Pour cela, les itinéraires techniques doivent s'adapter aux conditions locales (unités agronomiques et caractéristiques des exploitations et des terroirs) afin d'optimiser la production des grains et la biomasse totale du système.

Ainsi, le choix des systèmes (*cf. Volume II. Chapitre 1.*) et des itinéraires techniques se fait en interactions : les itinéraires techniques possibles sont fonctions des systèmes de cultures puisque les associations et successions de cultures sont déterminants dans le choix des opérations culturales à conduire. Inversement, le choix du système de culture est influencé par les différents itinéraires techniques possibles qui doivent :

- Etre compatibles avec les moyens qui peuvent être mis en œuvre par les agriculteurs (intrants, travail, risque, etc.) ;
- Avoir des performances permettant d'atteindre les objectifs fixés (*cf. Volumes II. Chapitre 1.*) en termes de production (grains ou fourrage), de coûts, de limitation des risques, mais aussi en termes de production et restitution d'une biomasse suffisante et diversifiée pour permettre un bon fonctionnement agronomique des risques des SCV.

Le choix du système de culture et de l'itinéraire technique associé à une situation donnée (unité agronomique et caractéristiques de l'exploitation et du terroir) se fait sur la base des principes de fonctionnement des SCV et des critères et règles de décisions. Ces critères et ces règles s'appliquent de la même manière en première année d'intervention (année "zéro" pour préparer le lit du semis direct sur couverture végétale permanente), et les années suivantes. Cependant, si les critères et les règles de décisions sont les mêmes, les itinéraires techniques qui en découlent en pratique varient fortement. Dans des systèmes SCV installés, sur une forte biomasse, l'essentiel des fonctions écosystémiques est assuré par les plantes et l'activité biologique. Durant l'année (ou les années) de transition, le temps que les SCV puissent remplir ces fonctions fondamentales, elles doivent être assurées

Le choix des itinéraires techniques

par l'itinéraire technique. Ainsi, après l'année "zéro" (ou les années) de préparation des SCV, les situations rencontrées sont (normalement) différentes du fait de l'action des systèmes installés pour préparer le semis direct, qui ont dû lever les principales contraintes : plus forte disponibilité en biomasse, absence d'adventices vivaces, baisse de la compaction, etc.

Si l'année «zéro» n'a pas permis une structure du sol (en surface et en profondeur) permettant le semis direct, si les plantes vivaces n'ont pas été contrôlées correctement et/ou si la biomasse produite (et maintenance sur parcelle) n'est pas suffisante pour contrôler suffisamment les adventices, il faut considérer que l'on est toujours en année «zéro» de préparation du semis direct pour décider des systèmes de cultures et itinéraires techniques à appliquer. A l'inverse, si dès le début de l'intervention la structure du sol est bonne et la biomasse disponible est suffisante, on peut se considérer directement en année 1 et effectuer un semis direct sur couverture végétale, sans avoir besoin d'une année «zéro» de préparation.



Forte production de biomasse par l'association maïs + Brachiaria r. en année «zéro» de préparation des SCV.

Avertissement

Ce chapitre 2 du volume II du manuel pratique du semis direct en zone cotonnière camerounaise s'inspire du même manuel de Madagascar et présente l'ensemble des informations qui peuvent permettre aux formateurs et aux cadres de la diffusion d'ajuster les itinéraires techniques à la parcelle. La diversité des situations et des systèmes possibles, le nombre important des facteurs à prendre en compte et les multiples interactions font que ce document est complexe. Ce chapitre exige donc une lecture très attentive.

En pratique, la mise en œuvre des systèmes SCV dans une situation donnée est beaucoup moins complexe. Pour une situation donnée, la hiérarchisation des contraintes permet de déterminer les étapes prioritaires de l'itinéraire technique pour solutionner les contraintes les plus limitantes. Il suffit alors de consulter les pages du manuel qui traitent de ces aspects pour la situation en question.

Pour guider le lecteur, la mise en page donne des repères sur les différentes étapes (onglets de couleur et rappels des titres dans la marge, agencement commun) et chaque grande section se termine par un résumé. De nombreux exemples (dans des encadrés de couleur rouge) illustrent les propos et les principes généraux (présentés dans les encadrés bruns). La première section de ce chapitre (« le choix des itinéraires techniques les plus adaptés à une situation donnée ») présente des rappels d'agronomie générale sur les itinéraires techniques et n'est pas propres aux SCV. L'agronome averti peut la « survoler » en s'intéressant avant tout aux exemples, plus proche de la pratique des SCV.

Ces principes de décision pour le choix des systèmes de culture et des itinéraires techniques associés sont aussi les mêmes que l'on se trouve sur sols exondés (sols sableux ferrugineux ou sur Harde) ou sur vertisols. Les différences dans le choix des systèmes et des itinéraires techniques entre ces deux unités de paysage sont dues au fait que la fertilité des sur vertisols est souvent meilleure, que le régime hydrique y est différent et que la pression des adventices dans les vertisols (en l'absence d'une nappe d'eau), est en général plus forte que sur les sols exondés. Il convient donc de prendre des mesures plus efficaces pour les contrôler.

De même, ces principes sont les mêmes que l'on se trouve sur une parcelle cultivée ou que l'on remette en culture une jachère ou une terre abandonnée. La seule différence réside dans le fait que la flore des parcelles cultivées est en général dominée par des plantes annuelles, alors que les jachères sont la plupart du temps constituées de plantes pérennes et produisent en général une forte biomasse.

Enfin, les itinéraires techniques forment un tout. Les différentes opérations culturales sont en interactions, influençant et étant influencées par les autres opérations.

Le raisonnement d'un itinéraire technique se fait donc :

- dans un ensemble qui se doit d'être le plus cohérent possible pour maintenir des conditions optimales pour les plantes, tout au long de leur cycle (et en

Le choix des itinéraires techniques

préparant la saison suivante) ;

- de manière très précise, en prenant en compte différents facteurs qui déterminent les possibilités, les contraintes et les besoins des différentes opérations culturales ;
- en s'ajustant en permanence à l'évolution des conditions dans la parcelle (adventices, bioagresseurs, etc.

L'ajustement de l'itinéraire technique

L'ajustement de l'itinéraire technique est un point clef qui détermine les performances des systèmes de culture. Chaque opération culturale doit être conduite de manière précise car elle permet d'ajuster les conditions des cultures pour les rendre les plus favorables possibles, dans la situation considérée (unité agronomique et caractéristiques de l'exploitation), à laquelle il faut s'adapter car elle est difficilement modifiable. Ainsi, les différentes opérations culturales représentent les « commandes » permettant de piloter « les systèmes ». Un bon « réglage » rend un système performant alors que des pratiques mal adaptées peuvent rendre le même système, dans la même situation de départ, totalement inopérant.

Même si l'itinéraire technique se raisonne globalement en début de campagne, il doit être en permanence réajusté en cours des cultures pour faire face aux imprévus et s'adapter à la situation réelles dans le champ, à tout moment. La conduite d'un itinéraire technique performant demande donc un suivi fin et des observations précises, de la souplesse, de la réactivité et une grande capacité d'adaptation.

1.1. Les facteurs à prendre en compte

Le choix de l'itinéraire technique se raisonne pour un système de culture donné. Il se raisonne également pour une situation donnée : les caractéristiques de la parcelle (unité de sol) et de l'exploitation déterminant largement les contraintes, les besoins et les opportunités. Le choix se fait sur la base d'un diagnostic rapide, qui permet d'identifier et de hiérarchiser les principales contraintes à lever en priorité. Il doit prendre en compte :

- les systèmes de cultures et associations de plantes (page 5) ;
- le climat et le régime hydrique (page 6) ;
- la végétation en place et la pression des adventices (page 8) ;
- la battance des sols, l'induration en surface et la compaction en profondeur (page 9) ;
- le niveau de fertilité du sol (page 10) ;
- la pression des bioagresseurs (page 10) ;
- les objectifs de productions (page 11) ;
- les opportunités de commercialisation et les bénéfices attendus (page 11) ;
- le risque d'échec et le niveau de risque acceptable (page 12) ;
- l'accès à l'intrant (page 12) ;
- la disponibilité de la force de travail et du matériel (page 13).



Couverture vive d'Alysicarpus.

Les systèmes de culture et les associations des plantes

Les systèmes de culture, et en particulier les plantes à mettre en place, déterminent largement les itinéraires techniques. Les caractéristiques des plantes cultivées comme :

- leur cycle ;
- leur vigueur au départ ;
- leur port (érigé, volubile, rampant) et leur taille ;
- la taille des graines ;
- les possibilités d'implantation par boutures (qui permettent un démarrage plus rapide que par graines) ;
- leur compétitivité par rapport aux adventices (liée à ces

Le choix des itinéraires techniques

caractéristiques et à d'éventuelles aptitudes alléopathiques) ;

Ont une influence sur :

- la date de semis ;
- le mode de semis : à la volée, en poquets ou en lignes (x profondeur du semis) ou par boutures ;
- la densité de semis ;
- l'agencement des plantes entre elles dans le cas d'associations.

Ces quatre paramètres du semis sont ajustables en interactions, pour obtenir une mise en place optimale des cultures et des plantes associées.

Les exigences des plantes sur le plan de la fertilité influencent non seulement les besoins en termes de fertilisation, mais aussi les paramètres du semis.

Ces caractéristiques des plantes auxquelles s'ajoute un éventuel potentiel alléopathique déterminent leur aptitude à dominer (ou non) les adventices et donc l'ensemble des modes de contrôle des adventices à mettre en œuvre (précédent cultural, modalités du semis, traitements herbicides, etc.).

Les différentes cultures ont des sensibilités aux bioagresseurs différentes, et nécessitent ou non des traitements phytosanitaires. Les systèmes de culture influencent également les moyens de contrôle des insectes nécessaires : l'insertion dans les associations/successions de plantes avec des effets répulsifs ou insecticides permettant de réduire les besoins, la biodiversité des systèmes permettant de maintenir des équilibres auxiliaires/ravageurs favorables.

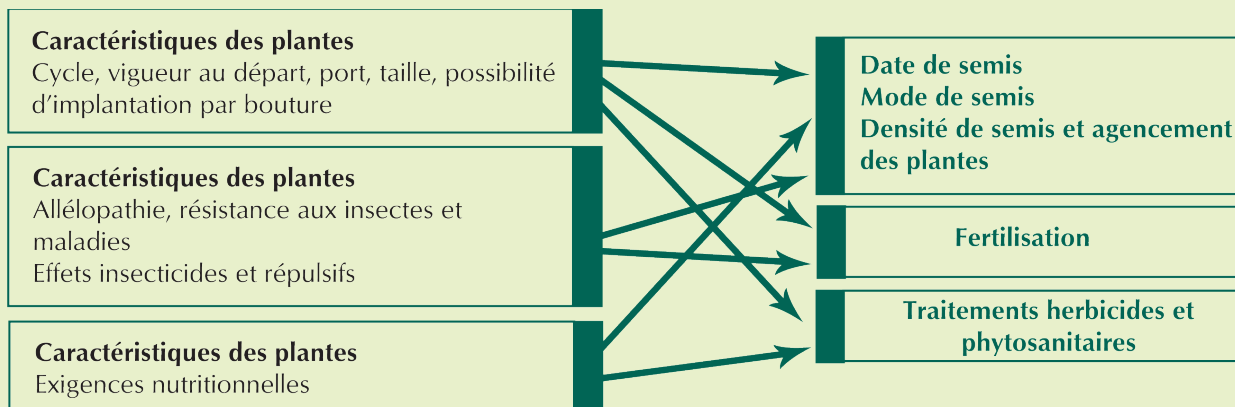
Le choix de l'itinéraire technique se raisonne donc pour un système de culture précis, et a une influence déterminante sur les performances du système : l'impossibilité de conduire à bien les opérations culturales nécessaires à un système doit conduire à éliminer ce système des choix possibles. Le choix des systèmes de culture fait l'objet du Chapitre 1 du Volume II de ce manuel.

Lors de ce choix des systèmes, on doit donc s'assurer que les moyens nécessaires (intrants, travail aux périodes critiques, etc.) sont disponibles pour conduire les itinéraires techniques possibles, dans chaque situation. Dans le cas où les réflexions sur l'itinéraire technique détaillée, pour une situation donnée (parcelle x système de culture choisi) mettent en évidence un blocage qui n'avait pas été identifié lors du choix des systèmes (intrants ou semences des variétés adaptées pas accessibles, main d'œuvre indisponible à une période clef, etc.) et qui ne peut pas être contourné par des adaptations de l'itinéraire technique, il faut revenir sur le choix du système de culture.

Exemples sur les caractéristiques des plantes

Les plantes à grosses graines (comme le niébé ou la mucuna) démarrent généralement plus rapidement que les plantes à petites graines (comme le Stylosanthes). Elles permettent une production de biomasse plus importante en un temps réduit, peuvent entraîner une concurrence avec la culture en cas d'association. De même, un Brachiaria implanté par bouture démarre beaucoup plus vite que s'il est implanté par graines, et produit plus rapidement une forte biomasse. En association, pour éviter une compétition avec la culture, il doit être bouturé 15 jours plus tard que s'il était semé, ou avec un espacement plus important. Les graines de Brachiaria étant capable de germer en profondeur, il est possible de les semer en même temps que le riz en associant, à condition de les planter en profondeur (3-4 cm) pour retarder leur émergence.

Dans une association maïs + Brachiaria, la localisation d'engrais au pied du maïs permet de réduire les risques de concurrence pour la plante de couverture et donc de semer le Brachiaria plus tôt ou plus rapproché du maïs.



Le choix des itinéraires techniques

Le climat et le régime hydrique

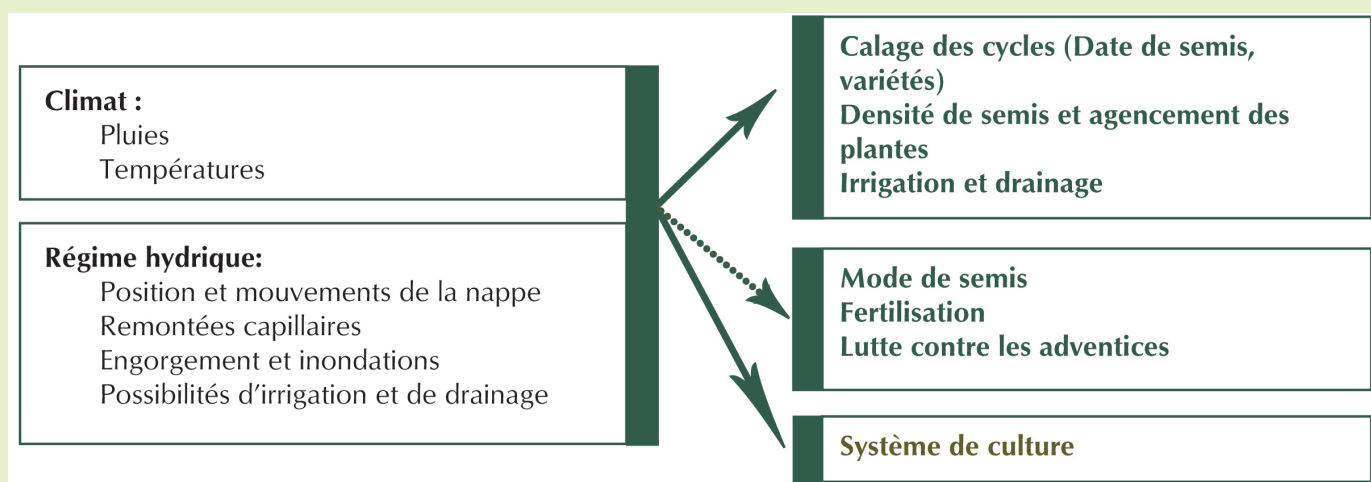
Le climat (précipitations et températures) et le régime hydrique (engorgement, inondation, position et mouvements de la nappe phréatique, remontées capillaires, possibilités d'irrigation et de drainage) déterminent les périodes de culture possibles. Ils ont donc une forte incidence sur les systèmes possibles, mais également sur les itinéraires techniques à mettre en place. Ils influencent fortement la date de semis des cultures et des plantes de couverture qui doit permettre une bonne alimentation en eau tout au long du cycle (sans manque et sans excès que les plantes ne supporteraient pas), et des températures permettant le bon développement des plantes. L'installation d'une plante de couverture dans une culture doit se faire au moins deux mois avant la fin (estimée) des pluies et/ou l'arrivée de la saison froide pour que la couverture puisse s'installer correctement. Plus la saison des pluies/chaude est courte, plus la culture et la plante de couverture doivent être cultivées ensemble, et moins le décalage du semis de la plante de couverture est possible. La cohabitation des plantes se gère alors avant tout par la disposition dans l'espace (densité de semis mais aussi agencement des plantes, en doubles rangs par exemple) et un apport localisé d'engrais. De plus, l'association d'une plante de couverture avec une culture dans un milieu à faible pluviométrie doit se faire de manière à éviter une trop forte compétition pour l'eau, et donc avec des densités faibles.

Ainsi, le climat et le régime hydrique influencent directement :

- le calage des cycles (date de semis et variété) ;
- la densité de semis et l'agencement des plantes entre elles ;
- les besoins en irrigation et/ou drainage quand ils sont possibles ;
- les besoins pour la préparation des couvertures : date d'application des herbicides dans les climats à saison sèche, mode de contrôle des couvertures dans les climats gélifs (besoins et doses d'herbicide).

Ils influencent dans une moindre mesure, car indirectement :

- le mode de semis (pour permettre le semis à une date particulière) ;
- la fertilisation à apporter. D'une part, elle doit être adaptée pour obtenir une production de biomasse suffisante pour permettre un bon fonctionnement des SCV (le climat influençant à la fois le potentiel de production et la vitesse de minéralisation). D'autre part, le risque climatique a une grande influence sur la rentabilité d'un apport d'engrais coûteux ;
- les méthodes de lutte contre les adventices à mettre en oeuvre (le type de flore et la pression des adventices étant influencés par le climat et le régime hydrique).



Le choix des itinéraires techniques

L'irrigation quand elle est possible, permet de lever (au moins partiellement) les contraintes hydriques et de s'affranchir de la principale contrainte climatique. Elle offre de nombreuses possibilités d'associations et de successions de cultures, permettant d'implanter les cultures sur une période plus longue. Elle permet également de lutter contre l'enherbement (irrigation par submersion) et certains insectes. On cherche, dans ce cas, à optimiser les productions, pour couvrir les coûts élevés de cette pratique, en adaptant la fertilisation en particulier.

La végétation en place et la pression des adventices

L'étude de la flore en place est déterminante dans le processus de décision concernant les itinéraires techniques. Elle suppose une connaissance des principales espèces présentes dans les différents milieux à Madagascar (cf. Annexe 1.) et donne des indications sur le milieu (fertilité des sols, compaction, régime hydrique, etc.). Le type de flore et la quantité de biomasse disponible sont déterminants dans le choix de l'itinéraire technique, et en particulier :

- la préparation des parcelles, à ajuster en fonction de la biomasse disponible et de l'abondance et du type de plantes vivaces ;
- l'ensemble des pratiques (en interactions) visant à contrôler les adventices : choix du système de culture, préparation de la parcelle, modalités du semis (variété, date, densité, etc), traitements herbicides, mise en eau, etc.

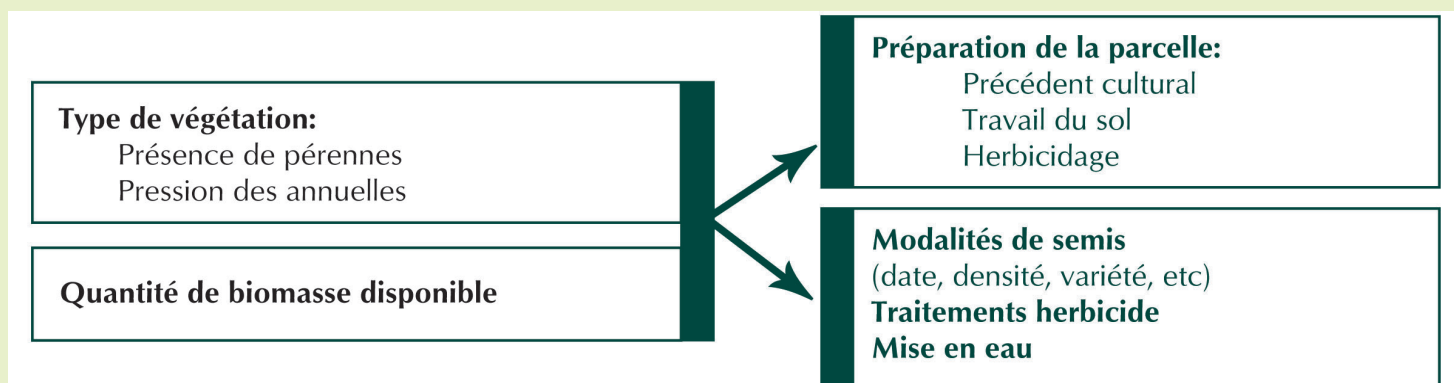
La présence de plantes vivaces et la pression des adventices annuelles (très forte dans certains milieux comme les rizières à mauvaise maîtrise d'eau) doivent être connues afin de gérer au mieux leur contrôle. Il est en particulier indispensable de connaître le type d'adventices présentes (graminées comme l'*Ischaemum rugosum* par exemple, cypéracées ou plantes à feuilles larges) ainsi que les herbicides applicables en fonction des cultures, et leur action sur les différentes plantes.

Exemples de l'influence de la végétation

La présence de plantes vivaces, comme le *Cynodon dactylon*, rend nécessaire l'utilisation d'un herbicide total, même en cas de travail du sol. Lorsqu'elles sont bien développées, ces plantes vivaces sont souvent indicatrices d'un sol bien restructuré (sous l'effet de leur système racinaire puissant), qui peut être mis en culture directement sans travail du sol.

La mise en place des cultures à travers un paillage épais, constitué de plantes de couverture qui excluent les autres espèces, permet une bonne maîtrise des adventices sans autre mesure particulière de contrôle. Quand la plante de couverture utilisée peut être contrôlée mécaniquement (comme le *Stylosanthes guianensis*), les systèmes permettent une maîtrise des adventices sans herbicide, avec des temps de travaux réduits à la préparation de la couverture végétale.

La présence dans les environs d'une forte biomasse disponible (jachères non brûlées) peut permettre un paillage de la parcelle en année "zéro" ou un écobuage.



Le choix des itinéraires techniques

La battance des sols, l'induration en surface et la compaction en profondeur

Des sols riches en particules fines, mais non colloïdales, ont tendance, sous l'impact de la pluie, à former une fine croûte en surface (dite "croûte de battance"). Par ailleurs, des sols très déstructurés (en particulier après un travail du sol avec émottage fin) peuvent, après des fortes pluies, s'indurer en surface sur plusieurs centimètres. Dans un cas comme dans l'autre, il en résulte une induration en surface, créant une couche imperméable et très asphyxiante.

Les phénomènes de battance et d'induration en surface déterminent avant tout les besoins en travail du sol. Au contraire de la compaction (en profondeur) qui est un état relativement stable ou qui évolue lentement, la battance ou l'induration en surface créent un état qui évolue rapidement et conduit à l'asphyxie des cultures. Des sols (non battants) qui paraissent très indurés en surface durant la saison sèche peuvent évoluer très rapidement avec les premières pluies et perdre leur caractère induré avant le semis. Inversement, un sol travaillé avant le semis peut rapidement s'indurer avec les premières pluies. Il est donc important d'évaluer le niveau d'induration des sols que l'on a au moment du semis pour décider si le travail du sol est nécessaire ou non.

Le maintien d'une couverture végétale sur la parcelle permet de contrôler ces phénomènes qui disparaissent donc rapidement en semis direct.

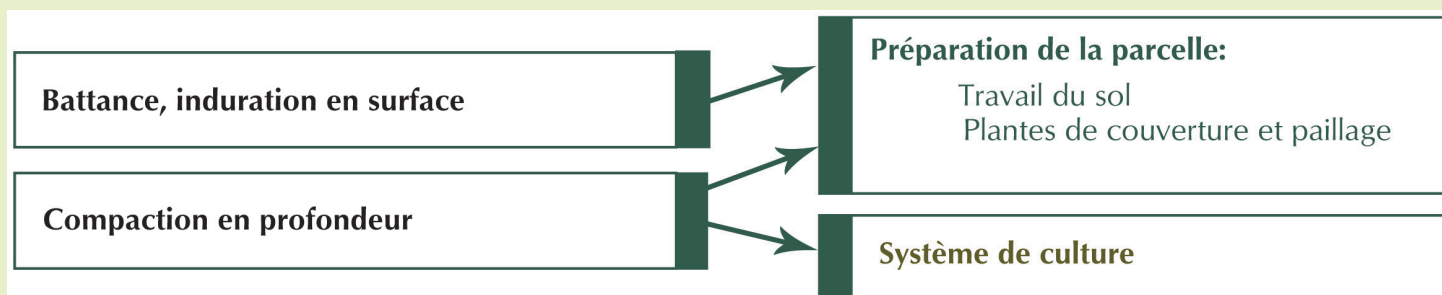
En ce qui concerne la compaction en profondeur, elle peut éventuellement être levée par un sous-solage. Une telle pratique nécessite cependant des moyens considérables (tracteur puissant ou bulldozer, sous-soleuse, très rares à Madagascar), et est très coûteuse. Il est préférable de lever cette contrainte en choisissant des systèmes qui incluent en priorité des plantes capables de décompacter naturellement les sols, par la puissance de leur système racinaire et leur faculté à relancer l'activité biologique.

Exemple sur la battance

Au nord de la zone cotonnière sur sols ferrugineux sableux où des semelles ont tendance à se former en surface du fait du travail continu du sol, les paysans ont l'habitude d'effectuer un labour léger en début de saison des pluies avant le semis des cultures. Cette pratique leur permet d'ameublir le sol, assurant ainsi un bon lit de semis d'une part, et de favoriser l'infiltration des premières pluies ainsi que la maîtrise des mauvaises herbes d'autre part.

Exemple sur la compaction

La compaction du sol limite l'enracinement en profondeur des plantes en particulier celles nécessitant une bonne macroporosité comme le riz pluvial. Outre l'impact sur la nutrition des plantes, un faible enracinement rend les cultures extrêmement sensibles à la sécheresse. Il est en conséquent risqué d'implanter du riz pluvial sur un sol compacté (sans travaux de décompactations au préalable) dans un milieu à saison des pluies courte comme dans le nord de la zone cotonnière.



Le niveau de fertilité du sol

Le niveau de fertilité du sol a un impact direct sur les cultures possibles et les niveaux de fertilisation (y compris en oligo-éléments) à apporter (pour une culture donnée et un objectif de rendement donné). Il influence également de manière directe la densité de semis optimale.

Par son influence sur le type de flore et la pression des adventices, il influence indirectement les moyens à mettre en oeuvre pour le contrôle des mauvaises herbes.

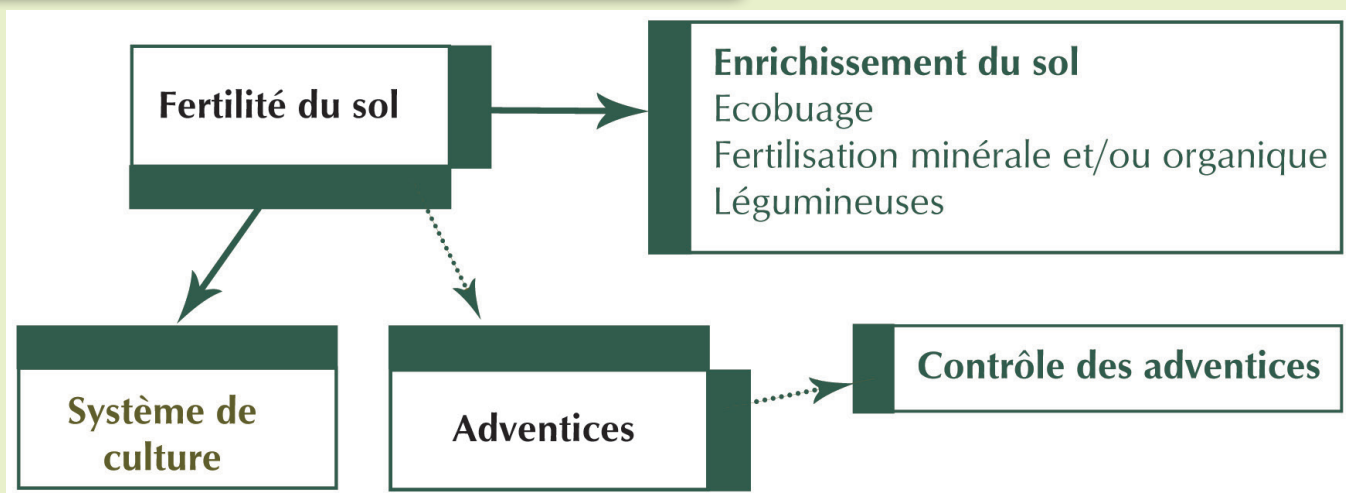
Le choix des itinéraires techniques

Exemple de l'influence de l'apport de fumure organique

Le riz et le maïs qui sont des plantes exigeantes ne peuvent pas être cultivés sur sol pauvre sans pratique permettant de remonter la fertilité : apport de fumure organique, biomasse importante à forte biodiversité fonctionnelle donc présence de légumineuses, fertilisation minérale, etc. Sur les sols sablo-ferrugineux de bas-fonds au sud de la zone cotonnière la pression des adventices telles que les *Cyperus* est particulièrement forte. Elle compromet la culture du riz si des mesures efficaces de contrôle ne sont pas prises.



Travail superficiel sur sol battant pour casser la croûte - Photo : K.Naudin

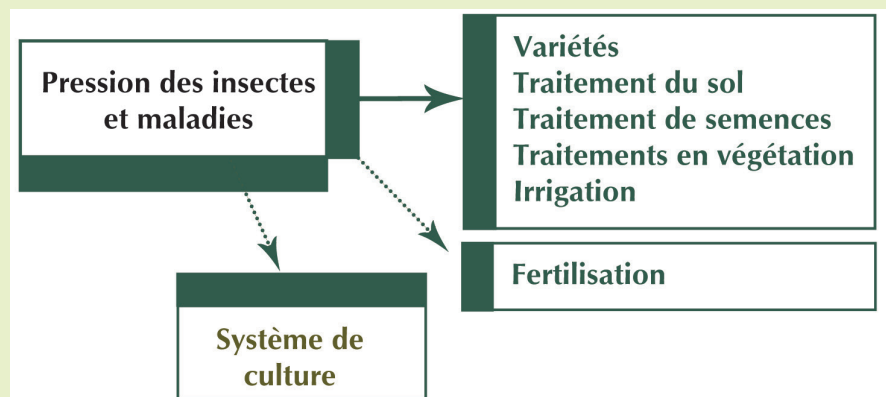


La pression des bioagresseurs

La pression des bioagresseurs (insectes terricoles et/ou foliaires, champignons, rats, etc.) peut rendre nécessaires des moyens de lutte particuliers (choix des systèmes, choix de variétés tolérantes ou résistantes, traitement de semences, traitements foliaires en végétation, utilisation d'entomopathogènes, mise en eau, etc.). Indirectement, la pression des bioagresseurs influence le niveau d'intensification : l'apport d'engrais chimiques en particulier n'est rentable que si le contrôle des bioagresseurs peut être assuré convenablement.



Foreur de tige sur maïs

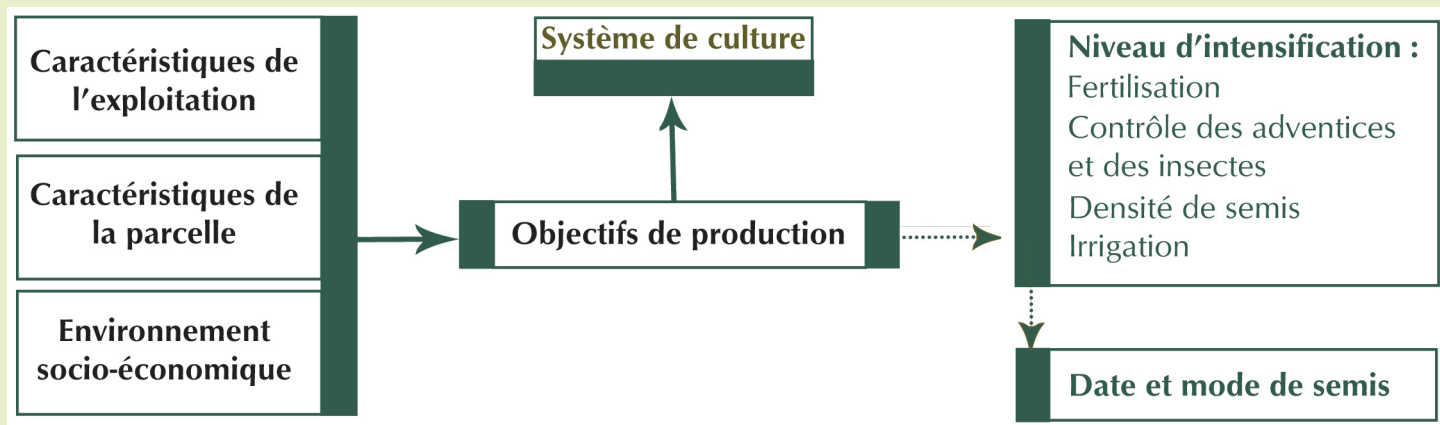


Les objectifs de production

L'objectif de production (niveaux de production visés), et donc les systèmes de culture choisis et le niveau d'intensification souhaité, déterminent directement le niveau de fertilisation à apporter, les variétés, les densités

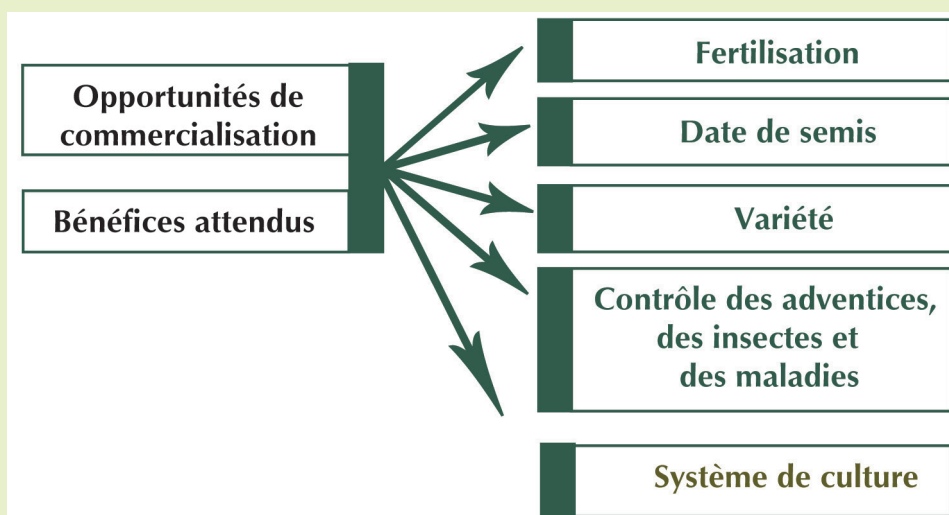
Le choix des itinéraires techniques

de semis ainsi que les modes de contrôle des adventices et des insectes. Cet objectif de production est lui même fonction de la situation de l'exploitant et donc de ses moyens, des caractéristiques de la parcelle, de la pression des adventices, des insectes et des pestes, mais aussi de l'intérêt qu'il y a à prendre le risque d'intensifier (niveau du risque, possibilités et conditions de commercialisation, etc.) et de la propension de l'exploitant à courir des risques.



Les opportunités de commercialisation et les bénéfices attendus

Les opportunités de commercialisation influencent le choix des systèmes de culture, mais aussi l'itinéraire technique. Il peut être extrêmement intéressant de décaler des cycles de cultures et/ou d'utiliser des variétés à cycle court pour permettre une production à une période (de soudure) où les prix de vente sont particulièrement intéressants (ou les besoins pour l'autoconsommation sont forts) et compensent largement une éventuelle baisse de production. De même, la production de semence (parfois en contre-saison) peut être une opportunité de recettes qui peut justifier d'un investissement important et de décaler les cycles de culture.



Les risques d'échec et le niveau de risque acceptable

Les risques d'échec encourus et le niveau de risque supportable par l'exploitation sont des facteurs clés dans la prise de décision sur les systèmes de culture, le choix des niveaux d'intensification et des itinéraires techniques (calage des cycles et récolte en particulier). Ces risques peuvent être de tous ordres climatique (sécheresse, grêle, cyclone, etc), phytosanitaire (attaques d'insectes incontrôlables, maladies fongiques, etc.), technique

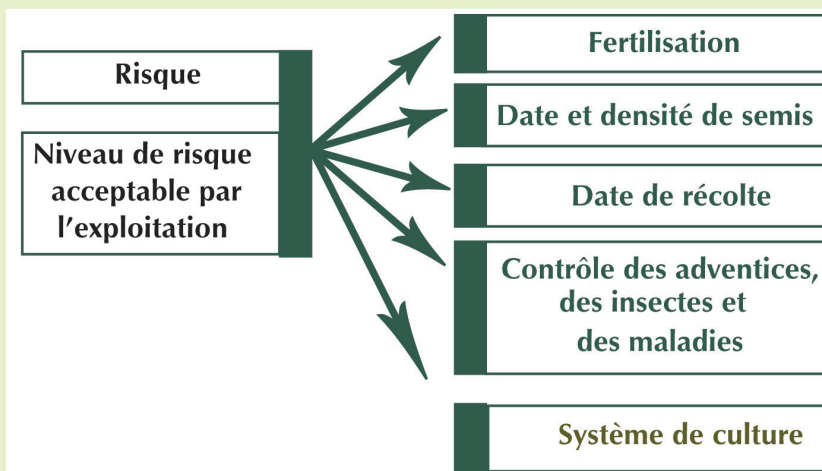
(non respect d'un itinéraire technique du fait de contraintes imprévues, etc), sécuritaire (vols), foncier, etc.

Les stratégies des paysans sont la plupart du temps basées sur la minimisation des risques, et ce d'autant plus que leur situation est précaire et que leur faculté à supporter un échec est faible. Pour les exploitations qui peuvent se permettre de prendre un risque, plus les espérances de gains sont élevées, plus le risque accepté est élevé.

Le choix des itinéraires techniques

Exemple sur le risque

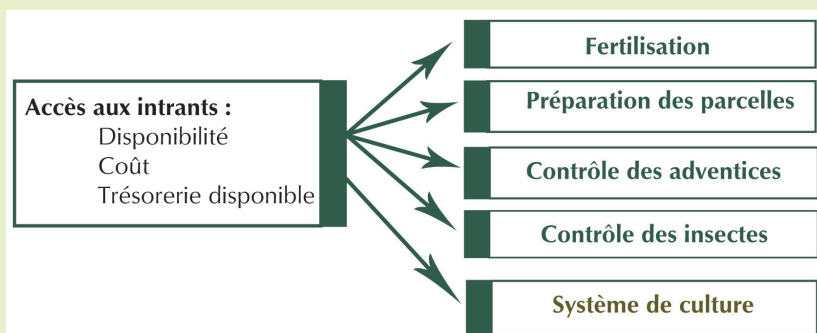
Au nord de la zone cotonnière camerounaise et particulièrement dans la zone des piedmonts où les populations n'ont aucune possibilité de produire autre céréales que le sorgho pluvial (mil rouge) et le maïs (contrairement aux autres endroits où l'on peut produire du sorgho de contre saison – muskuwaari -) pour assurer leur sécurité alimentaire, il est de coutume de semer ces céréales dès le mois de mai, avant ou après les premières pluies. En effet, les pluies s'installent généralement à partir de mi-juin. Le sorgho étant une culture qui supporte les périodes de sécheresse prolongée (2 à 3 semaines), est semé à forte densité dans des poquets. Les premières pluies permettent ainsi la levée des graines et après l'installation effective des pluies, les paysans procèdent au démariage et effectue à même temps au remplacement des poquets manquants par repiquage des surplus des plants prélevés dans les poquets levés. En cas de faibles pluies ne permettant pas de levée, le risque de pourriture des graines est élevé certes, mais les paysans eux, estiment plutôt que leur permet de gagner un mois dans le cycle du sorgho



L'accès aux intrants

Les possibilités d'accès aux intrants (disponibilité, coût et moyens d'achat) ont également un impact direct sur l'itinéraire technique (et le choix du système). L'accès aux engrais détermine directement les possibilités de fertilisation, l'accès aux herbicides influence directement les modes de préparation de la parcelle et de contrôle des adventives, et l'accès aux pesticides influence les possibilités de contrôle des bioagresseurs.

La nécessité d'avoir recours au crédit pour financer les investissements (engrais en particulier) fait baisser le bénéfice d'une éventuelle intensification et la rend moins attractive.



Exemple sur l'accès aux intrants

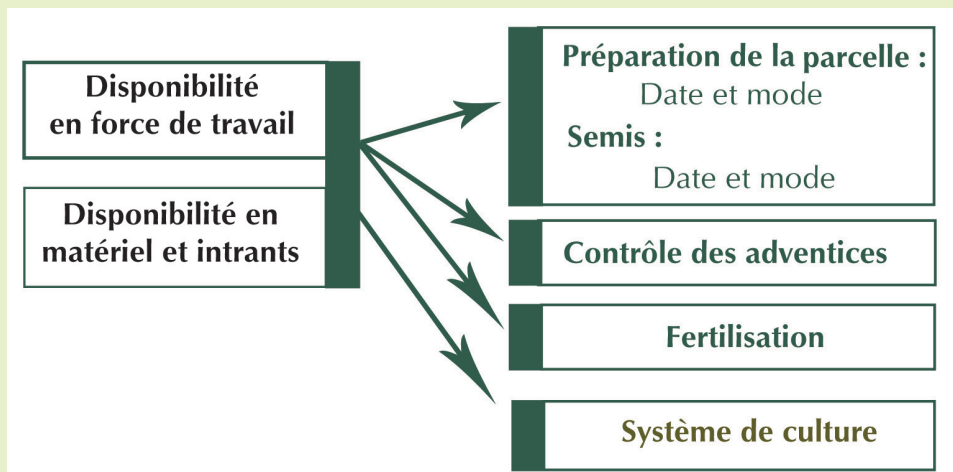
L'impossibilité d'avoir accès à de l'engrais pour cultiver du riz sur un sol pauvre rend nécessaire le recours à la fumure (terre de parc en général) suivi d'un labour pour incorporer dans le sol.

Grâce aux services de la CNPC-C/SODECOTON, l'accès à l'herbicide total (glyphosate) est rendu très facile. Son utilisation pour la préparation des kare (pluriel de karal) en fin de saison par les producteurs de muskuwaari s'est généralisée dans les zones septentrionales du Cameroun.

La disponibilité de la force de travail et du matériel

La disponibilité de la force de travail aux périodes clefs (préparation de la parcelle, semis, désherbage, récolte) détermine largement les pratiques culturales (mode et date de préparation des parcelles et de semis, mode de contrôle des adventives : semis à la volée plutôt que repiquage ou semis en lignes pour réduire le temps de travail au semis, semis en lignes ou en poquets ou utilisation d'herbicides pour réduire les temps de désherbage, etc.). Indirectement, l'impossibilité d'assurer certaines tâches (préparation de la parcelle, désherbages) à temps, du fait d'un manque de force de travail (et/ou de moyens de financer de la main d'oeuvre salariée) ou de matériel,

Le choix des itinéraires techniques



influence le niveau de fertilisation à apporter, et même le choix des systèmes.

En cas de faible disponibilité en main d'oeuvre (familiale ou salariée), du matériel adéquat peut permettre de réduire fortement les temps de travaux (semoirs, sarcluses, rouleaux à cornières, etc.). Il en va de même pour l'utilisation d'intrants (herbicides en particulier) ou la mise en eau pour le contrôle des adventices, quand cela est possible.

1.2. Interactions entre facteurs et opérations culturales. Choix des itinéraires techniques

Le choix des itinéraires techniques possibles pour un système donné se fait sur la base de ces différents facteurs en interactions. Certains facteurs ont une influence directe sur l'itinéraire technique (l'accès aux intrants par exemple), alors que d'autres ont un effet indirect (le climat par exemple, qui influence la flore adventice, et joue donc indirectement sur le mode de contrôle des adventices à mettre en oeuvre). Certains facteurs peuvent être maîtrisés (l'apport de fertilisation par exemple pour remonter la fertilité d'une parcelle) alors que d'autres sont difficilement contrôlables (comme le climat). L'ajustement de l'itinéraire technique se fait sur la base d'une hiérarchisation des facteurs les plus importants pour chaque situation, en utilisant les facteurs maîtrisables pour s'adapter aux paramètres non contrôlés.

De manière générale, l'itinéraire technique doit permettre d'assurer un certain nombre de fonctions agronomiques la (ou les) première(s) année(s), le temps que ces fonctions soient assurées par les plantes multifonctionnelles et la forte activité biologique. Une fois les systèmes en SCV bien installés, l'itinéraire technique est plus simple. Les fonctions agronomiques sont alors assurées principalement par les plantes et l'activité biologique. Ainsi, même si les critères et règles de décisions sont les mêmes dans les deux cas, l'itinéraire technique est très différent entre la (ou les) première(s) année(s) de préparation des SCV, et les années suivantes, sur des systèmes SCV bien installés :

- la structure du sol est assurée par l'activité biologique dans des systèmes installés en SCV. Par contre, un travail mécanique du sol est souvent nécessaire l'année "zéro" de préparation des SCV ;
- la préparation de la parcelle en année "zéro" doit permettre le contrôle des adventices vivaces alors qu'une

fois les systèmes SCV installés, elle se limite au contrôle de la couverture végétale ;

- le contrôle des adventices annuelles en année "zéro" exige un certain nombre de mesures associant différentes pratiques (labour, paillage, semis précoce, espèces et variétés capables de couvrir rapidement le sol, forte densité de semis, utilisation d'herbicides sélectifs des cultures ou d'herbicides totaux appliqués localement et/ou arrachages, etc.) alors qu'il est assuré avant tout par la couverture végétale dans des systèmes SCV installés, et ne demande plus qu'un travail minime. Dans tous les cas, le sarclage des parcelles est à éviter autant que possible car il perturbe le sol et repositionne les graines d'adventices dans de bonnes conditions pour leur germination. Cependant, dans certaines conditions de contraintes fortes pour le contrôle des adventices en année "zéro", le sarclage peut être la seule solution à la disposition des agriculteurs. Il doit alors être réalisé en essayant de limiter autant que possible la perturbation du sol.

- la fertilité doit être restaurée par différents moyens (fumure minérale ou organique, amendements, écobuage, "pompes biologiques", etc.) les



Restructuration du sol en profondeur par les racines d'Eleusine

Le choix des itinéraires techniques

premières années de préparation du semis direct, alors qu'elle est simplement gérée dans des systèmes SCV bien installés (compensation des exportations par les récoltes/fourrages) ;

- une fois qu'un équilibre écologique s'est instauré et que les plantes bénéficient d'une meilleure alimentation hydrique et en éléments nutritifs dans des systèmes SCV bien installés, les mesures de contrôle des bioagresseurs (et tout particulièrement les traitements phytosanitaires) sont moins nécessaires que durant les premières années.

L'itinéraire technique pour une parcelle donnée forme un tout, dont les différentes composantes (préparation de la parcelle, semis, application de produits phytosanitaires, fertilisation, récolte) sont liées, influençant et étant influencées par les autres composantes de l'itinéraire technique.

Même si l'agriculteur s'engage vers un itinéraire technique planifié à l'avance, la mise en oeuvre sur un cycle de culture complet doit s'adapter en permanence pour faire face aux impondérables. Il doit permettre aux plantes cultivées de se développer dans les meilleures conditions possibles : accès à la lumière, à l'eau et aux éléments nutritifs, sans compétition des adventices ni attaques fortes d'insectes ou de maladies. L'itinéraire technique doit ainsi être ajusté régulièrement, ce qui demande un suivi précautionneux et une forte réactivité.

Chaque étape de l'itinéraire technique offre plusieurs possibilités et doit être ajustée en fonction :

- . de l'itinéraire technique global ; et
- . de l'état de la parcelle et des cultures après la réalisation effective des étapes précédentes

La préparation des parcelles en fonction de la biomasse disponible.

Biomasse disponible importante :

Pas de travail du sol : contrôle de la couverture végétale par utilisation d'herbicide, décapage à la houe, fauche, passage d'un rouleau à cornières ou gyrobroyage.

La récupération des pailles domestiques provenant des toits des cases en chaume renouvelés ou de paille de riz dans les aires de battage après récolte, permet d'importer facilement une forte biomasse sur les parcelles dès la première année et ainsi d'amorcer rapidement la pompe du semis direct, même sur des sols pauvres.

Biomasse disponible faible (en année zéro de préparation du semis direct) :

- Travail du sol, pour réduire la pression des adventices ; ou
- Contrôle de la couverture végétale par utilisation d'herbicide, décapage à la houe, fauche, passage d'un rouleau ou gyrobroyage, pour un semis direct de cultures permettant un contrôle facile des adventices. Prévoir un contrôle des adventices par l'utilisation d'un herbicide de pré-levée juste après le semis, et en cours de végétation (herbicide de post-levée).

Les seuils : en dessous de 5t /ha de matière sèche (environ 5 fois plus en matière verte), la couverture du sol est souvent insuffisante pour un bon contrôle des adventices. A partir de 7t/ha de matière sèche la couverture du sol est en général suffisante pour une bonne maîtrise des adventices (sauf si la couverture est faite à partir de céréales à grosses tiges uniquement, comme maïs ou sorgho). Ce contrôle des adventices tout au long du cycle de culture dépend cependant de nombreux paramètres :

- La qualité de la biomasse et donc sa vitesse de décomposition rapide pour un C/N bas comme des feuilles de mucuna, lente pour un C/N élevé comme des cannes de sorgho ;

Le type de paille et la structure du paillage : les pailles fines (brachiaria, riz, etc.) couvrent mieux le sol mais se décomposent plus vite que les grasses pailles (tiges de sorgho ou maïs) ou que les paillages à structure feuilletée (stylosanthes, légumineuses à lianes), dans lesquelles le contact avec le sol se fait progressivement, feuillet par feuillet, ralentissant la décomposition ;

- Le climat : la chaleur et l'humidité accélèrent la décomposition de la couverture ;

La vitesse de couverture du sol par la culture qui dépend du cycle et du port des plantes, de leur densité, de leur date de mises (par rapport au début des pluies qui déclenche la germination des adventices) et du niveau de fertilité de la parcelle : une culture qui couvre rapidement le sol comme l'association maïs + mucuna à faible densité ;

- La pression des adventices et le type de flore : certaines plantes comme les commelinas étant capables de traverser un paillage épais

Le choix des itinéraires techniques

2. La préparation des parcelles avant semis

La préparation des parcelles a pour objectif de permettre un semis dans des conditions optimales, pour une bonne germination et une bonne croissance des jeunes plantes. C'est en particulier une étape clef dans la lutte contre les mauvaises herbes qui doit permettre une installation dans des parcelles "propres", exemptes d'adventices en végétation. La fertilité du sol (et les moyens de l'améliorer), les cultures choisies et les objectifs de production peuvent amener à faire un écobuage, qui permet de remonter la fertilité et tient lieu de préparation de la parcelle (avec un travail du sol localisé mais profond et qui lève en partie une éventuelle compaction du sol en profondeur). En l'absence d'écobuage la préparation de la parcelle peut nécessiter (ou non) un travail du sol en année "zéro" de préparation des SCV. Dans des systèmes SCV installés, le travail du sol doit être évité à tout prix car il fait rapidement perdre les améliorations obtenues par la pratique du semis direct. La préparation de la parcelle se limite alors au contrôle de la couverture végétale.

Dans tous les cas, le premier facteur qui détermine les possibilités et les besoins pour la préparation de la parcelle est la quantité de biomasse disponible, qu'on peut estimer visuellement.

Estimation de la biomasse (matière sèche) sur pied Résidus de récolte (maïs + dolique)



4-5 t/ha



7-8 t/ha



> 15 t/ha

Résidus de récolte (maïs, riz, avoine)



Maïs 7-8 t/ha



Riz, 5-6 t/ha



Avoine, 6/7 t/ha

Résidus de récolte (maïs, riz, avoine)



< 2 t/ha



6-7 t/ha



> 12 t/ha

Le choix des itinéraires techniques

Estimation de la biomasse (matière sèche) au sol (Photos : G.Soutou - K.Naudin)

Graminée herbacée (Andropogon)



2 t/ha. Couverture du sol : 90%
Epaisseur : 1 cm



5 t/ha. Couverture du sol : 99%
Epaisseur : 3 cm



10 t/ha. Couverture du sol : 99%
Epaisseur : 6 cm

50% graminée herbacée (Brachiaria) + 50% Sorgho



2 t/ha. Couverture du sol : 60%
Epaisseur < 1 cm



5 t/ha. Couverture du sol : 80%
Epaisseur : 1 cm



10 t/ha. Couverture du sol : 99%
Epaisseur : 3 cm

Sorgho



2 t/ha. Couverture du sol : 20%



5 t/ha. Couverture du sol : 45%



10 t/ha. Couverture du sol : 70%

Le choix des itinéraires techniques

En année "zéro" de préparation du semis direct, la biomasse disponible sur des parcelles de petite agriculture familiale est souvent insuffisante pour permettre le semis direct. Il arrive également que l'année "zéro" ne permette pas de produire et de conserver suffisamment de biomasse pour un semis direct dans de bonnes conditions, avec un bon contrôle des adventices. Il est dans ces cas là recommandé de concentrer la biomasse disponible sur une partie de la parcelle qui sera conduite en semis direct (sur une couverture végétale suffisante), et de se considérer en année "zéro" sur le reste de la parcelle où la biomasse a été enlevée. Il faut dans tous les cas reconduire un système à très forte production de biomasse pour "amorcer la pompe" des SCV.

Il est également très intéressant d'essayer de produire une forte biomasse en bordure (haies vives, cordons anti-érosifs) ou à proximité des parcelles (jachères), ce qui permet de "recharger" en biomasse les parcelles qui ont eu une production insuffisante.

Le deuxième paramètre à prendre en compte est la présence, l'abondance et le type de plantes vivaces sur la parcelle. Ces critères déterminent les besoins en herbicides et l'utilité du travail du sol.

Une plante vivace déjà installée porte fortement concurrence à une plante annuelle (culture), même si elle a été fauchée ou labourée (en particulier les plantes à rhizomes que le labour peut aider à propager) :

- son redémarrage de végétation est en général plus rapide que celui de la plante annuelle par graine (en particulier pour les petites graines), ce qui fait que la plante vivace fait rapidement de l'ombre à la culture ;
- son système racinaire est souvent plus puissant et profond que celui de la plante annuelle et est déjà installé en profondeur, ce qui crée une compétition forte pour l'eau et les éléments nutritifs.

La préparation des parcelles : contrôle des plantes vivaces

Plantes vivaces abondantes :

- utilisation d'un herbicide total après reprise de la végétation ou en fin de saison des pluies précédente pour contrôler (systèmes sur couverture vivante utilisant des plantes vivaces comme le Cynodon) ou tuer (systèmes sur couverture) les plantes vivaces ;

ou, sur les plantes érigées, facile à contrôler :

- labour à la charrue en début de saison sèche (très exigeant en temps et perturbant le sol et les risques d'érosion sont plus forts ;

Ou à défaut, en l'absence d'herbicide :

labour en début de saison sèche avec exposition des racines et rhizomes au soleil. Deuxième labour avant semis et arrachage manuel des plants encore vivants. La demande en travail est moindre que pour un décapage à la houe, mais la perturbation du sol et les risques d'érosion sont forts

Plantes vivaces absentes, éparses ou faciles à contrôler manuellement :

- labour à la charrue ; ou
- application d'herbicide total.

De plus, ces plantes vivaces sont rarement contrôlées par les herbicides sélectifs des cultures, et leur contrôle pendant la culture, même par sarclage, est difficile.

Il est donc indispensable d'éliminer les plantes vivaces avant l'installation de la culture, ou au moins de les contrôler le temps de la culture, comme dans le cas de cultures sur couverture vive.

Des plantes vivaces dressées, ne produisant pas ou peu de rhizomes peuvent être assez facilement contrôlées par un décapage à l'angady, et ce d'autant plus qu'elles sont peu abondantes ou éparses. En revanche, des plantes rampantes et/ou produisant de nombreux rhizomes ou stolons sont difficiles à contrôler mécaniquement, et ce travail peut entraîner une perturbation considérable du sol. En année "zéro" de préparation des SCV, sur les parcelles à faible biomasse, un autre paramètre important à prendre en compte est la battance ou l'induration en surface des sols.

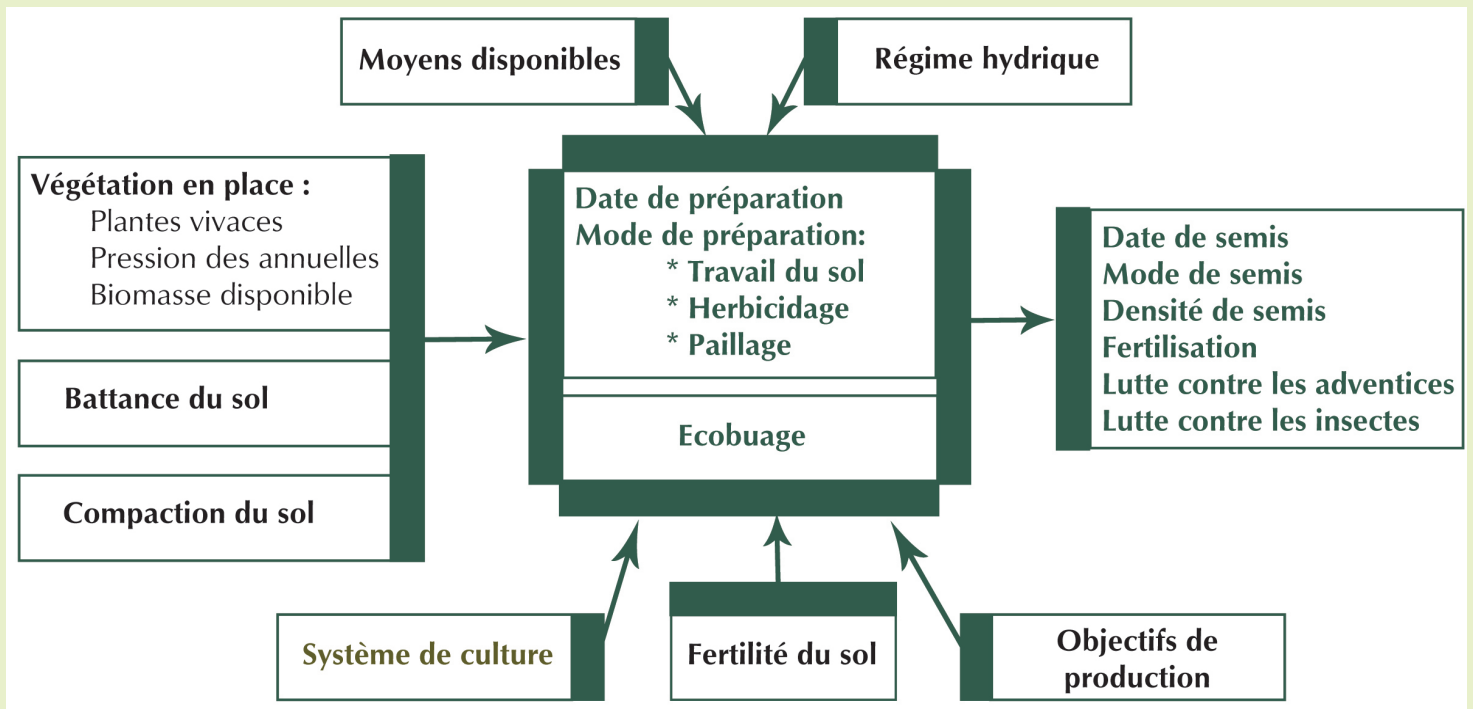
Dans le cas où le sol présente une telle surface indurée, il est indispensable de le travailler (grossièrement pour éviter une nouvelle induration). Les années suivantes le paillage maintenu au sol en SCV empêche tout phénomène d'induration ou de battance.

La compaction du sol en profondeur est un paramètre très important dans le choix des cultures, associations et successions à mettre en place (en privilégiant la (ou les) première(s) année(s) des plantes à fort pouvoir restructurant), mais influence peu le choix des itinéraires techniques, sauf :

- dans le cas où l'agriculteur prend le risque de mettre en place une culture sensible à la compaction sans travail du sol profond, auquel cas les intrants sont limités pour réduire la prise de risque (mais ce qui n'influence pas la préparation de la parcelle) ;

Le choix des itinéraires techniques

- dans le cas où il a été décidé d'effectuer un sous-solage (dans tous les cas extrêmement coûteux) pour installer une culture à forte valeur économique, qui couvrira les coûts d'implantation.
- La réalisation effective de la préparation des parcelles est fonction de ces choix d'itinéraire technique mais aussi :
- du climat et du régime hydrique de la parcelle qui influencent la date du travail du sol éventuel (année "zéro") ou de traitement herbicide des plantes en végétation ;
- des moyens disponibles, en particulier la disponibilité en force de travail et l'accès au matériel et aux intrants (herbicides et engrais essentiellement) ;
- du type de couverture végétale à préparer.



La date de préparation de la parcelle doit permettre le semis dès les premières pluies utiles.

En année "zéro", le travail du sol (si nécessaire) doit parfois être effectué en fin de cycle précédent (sols lourds, difficiles à travailler).

Les années suivantes, le contrôle de la couverture végétale doit se faire très tôt dans le cas d'une très forte biomasse, afin de lui laisser le temps de se tasser avant le semis. De même, il faut préparer plusieurs semaines en avance une biomasse à dominance de graminées (surtout à grosses tiges) dont la décomposition est lente et qui, si elle est traitée trop proche du semis, risque fortement d'entraîner une "faim d'azote" sur les céréales cultivées ensuite.

A l'inverse, pour une biomasse faible, la préparation ne doit pas être faite trop tôt, afin de maintenir un maximum de biomasse pour couvrir le sol et contrôler les adventices en début de cycle. Quand la biomasse est dominée par des légumineuses dont les feuilles se décomposent rapidement, la préparation de la parcelle doit se faire juste avant le semis (et peut même se faire le jour du semis si on utilise des herbicides). La préparation de la parcelle a des répercussions sur de nombreuses opérations culturales par la suite : elle influence directement la date, le mode et la densité de semis, la fertilisation (effet de l'écobuage ou encore besoins en azote pour la culture de céréale sur un paillage de graminées), et le mode de lutte contre les adventices et les insectes (influences du paillage et de la date de semis en particulier).

La préparation des parcelles : battance et compaction

Sols battants ou indurés en surface :

- travail du sol (grossier) nécessaire en année «zéro»;
- paillage par la suite pour éviter la battance.

Sols compactés en profondeur :

- préférer des systèmes avec plantes tolérantes/restructurantes;
- à défaut, travail du sol en profondeur ou écobuage.

Le choix des itinéraires techniques

Dans tous les cas, la préparation doit aboutir à une parcelle prête à être semée dans de bonnes conditions. Une vérification doit être effectuée avant de réaliser le semis.

La préparation des parcelles : vérification

Dans tous les cas, la préparation de la parcelle doit permettre d'installer les cultures sur des parcelles sans adventices en végétation au moment du semis (elles seraient alors en avance sur les cultures et donc très compétitives). Les plantes vivaces qui auraient pu repousser après leur traitement doivent être éliminées car elles sont très difficiles à contrôler dans des systèmes de semis direct installés sur couverture morte. Pour une utilisation en couverture vive, il faut s'assurer que leur contrôle est suffisant et homogène

Pour les plantes annuelles, on vérifie que de nouvelles plantes n'ont pas commencé leur croissance, en particulier quand la préparation de la parcelle a été effectuée longtemps avant le semis. Si nécessaire, un travail supplémentaire de contrôle juste avant (ou pendant) le semis doit être effectué : herbicidage, arrachage, décapage à l'angady ou éventuellement sarclage léger (en année "zéro").

2.1. La préparation des parcelles avec faible biomasse disponible

L'année "zéro" de préparation du semis direct se fait souvent à partir de parcelles sur lesquelles la biomasse disponible est faible, en particulier dans le cadre d'une petite agriculture familiale peu intensive et de sols dégradés. S'il n'est pas possible d'importer de la biomasse (disponible à proximité) pour réaliser un paillage, le recours au labour est souvent préférable, en particulier pour faciliter le contrôle des adventices.

Il se peut aussi qu'un "échec" (accident climatique, mauvais itinéraire technique, exportation non contrôlée de la biomasse produite, etc.) sur des parcelles déjà conduites en semis direct fasse que la biomasse disponible est faible. Outre le moins bon fonctionnement des sols lié au manque de biomasse, le principal problème dans ce cas est celui du contrôle des adventices (essentiellement annuelles). Le retour au labour doit être évité autant que possible car il a l'inconvénient de fortement perturber le fonctionnement du sol (en particulier la dynamique de minéralisation) et les équilibres écologiques "reconstruits" par la pratique des SCV.



Couverture du sol insuffisante par les résidus de maïs à faible production

Dans ces situations où la biomasse n'est pas suffisante pour obtenir une bonne couverture du sol, la préparation de la parcelle dépend avant tout :

- de la présence ou non de plantes vivaces (qui doivent absolument être maîtrisées) ; et
- des risques d'induration du sol.

Dans tous les cas, la faible biomasse pour couvrir le sol fait qu'elle suffit rarement à contrôler les adventices annuelles. Si la pression des adventices est forte et/ou si la culture à installer est difficile à nettoyer (riz par exemple), des mesures de contrôle supplémentaires sont nécessaires (au semis et en cours de végétation).

Le contrôle des plantes vivaces

Le contrôle des plantes vivaces (quand elles sont présentes) est un préalable indispensable à la mise en place de systèmes conduits en semis direct sur couverture végétale permanente.

En fonction de la disponibilité de la main d'oeuvre, de la disponibilité et du coût des herbicides, et de l'abondance, du stade de développement et des caractéristiques des adventices vivaces (et donc du travail nécessaire à les éliminer manuellement), on peut :

- avoir recours aux herbicides quand ils sont accessibles et que la main d'oeuvre disponible n'est pas suffisante. Les plantes vivaces sont en général bien contrôlées avec du glyphosate à la dose de 1800g/ha pour les graminées et du 2,4-D à la dose de 720- 1080g/ha pour les dicotylédones. On peut utiliser les deux produits en

Le choix des itinéraires techniques

mélange quand les deux types de plantes sont présents. Si ces vivaces sont réparties en plaques, le traitement peut être localisé, ce qui réduit fortement la dose à l'hectare et donc le coût. Le recours à l'herbicide est particulièrement intéressant pour les plantes vivaces rampantes, avec rhizomes et/ou stolons (*Cynodon dactylon* en particulier qui se trouve dans différents milieux et dans toutes les écologies, ou *Panicum trichoides* et *Stenotaphrum secundatum* fréquents sur la côte Est), qui demandent un travail très important (avec perturbation forte du sol) pour un contrôle sans herbicide ;

- préférer un contrôle mécanique, par décapage (herbicides non accessibles, main d'œuvre disponible, vivaces peu abondantes). Pour les plantes vivaces érigées et/ou en touffes (telles *Aristida* sp. *Hypparhenia* sp., *Imperata cylindrica*, etc.) que l'on retrouve sur les sols sableux ferrugineux), le décapage à la houe est en général suffisant s'il est réalisé en début de saison sèche. Le temps nécessaire à réaliser cette opération dépend avant tout de l'abondance des plantes vivaces. Quand elles sont éparées, leur contrôle par décapage est souvent très intéressant alors qu'il l'est moins quand elles sont abondantes.

Les plantes rampantes à stolons et/ou rhizomes sont beaucoup plus difficiles à contrôler mécaniquement et demandent un labour en début de saison sèche, puis un nouveau labour avant la mise en culture. L'utilisation d'un herbicide total (1800 g/ha de glyphosate) est souvent préférable quand ces plantes sont abondantes (et



Cynodon dactylon, plante vivace à stolon et à rhizome

Importation ou concentration de paille sur la parcelle

Quand la biomasse disponible sur la parcelle est faible, un apport de paille importée des environs, après préparation de la parcelle est souvent très intéressant. Cette biomasse peut être prélevée sur des jachères naturelles ou produite à l'avance en bordure des parcelles (plantation préalable de haies de pennisetum, cajanus, tephrosia, etc.). Il est préférable d'installer la paille avant le semis, bien qu'il soit aussi possible (mais plus long à réaliser) de "recharger" la parcelle en biomasse après la levée des cultures semées en lignes.

La quantité optimale dépend du climat (vitesse de minéralisation), du type de matériel végétal, de la pression des adventices et de la biomasse déjà présente sur la parcelle, et de la disponibilité de la biomasse et son accessibilité. Dans le cas où la biomasse sur la parcelle est faible et si elle n'est pas accessible dans les environs, on peut concentrer la biomasse de la parcelle sur une partie de celle-ci, de manière à atteindre le seuil qui permet de conduire dans de bonnes conditions la culture en SCV. Le reste de la parcelle d'où a été retirée la végétation est alors reconduit comme une année "zéro", afin de produire une biomasse suffisante pour l'année suivante. Pour éviter de transporter la biomasse d'un bout à l'autre de la parcelle, il est aussi possible de concentrer la biomasse en bandes, en alternant bandes en semis direct (où la biomasse a été concentrée et sur lesquelles seront plantées les cultures principales, éventuellement en doubles rangs) et bandes labourées (qui recevront les plantes de couverture).

Plus la biomasse totale est importante, meilleurs sont les effets (amélioration du sol, contrôle des adventices) qui sont très significatifs à partir d'une biomasse totale de :

- 5-7 t/ha de matière sèche en milieu sec (nord de la zone cotonnière camerounaise)
- 7-10 t/ha à moyenne au sud de la zone cotonnière camerounaise

Quand la biomasse produite n'a pas été suffisante en année zéro de préparation des SCV et qu'il n'est pas possible d'en importer ou de la concentrer, la meilleure solution est de faire l'année suivante un système à forte production de biomasse, en SCV, avec une culture facile à désherber et en ayant recours si nécessaire à un léger sarclage en cas de forte pression des adventices.

Le choix des itinéraires techniques

Rappel sur les herbicides

La dose d'herbicide à appliquer dépend :

- des espèces à traiter
- de l'abondance des plantes vivaces,
- de leur répartition : le traitement de plaques consomme moins d'herbicide par hectare que celui de plantes dispersées, et
- du stade des plantes au moment de l'application : une plante âgée est moins sensible qu'un jeune plant de quelques feuilles
- des conditions d'application : les fortes chaleurs réduisent la pénétration dans les plantes (qui ferment leurs stomates) et donc l'efficacité des herbicides, le glyphosate a une efficacité maximale à pH 4 et perd très fortement son efficacité en cas d'utilisation d'eau basique, etc.

Ainsi, les doses préconisées dans ce manuel sont des doses moyennes, correspondant aux doses nécessaires pour tuer ces plantes à un stade de végétation moyen, pour un niveau d'infestation moyen et régulier, et avec une application de l'herbicide dans les conditions recommandées.

Ces doses, qui sont toutes exprimées en quantité de matière active, doivent être ajustées en fonction des conditions d'application.

Afin de ne pas retarder les semis, l'idéal est de traiter à l'herbicide les plantes vivaces en pleine végétation, à la fin de la saison des pluies précédente (faute de quoi il faudra attendre une reprise de croissance après les premières pluies, ce qui retarde le semis de plus d'un mois) ou de les décaper à la houe en saison sèche.

Ces deux approches permettent un bon contrôle des plantes vivace dans de très nombreuses situations. On peut cependant rencontrer des situations particulières qui demandent un traitement spécifique.

Graminées pérennes des rizières

Certaines graminées des rizières comme *Oryza longistaminata* (riz à rhizomes) posent de sérieux problèmes et exigent une préparation des parcelles particulière pour les contrôler.

- *Oryza longistaminata*

Le riz à rhizomes est une espèce très proche du riz cultivé. Il est difficile de les distinguer au stade jeune, ce qui rend impossible un désherbage manuel. De plus, il n'existe pas (pour l'instant) d'herbicide sélectif du riz soit efficace sur ce riz sauvage.

La seule méthode de lutte efficace consiste à le tuer à l'aide d'un herbicide total à forte dose (glyphosate à 2160g/ha) et à un stade sensible : juste avant sa floraison. Cela peut se faire sur une parcelle abandonnée du fait de la forte infestation par le riz à rhizomes pour la préparer pour l'année suivante. Cela peut aussi se faire en tuant le riz à rhizomes localement sur les plaques où il apparaît dans des parcelles moins infestées. Cette pratique a cependant l'inconvénient de tuer également le riz cultivé, sauf si la variété utilisée (de cycle très court) a pu être récoltée (panicule par panicule) avant que le riz à rhizomes ne soit à la floraison, auquel cas on applique l'herbicide sur le riz à rhizomes dès récolte du riz.

La biomasse du riz à rhizomes est en général suffisante pour être utilisée comme couverture végétal pour le semis direct de la culture suivante (beaucoup plus belle sans labour), ce qui n'est pas le cas des cypéracées vivaces.

Cas particulier

Le choix des itinéraires techniques

Cypéracées vivaces des rizières : *Cyperus rotundus* et *Cyperus esculentum*

Cas particulier

Deux cypéracées vivaces sont particulièrement gênantes en rizières : *Cyperus rotundus* et *Cyperus esculentus* sont considérées au niveau mondial comme des pestes végétales.

Leurs organes de réserve leur permettent de survivre en saison sèche, de résister à de nombreux herbicides et de se multiplier rapidement, en particulier sous l'effet du labour qui fractionne les chainettes de bulbilles et favorise la multiplication végétative.

Comme pour le riz à rhizomes, dans l'attente d'herbicides sélectifs performants, la meilleure façon de les contrôler est d'appliquer un herbicide total (glyphosate à 1800g/ha) en fin de saison des pluies pour préparer la culture de l'année suivante.

Il est aussi possible d'utiliser les propriétés de certains paillages en semis-direct : une couverture de sorgho, grâce à l'ombrage prolongé de la surface du sol conjugué à des effets allélopathiques (émissions de substances, véritables herbicides naturels), permet de contrôler en partie ces pestes végétales. Ainsi un système de culture avec production de sorgho (non photopériodique) en saison sèche, utilisé comme paillage pour la campagne suivante peut être proposé. Il est aussi possible de ralentir l'émergence du Cypéris avec un épais paillage (maïs + dolique par exemple) puis de traiter les jeunes adventices dans le riz semé très dense, avec du bentazone (380g/ha).

Parcelle avec plantes vivaces à rhizomes, déjà labourées

Cas particulier

Dans le cas particulier où l'on intervient sur une parcelle qui a été labourée en fin de saison des pluies/début de saison sèche précédente, sans qu'il y ait eu application d'herbicide préalable (pratique fréquente des paysans, pour essayer de contrôler ces plantes vivaces, en exposant racines et rhizomes au soleil en saison sèche), il faut s'assurer que ces plantes ont été bien contrôlées et que les rhizomes ne pourront pas produire de nouvelles plantes. Dans le cas contraire, il faut là aussi attendre la reprise de la végétation avant d'appliquer de l'herbicide (glyphosate à 1800g/ha) et de terminer la préparation du sol si nécessaire (nouveau labour et/ou émottage) une fois l'action de l'herbicide constatée.

Jachères pérennes brûlées

Cas particulier

La pratique du brûlis est fréquente au Nord Cameroun. Pour la remise en culture d'une jachère à plantes vivaces qui a brûlé (intentionnellement ou par accident), se pose le double problème de contrôler les plantes vivaces avant semis puis de contrôler les adventices annuelles dans la culture, en l'absence de paillage.

La plupart des plantes vivaces ne sont pas contrôlées par le passage du feu. La pratique du brûlis vise au contraire à favoriser leur reprise pour la production de jeunes feuilles en saison sèche, et permet de lever la dormance des graines de nombreuses espèces.

De plus, le passage du feu rend plus difficile le sarclage à la houe de ces plantes pérennes, moins facilement repérables et accessibles après brûlis. La meilleure solution consiste donc à attendre la reprise de la végétation (quelques semaines après brûlis ou en début de saison des pluies) pour appliquer un herbicide total (glyphosate à 1800g/ha).

Après semis direct (sans labour, mais sans couverture végétale qui a brûlé), le contrôle des adventices annuelles qui peuvent recoloniser rapidement ces parcelles se fait par application d'herbicide de prélevée (si la flore adventices est connue et exerce une forte pression) ou de post-levée (au cas par cas, en fonction de l'apparition de plantes annuelles).

Le choix des itinéraires techniques

Cas particulier

Parcelle très bosselées exploitées mécaniquement

Dans le cas particulier de grandes parcelles très bosselées que l'on souhaite exploiter en culture mécanisée, il est nécessaire de les labourer après traitement à l'herbicide afin de les niveler pour permettre le semis direct mécanisé les années suivantes.

Exemple sur peu de résidus, avec vivaces

Dans les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau (cas des vertisols intermédiaires), le *Cynodon dactylon* envahit fréquemment les zones qui ne sont pas inondées suffisamment longtemps. La meilleure technique de lutte consiste à l'éradiquer par application de glyphosate (1800g/ha) en pleine végétation, de préférence en saison des pluies précédente, ou à défaut après reprise de végétation en début de saison des pluies.

Sur des parcelles à faible biomasse et sans plantes vivaces (soit parce qu'elles n'étaient pas présentes, soit parce qu'elles ont été éliminées par l'opération précédente, le choix de l'itinéraire technique se fait avant tout en fonction du risque de battance ou d'induration du sol.

Le travail du sol sur sols battants ou indurés en surface (en année « zéro »)

Les sols battants sont généralement des sols argilo-sableux, limono-sableux ou sablo-argileux que l'on retrouve vers le bas de la toposéquence : sols exondés dans la plaine ou harde, sols ferrugineux tropicaux, etc. Ils représentent la plupart des sols de rizières (à l'exception des sols organiques peu évolués). Les résidus de récolte y sont généralement peu abondants, une couverture végétale importante sur le sol tendant à supprimer ce phénomène de battance. Sur ces sols battants (ou en cas d'induration en surface), un travail du sol est nécessaire après contrôle des vivaces, afin de briser la croûte asphyxiante en surface.

Exemple de préparation des sols battants

Sur des bas-fonds ayant produit du riz dont la paille a été exportée à la récolte, le phénomène de battance ne permet pas la mise en place d'une nouvelle culture sans travail du sol pour briser la croûte de battance.

Sur les sols lourds (vertisols), difficiles à travailler, le travail du sol doit être effectué de préférence en fin de saison des pluies, ce qui permet ainsi de semer précocement sans avoir à attendre suffisamment de pluies pour pouvoir travailler les sols en début de campagne. Sur les sols légers, plus faciles à travailler, le travail du sol peut se faire en début de la saison des pluies, là encore afin d'être prêts pour un semis précoce dès les premières pluies utiles (après un éventuel passage d'herbicide à faible dose sur les jeunes plantes qui auraient pu repousser après les premières pluies).



Riz sur sol battant : Harde

Dans tous les cas, sur ces sols battants qui doivent absolument être travaillés avant semis, il est important de ne pas faire un émottage trop fin et de ne pas les pulvériser. Les déstructurer trop, favorise la formation de croûte de battance ou l'induration en surface sous l'action des pluies. Le travail du sol doit donc être un travail grossier : labour et émottage grossiers, ou passage de la charrue sont non seulement amplement suffisants, mais aussi préférables à d'autres pratiques.

Ce travail du sol contribue au contrôle des adventices annuels avant le semis.

Pour l'installation d'une culture de contre saison ou d'une plante de couverture sur sol battant, il est possible de ne travailler que le poquet.

Le paillage de ces sols après travail du sol, si la biomasse est disponible à proximité, est particulièrement intéressant car réduit très fortement la battance ou les risques d'induration.

Le choix des itinéraires techniques

Les options sur sols non battants

Sur sols non battants (sols sableux ferrugineux et sols organiques peu évolués), le travail du sol n'est pas indispensable. Dans les parcelles qui avaient des plantes vivaces, les opérations effectuées pour les contrôler ont en général fortement réduit le nombre (lors du décapage à la houe) ou éliminé toutes les adventices annuels (en cas d'utilisation d'herbicides). Seules les repousses (quand il y en a) sont à éliminer avant le semis. Dans les parcelles qui n'avaient pas de plantes vivaces, un contrôle facile et peu coûteux des adventices annuels peut se faire avant semis par utilisation d'herbicide, ou à défaut par travail du sol.

En année « zéro » de préparation du semis direct le labour suivi d'un émottage est souvent la solution la plus simple, ne nécessitant pas d'herbicide et étant bien maîtrisée par les paysans. Il est aussi possible (et recommandé) de simplement contrôler les adventices annuels comme dans des parcelles déjà installées en SCV, ce qui présente l'avantage de réduire le temps de travail et de s'habituer aux pratiques du semis direct.

Dans les parcelles déjà en SCV (à la suite d'un accident qui n'a pas permis de maintenir une biomasse suffisante au sol), le travail du sol doit être évité autant que possible car il fait perdre rapidement les bénéfices des années de conduite en SCV. La préparation de la parcelle se limite donc au contrôle des plantes annuels en végétation, ce qui peut se faire par :

- application d'herbicides, à faible dose quelque jour avant le semis. Un mélange glyphosate (360 à 540g/ha) + 2,4-D (360 à 720g/ha), éventuellement localiser sur les paries infestées, est suffisante pour contrôler parfaitement la flore annuelle en végétation sans perturber le sol. Cette méthode est aussi la plus rapide, surtout si les repousses d'adventices sont nombreuses, mais elle nécessite des herbicides (cout, connaissance, problème de disponibilité des produits et du matériel de pulvérisation) ;
- fauche, passage d'un rouleau à cornière si les plantes d'adventices sont à un stade avancé de développement (ces pratiques sont peut efficaces sur les plantules) ;
- arrachage manuel des plantules d'adventices quand elles sont peu nombreuses ;
- en dernier recours, si aucune de ces méthodes n'est réalisable, par sarclage léger et localisé, plus rapide que l'arrachage manuel mais qui a l'inconvénient majeur de perturber le sol.

La "recharge" en biomasse par importation de paille est très recommandée (quand elle est disponible à proximité), pour couvrir le sol et limiter les repousses d'adventices annuelles.

Apport de paillage

Sur les parcelles en semis direct avec faible biomasse, ou après labour, un apport de paille limite l'érosion et permet de contrôler la plupart des mauvaises herbes, à condition qu'il soit suffisamment épais. Le paillage doit être effectué de préférence avant le semis, mais il peut aussi être apporté après la levée de la culture (ce qui est plus délicat à réaliser, plus long et moins efficace).

Le type de paille employé détermine : la vitesse de dégradation de la couverture et donc la durée du maintien de celle-ci (pour le contrôle des mauvaises herbes) et les risques de blocage d'azote (pour les cultures des céréales) ;

- les pailles à ratio C/N élevé (comme les tiges de sorgho ou de maïs) se décomposent lentement et donc restent plus longtemps, mais induisent un risque de blocage d'azote élevé en début de cycle ;
- les feuilles de légumineuses (à ratio C/N bas) se décomposent très vite (ce qui peut poser problème pour le contrôle des adventices) mais restituent rapidement de l'azote aux cultures ;
- les feuilles de graminées et les tiges de légumineuses se décomposent à une vitesse intermédiaire.

Cette, technique, si elle est extrêmement simple et efficace, présente cependant deux contraintes qui font qu'elle ne peut pas être proposée dans toutes les situations :



Importation de paille sur parcelle en première année de SCV

Le choix des itinéraires techniques



Stockage de paille de maïs en champ pour le renforcement du paillage

- elle ne peut se faire que si de la biomasse est disponible en quantité à proximité ;
- elle nécessite de temps de travaux importants (d'autant plus important que la biomasse doit être transportée sur de grandes distances), même si ce travail peut être effectué durant la saison sèche.

Le paillage ne peut donc pas être recommandé dans des zones où la paille est rare, comme les zones d'élevage extensif axé sur la vaine pâture, zone de pratique des feux de brousse et où la paille sert à d'autres fins (usage domestiques), et à forte pression foncière. Dans tous les cas, la production de biomasse en bordure de parcelle (bandes enherbées ou haie vives, de plantes pérennes ou semis pérennes comme andropogon gayanus ou le cajanus cajan qui seront régulièrement fauchées) ou dans des parcelles voisines (jachères améliorées) peut permettre d'importer facilement et rapidement une forte biomasse dans les parcelles cultivées, et ainsi d'assurer une entrée rapide en semis direct.

2.2. Le contrôle d'une couverture végétale à partir d'une forte biomasse

Des pratiques SCV performantes permettent (et fonctionnent bien grâce à) une forte production de biomasse et de restitution sur le sol. Pour l'entrée dans les systèmes SCV, une forte biomasse est obtenue après une année "zéro" de réparation de SCV qui associe (ou se font succéder) des cultures avec des plantes de couvertures (annuelles ou pérennes) à forte production de biomasse. Il est également possible de démarrer directement en semis direct sur des jachères de plante vivaces ou après des cultures intensives, à forte production de biomasse, largement restituée au sol.

Cette forte biomasse disponible sur la parcelle, permet de traiter directement la couverture végétale pour un semis direct dans de bonnes conditions, sur des sols souvent bien structurés et non battants.

Le choix du mode de contrôle des couvertures végétales (mécanique ou par utilisation d'herbicides) se fait en fonction :

- des espèces (et parfois des variétés) dont dépendent les facilités de contrôle mécanique et chimique, et donc les possibilités et l'intérêt comparatif d'utiliser un mode de contrôle plutôt que d'autre ;
- de leur stade végétatif qui influence les possibilités d'utilisation et l'efficacité des herbicides et du contrôle mécanique, et donc leur intérêt comparatif ;
- de moyens disponibles : accès aux herbicides et coût, disponibilité et coût de la force de travail, accès au matériel ;
- du type de couverture végétale que l'on souhaite : couverture morte ou couverture vive (difficile à conduire sans herbicide) ;
- des cultures que l'on veut mettre en place dans le cas des couvertures vives ;
- du climat : durée de la saison sèche qui détermine les périodes d'activité végétative des plantes ; chaleur excessive, qui affaiblit (et peut même tuer) les plantes.

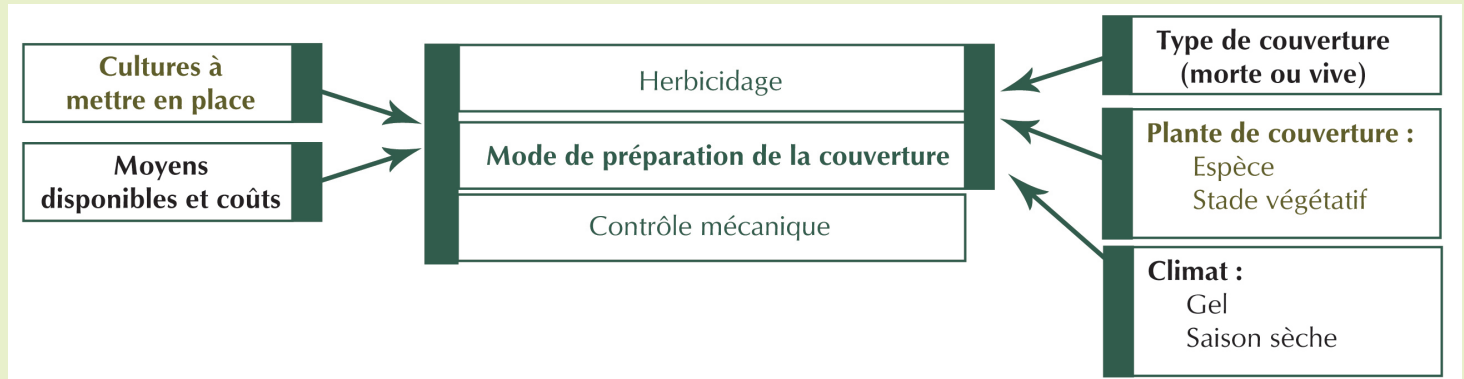


Forte biomasse de *Stylosanthes guianensis*

Le choix des itinéraires techniques

En cas d'utilisation d'herbicide pour préparer la couverture végétale, les doses à employer dépendent :

- de l'espèce (ou des espèces) à contrôler ;
- des conditions d'application ;
- du type de couverture souhaité (morte ou vive.)



Le contrôle des jachères à plantes vivaces (non brûlées)

Les plantes spontanées remplissent souvent un grand nombre des fonctions écosystémiques remplies par leurs « cousines » sélectionnées et peuvent souvent être utilisées comme couvertures végétales. Elles ont l'avantage d'être déjà installées, mais ont parfois des inconvénients pour leur gestion. Sous jachères pérennes, les sols sont souvent bien structurés de par l'action du système racinaire de ces plantes vivaces et de leur couverture du sol. De plus, la biomasse disponible y est souvent importante (si elle n'a pas été brûlée). Le semis direct de cultures est possible dès la première année d'intervention, sans avoir besoin d'une année « zéro » de préparation. L'itinéraire technique à adopter dépend avant tout des espèces à maîtriser. Dans de nombreux cas, le moyen le plus efficace de contrôler ces plantes vivaces est l'application d'herbicides totaux, à des doses relativement élevées.

Plusieurs cas de figure se présentent cependant :

Les dicotylédones vivaces et les graminées vivaces érigées sur sols exondés.

Ces plantes peuvent être utilisées pour préparer une couverture morte uniquement. Elles peuvent être contrôlées mécaniquement sans demander un travail trop important lorsqu'elles sont peu nombreuses et peuvent être constituées des plantes pérennes ou annuelles. Les plantes annuelles qui peuvent cohabiter avec ces vivaces peuvent être contrôlées par simple fauche ou passage d'un rouleau à cornières, après décapage des vivaces.

Le 2,4-D amine à la dose de 1 080 g/ha permet également de contrôler la plupart des dicotylédones vivaces (ainsi que les annuelles), à très faible coût et avec peu de travail. Pour les dicotylédones arbustives, la meilleure solution consiste à les faucher, attendre leur reprise de végétation (environ 3 semaines, le temps que des tiges avec quelques feuilles larges se développent) puis d'appliquer du 2,4-D (1 080 à 1 440 g/ha).

Exemple de contrôle sur jachère pérenne

Sur les sols sableux ferrugineux exondés, les graminées sauvages développées permettent une forte production de haricot (ou de soja) après un simple traitement à l'herbicide à faible dose (720 à 900 g/ha de glyphosate) qui permet leur contrôle. La couverture vive est ainsi maintenue et le système pérennisé.

Les graminées érigées (*Aristida* sp., *Hypparhenia* sp., *Andropogon* sp., *Cenchrus* sp., *Imperata cylindrica*, *Brachiaria* sp., etc) peuvent également être contrôlées par décapage (sous le sol) des racines à la houe. Toutefois, elles sont souvent fort nombreuses et le travail exigé est très important. Dans un tel cas, le recours aux herbicides est fortement recommandé.

Ces plantes se contrôlent par application de glyphosate, à la dose de 1 800-2 160 g/ha si les plants sont âgés. Il est possible de baisser cette dose en fauchant la végétation en place et en appliquant le glyphosate à 1 080 g/ha sur les jeunes repousses de 2 à 3 semaines (ce qui a l'inconvénient de retarder le semis d'autant).

Le choix des itinéraires techniques

Une espèce comme *Imperata cylindrica*, difficile à contrôler car très rhizomateuse, est d'autant mieux maîtrisée qu'on laisse sur place sa biomasse et qu'on l'utilise pour semer une plante volubile, couvrant rapidement le sol (comme la muuna ou les vignas).

Sur un mélange de dicotylédones et de graminées, l'association glyphosate (1 080 g/ha environ) + 2,4-D (720 à 1 080 g/ha) peut être proposée, la dose de chaque herbicide variant en fonction de l'abondance des plantes vivaces de chaque type.

Les graminées vivaces rampantes ou de petite taille

Les graminées de ce type (comme *Cynodon dactylon*, présent sur sols ferrugineux exondés dans toutes les zones écologiques, des petits brachiarias ou panicum, *Pennisetum clandestinum* en zone humide), sont extrêmement difficiles à contrôler sans utilisation d'herbicide. En effet, le labour est souvent insuffisant pour les contrôler et, au contraire, peut parfois faciliter leur multiplication par fractionnement des rhizomes.

Ces graminées vivaces sont souvent dominantes et couvrent très bien le sol. Elles peuvent être utilisées comme couverture végétale après contrôle total (couverture morte), ou partiel (couverture vive).

• Couverture morte à partir de graminées vivaces rampantes

Pour préparer une couverture végétale morte, ces plantes sont tuées par application de glyphosate, à la dose de 1800-2160 g/ha. L'idéale est de les contrôler en pleine végétation, en fin de saison des pluies du cycle précédent, ce qui accroît l'efficacité du contrôle (d'autant plus que la plante doit résister à la saison sèche) et permet un semis précoce. Si ces plantes vivaces n'ont pas été contrôlées à l'avance, il faut attendre la reprise de la végétation après les premières pluies (15 jours à 3 semaines environ) pour appliquer l'herbicide sur des plantes en phase végétative. Le semis peut être fait une fois l'efficacité de l'herbicide constaté. Outre un risque de moins bon contrôle des vivaces, cet itinéraire a l'inconvénient de retarder le semis. Pour y remédier en partie, il est éventuellement possible de semer directement, immédiatement après application de l'herbicide. On court alors le risque de reprise de la plante vivace localement si des parties ont été mal traitées ou oubliées.



Niébé sur couverture vive de chiendent

• Couverture maintenue vivante à partir de graminées vivaces rampantes

Ces plantes vivaces rampantes, qui protègent parfaitement le sol et maîtrisent la plupart des plantes adventives, peuvent être utilisées pour réaliser une couverture végétale maintenue vivante. Cela exige l'emploi herbicide pour les contrôler temporairement et permettre l'implantation et la croissance de la culture, sans les tuer afin qu'elles produisent une forte biomasse après la récolte de la culture.

Le *Cynodon dactylon* se prête très bien à cette pratique, permettant la production durable de légumineuse en assurant une couverture permanente du sol.

Le contrôle de ces plantes vivaces rampantes utilisées en couverture végétale vivante se fait par application d'herbicide à dose réduite : glyphosate (720 à 900 g/ha en fonction de sa vigueur et de son stade de développement), ou 1/2 à 2/3 des doses recommandées d'herbicides graminicides-fop (quand ils sont disponibles).

Le contrôle de plantes de couverture vivaces installées

De nombreuses espèces utilisées comme plantes de couverture vivaces appartiennent au même genre et parfois à la même espèce que des plantes vivaces spontanées. Les plantes de couverture ont été sélectionnées pour maximiser les intérêts agronomiques (avec en premier lieu la production de biomasse, la sélection étant faite initialement par les éleveurs) et pour faciliter leur gestion.

Les plantes vivaces à rhizomes et stolons sont difficiles à contrôler mécaniquement, au contraire des plantes annuelles qui ne repartent pas si elles sont fauchées ou roulées après leur épiaison.

Le choix des itinéraires techniques

Ainsi, on peut utiliser en couverture végétale :

- les différentes variétés de brachiaria (en particulier le *B. ruziziensis*) sélectionnées à partir de plantes originaires d'Afrique de l'Est et du Sud pour en améliorer la production et les qualités fourragères, et qui ont été diffusées comme fourrage dans le monde entier ;
- les variétés de Tifton (Tifton 68, 78 ou 85 pour les plus connues) qui sont des hybrides de *Cynodon dactylon*, sélectionnés pour leur plus forte production et leur meilleure qualité fourragère en particulier ;
- *Cenchrus ciliaris* proche du *Chenchrus echinatus*, mais ayant une meilleure qualité fourragère et surtout plus facile d'utilisation car aux graines non épineuses ;
- les différents *Pennisetum* sp. en particulier ceux issus du *Pennisetum purpureum* (Elephant gras) et ses hybrides (en particulier avec le *Pennisetum glaucum* comme le Banagrass, et le Capim elefante carajas)
- *Andropogon gayanus*, etc.

Et divers légumineuses, avec en particulier :

- *Stylosanthes guianensis* cv CIAT 184, relativement résistant à l'antracnose, maladie fongique qui avait pratiquement éradiqué cette espèce fourragère très intéressante dans les années 1970 ;
- *Alysicarpus*, *Centrosema* sp., etc.

Le contrôle d'une couverture végétale de graminées vivaces

Le contrôle total d'une couverture végétale (couverture morte) de graminées ayant produit une forte biomasse se fait de façon optimale 3 à 6 semaines avant la date de mise en cultures prévue.

Le contrôle en avance présente les avantages :

- de pouvoir s'assurer du bon contrôle de ces plantes vivaces ;
- de permettre au mulch ainsi créé de se tasser, ce qui facilite le semis (qui peut être très délicat sur une forte biomasse fraîchement contrôlée) ;
- d'amorcer les processus de décomposition de la biomasse et en particulier de réduire le risque de blocage d'azote qui peut être très préjudiciable aux cultures, surtout aux céréales cultivées sur un paillage de graminées (dans un premier temps, les bactéries intervenant dans les processus de décomposition et de minéralisation consomment de l'azote, avant d'en libérer en quantité) ;
- de permettre aux cultures d'émerger rapidement de la couverture, ce qui évite l'étiollement des plantules et les attaques de champignons.

Toutefois, le climat et les cycles végétatifs ne permettent pas toujours de préparer la couverture à cette période optimale. Dans les climats avec saison sèche, il est souvent préférable de contrôler la couverture végétale en fin de saison des pluies précédente, quand elle est en pleine végétation et que l'efficacité des herbicides systématiques employés est bonne. On s'assurera simplement avant le semis que le contrôle des vivaces a été bon, et que les parcelles sont restées propres (ce qui est en général le cas quand la biomasse est importante). On fera si nécessaire un petit nettoyage par arrachage si les adventices sont en faible quantité ou application d'herbicides à faible dose (540 g/ha de glyphosate et 360 à 720 g/ha de 2,4-D) si les jeunes plantes sont assez abondantes. Dans ces climats, si la couverture n'a pas été préparée à l'avance, il faut attendre la reprise de la végétation après les premières pluies, ce qui retarde le semis et accroît le risque de blocage d'azote en début de cycle cultural.

• *Brachiaria* sp.

Les différentes espèces de brachiaria sont utilisées pour produire une couverture végétale importante, utilisée en SCV pour réaliser des couvertures mortes. Elles ne permettent pas la culture sur couverture vive, mais peuvent toutefois, être utilisées en association aux céréales afin d'augmenter la biomasse produite par celles-ci en première année d'entrée en SCV. Le mode de contrôle des brachiaria varie suivant les espèces :

Exemple sur le choix du mode de contrôle

Le contrôle d'une couverture morte à partir du *Brachiaria ruziziensis* peut se faire :

- par application d'herbicide en fin de saison des pluies précédente, si l'herbicide est disponible,
- par sarclage à la houe en début de saison des pluies, si l'herbicide n'est pas accessible ou qu'il n'a pas été appliqué à temps et que l'on souhaite mettre en place une culture à cycle long qui ne supporte pas un semis tardif ;
- par l'application d'un herbicide en début de saison des pluies pour mettre en place une culture de cycle court (comme le niébé qui peut être semé relativement tard) ou une plante pérenne ou semi-pérenne qui traversera la saison sèche (comme le haricot).

Le choix des itinéraires techniques

Brahiaria ruzizensis est le plus facile à contrôler que ce soit par herbicide (de préférence) ou par action mécanique. Chimiquement, il est totalement maîtrisé avec 1 080 g/ha de glyphosate alors que les autres espèces sont plus résistantes et nécessitent 1 800 à 2 160 g/ha de glyphosate pour un bon contrôle. Mécaniquement, le port en touffes et l'enracinement moins puissant que celui des autres brachiarias permettent d'envisager un contrôle par décapage à la houe quand cela s'avère nécessaire (pas d'accès aux herbicides ou à des coûts très élevés, période de contrôle dépassée et par conséquent risque de faible efficacité de l'herbicide, etc.) *B. Brizantha* ou *B. decumbens* peuvent avoir un port en touffe qui rend possible le décapage à la houe mais au prix d'un travail très important (et d'une baisse des performances des systèmes SCV du fait de la perturbation du sol). *B. humidicola*, au système racinaire très puissant et avec nombreux rhizomes et stolons est difficile (mais possible) à maîtriser mécaniquement.

Enfin, *B. ruzizensis* est l'espèce supportant le moins bien le gel. Il peut être tué par des gelées en dessous de -3° C, auquel cas il n'est pas nécessaire de le traiter à l'herbicide : le semis peut être réalisé directement sans préparation particulière. En cas de gelées plus modérées (-1 à -2°C) les doses d'herbicide à apporter sont réduites (360 à 720 g/ha en fonction de son état). *B. brizantha* et surtout *B. decumbens* sont eux beaucoup plus résistants au gel.

	Couverture morte	Couverture vive
<i>Cynodon dactylon</i> cv Tifton	Glyphosate 1 800 à 2 160 g/ha	Glyphosate 720 à 900 g/ha ou 1/2 à 2/3 des doses recommandées d'herbicides graminicides -fop
<i>Brachiaria ruzizensis</i>	Glyphosate 1 800 à 2 160 g/ha ou décapage à l'angady	Difficile à maîtriser
<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>B. decumbens</i> , <i>B. humidicola</i> , <i>B. mutica</i>	Glyphosate 1 800 à 2 160 g/ha	Difficile à maîtriser
<i>Pennisetum clandestinum</i> (Kikuyu)	Peu intéressant	Fauche (puis propaquizafop ou fluazifop-P-butyl) ou glyphosate à 720 g/ha
<i>Lolium multiflorum</i> (Ray grass)	Glyphosate 1 080 g/ha	Difficile à maîtriser

Le contrôle d'une couverture végétale de légumineuses vivaces

La décomposition rapide des feuilles des légumineuses à forte teneur en azote fait que les risques de « faim d'azote » sont limités. Le contrôle de la couverture végétale peut se faire juste avant le semis, en particulier pour les espèces rampantes, dont la biomasse se tasse rapidement.

Les légumineuses rampantes pérennes (*Alysicarpus*) sont utilisées pour la préparation d couvertures vives uniquement, leur implantation lente, rendant leur utilisation en couverture morte peu intéressante.

Les légumineuses pérennes érigées (*Cajanus*, *Crotalaria*, *Stylosanthes*, *Sesbania sesban*) sont utilisées en couverture morte (qui peut se ressemer naturellement comme dans le cas du *Stylosanthes*).

- *Cajanus cajan* ou *crotalaria* sp.

Plantes semi-pérennes, arbustives et ligneuses, les *Cajanus* et les *Crotalaria* se contrôlent facilement par fauche au ras du sol (d'un coup de houe ou de coupe-coupe en culture manuelle). La biomasse ainsi coupée est simplement laissée sur la parcelle.

Précaution à prendre : une fois fauchées à la base, les tiges ligneuses peuvent être tranchantes. Le port de chaussures est recommandé pour le travail dans ces parcelles.

Il est aussi possible de contrôler les *Crotalaria* par passage d'un rouleau à cornières, suffisamment lourd pour couper les tiges encore peu lignifiées.

Le choix des itinéraires techniques

• Stylosanthes guianensis

Le contrôle total du Stylosanthes pour en faire une couverture morte doit se faire en fin de saison sèche, deux à dix semaines avant la date de semis estimée, d'autant plus tôt que la biomasse aérienne est importante. Le semis dans une très forte biomasse peut être délicat et il est facilité si cette biomasse a eu le temps de se tasser.

Contrôle manuel

Un des avantages du Stylosanthes guianensis pour les SCV en petite agriculture familiale est que, bien qu'étant une plante pérenne, il peut être totalement contrôlé par une simple fauche au ras du sol. Il suffit donc de le couper d'un coup de houe en culture manuelle, ou par passage de gyrobroyeur ou autres outils en culture mécanisée.

Les plants de Stylosanthes sont ainsi tués pour réaliser une couverture végétale morte. On peut cependant pérenniser le système facilement en laissant simplement grainer le Stylosanthes avant de le couper, ce qui permet à la plante de couverture de se réinstaller naturellement.

Dans le cas d'une biomasse « moyenne » (5 à 10t/ha de matière sèche), le Stylosanthes ainsi fauché peut être simplement laissé au sol, sans qu'il ne gêne la progression lors de la fauche.

Pour les fortes biomasses (12 à 20t/ha), l'épaisseur de la biomasse aérienne rend difficile l'accès aux pieds des plantes pour les couper manuellement.

Les nombreuses tiges ligneuses du Stylosanthes font cependant que la couverture qu'elles forment est facile à manipuler. On peut en particulier l'enrouler, ce qui permet de progresser en accédant aux pieds pour les couper, ou y faire pâturer des animaux, ce qui réduira considérablement l'épaisseur de la biomasse sur le sol.

Le contrôle de couvertures végétales à base de résidus de récolte abondants et de plantes de couverture annuelles ayant fini leur cycle

Lorsque le climat et le régime hydrique ne permettront pas la culture en contre-saison, l'augmentation de la production globale de biomasse, pour « alimenter » les SCV, s'obtient par les associations de cultures avec des plantes de couverture. Ces cultures et plantes de couverture terminent cependant leur cycle plusieurs mois avant le semis de la culture suivante. Elles ne demandent aucun contrôle particulier car elles sont déjà mortes. Cependant, durant la période sans aucune culture ou plante de couverture implantée, des plantes adventices peuvent se développer. Elles sont d'autant plus présentes et abondantes que la biomasse au sol est peu importante et que la période sans culture est longue. La préparation de la parcelle se limite alors à contrôler ces adventices qui auraient pu se développer.

Ces adventices sont en général des adventices annuelles qui peuvent se contrôler soit :

- mécaniquement par fauche (si elles sont peu abondantes et de grande taille, mais n'ayant pas achevé leur cycle, auquel cas il n'est pas nécessaire de les traiter), passage d'un rouleau à cornières ou par gyrobroyage de la végétation encore vivante (en laissant la paille en place) ;
- chimiquement par l'application d'herbicide à faible dose (360 à 720g/ha de 2,4-D sur les dicotylédones, 360 à 540g/ha de glyphosate sur les graminées, éventuellement en mélange) si elles sont abondantes et en végétation.

Dans le cas (rare) de parcelles avec une forte biomasse de résidus de récolte mais dans lesquelles les plantes vivaces n'ont pas été éliminées (échec du traitement précédent), la seule solution est de faucher et d'enlever la biomasse en place pour appliquer un herbicide totale sur les plantes vivaces (l'application directe d'herbicide n'est pas possible, la biomasse risquant d'intercepter les herbicides et de protéger les plantes vivaces en dessous). Si les plantes vivaces apparaissent en taches, il suffit de conduire cette opération localement sur ces taches.

Exemple sur les résidus abondants

Après un maïs associé au mucuna ou dolique, fertilisés et ayant donné une forte production (3-4 t/ha de maïs et 1 t/ha pour la légumineuse), la biomasse produite est en général suffisante (avec une plante volubile qui a recouvert les autres) pour avoir contrôlé la plupart des adventices pour pouvoir conduire la saison suivante une culture sur biomasse sans herbicide.

Le choix des itinéraires techniques

Le contrôle de plantes de couverture utilisées en mélanges

Dans le cas où les plantes de couverture sont utilisées en mélange, le contrôle se fait :

- mécaniquement, par fauche, passage d'un rouleau à cornières ou gyrobroyage si toutes les espèces utilisées dans le mélange peuvent être contrôlées ainsi (mélange de plantes brachiaria r. + Crotalaire spp par exemple) ;
- chimiquement dans le cas contraire, en appliquant les doses d'herbicides nécessaires à contrôler l'espèce la plus résistante, et en mélangeant éventuellement des herbicides pour contrôler un mélange de graminées et de légumineuses (mélange glyphosate + 2,4-D sur un mélange brachiaria + cajanus par exemple).

Dans le cas d'un mélange de plantes de couverture incluant des espèces vivaces que l'on souhaite contrôler sans utiliser d'herbicide, il est possible de les décapier à la houe ou à la charrue, mais au prix d'un très important travail.

Les temps des travaux pour le contrôle des couvertures

La pulvérisation d'un herbicide avec un pulvérisateur à dos prend 4 à 6 jours de travail par hectare. Le passage d'un rouleau à cornières tiré par des bœufs prend 3 à 5 jours/ha en moyenne pour un attelage. Le labour à la houe est beaucoup plus long, pouvant atteindre plus de 150 jours/ha sur des plantes à rhizomes, nombreux.

2.3. Synthèse sur la préparation des parcelles

Le travail du sol, parce qu'il a un impact très négatif sur l'écosystème « sol », doit être évité autant que possible. Il n'a d'intérêt qu'en année "zéro" de préparation du semis direct, sur les parcelles à faible biomasse disponible, et particulièrement sur sol battant.

Cette année "zéro" de préparation doit absolument éliminer toutes les plantes vivaces qu'on ne souhaite pas garder comme couverture végétale vive.

Selon les moyens disponibles et les espèces présentes, ce contrôle des plantes vivaces peut se faire :

- simplement par décapage à la houe, ce qui a l'avantage de se faire sans matériel spécifique ni intrants, en tout début de saison de pluies mais entraîne une perturbation du sol, est difficile à réaliser sur les plantes à stolons ou rhizomes et engendre un travail considérable ;
- par labours répétés (technique bien utilisée par les agriculteurs), sans intrant chimique, mais au prix d'un travail très important (surtout quand il est fait annuellement) et qui engendre érosion et forte perturbation du sol ;
- par traitement herbicide, ce qui nécessite une bonne maîtrise technique de ces produits et ne peut se faire que s'ils sont accessibles et que l'on dispose du matériel nécessaire. En revanche, cette pratique permet un excellent contrôle de toutes les plantes indésirables, en peu de temps, sans perturbation du sol ni érosion.

Par la suite, pour l'installation des cultures en SCV, la préparation des parcelles se limite au contrôle des couvertures végétales (annuelles ou vivaces), qui peut se faire (en fonction des espèces à contrôler et des moyens disponibles) :

- par traitement herbicide, avec les mêmes avantages et contraintes que pour les contrôler des plantes vivaces en année "zéro", mais qui permet également le contrôle temporaire des couvertures vives et a l'intérêt, par rapport aux autres pratiques, d'éviter que la couverture ne soit emportée par les eaux de pluie (en particulier sur pente forte). Cette pratique peut cependant être délicate à mettre en œuvre avec un simple pulvérisateur dans le cas d'une parcelle à forte biomasse (mais ne pose pas de problème en agriculture mécanisée), et doit parfois se faire à une période précise (souplesse du calendrier d'application variable selon les espèces) ;
- par décapage de la houe, avec les mêmes avantages et inconvénients que pour la maîtrise des adventices vivaces.

Il n'est cependant pas possible de préparer des couvertures ne pouvant pas être contrôlée partiellement ;

- par fauche, passage d'un rouleau à cornière ou gyrobroyage pour une couverture morte à partir de plante

Le choix des itinéraires techniques

annuelles. Ces techniques très simples ne demandent aucune connaissance particulière (si ce n'est celle des plantes.) la fauche manuelle représente un travail important, mais peut se faire avec un matériel très limité. Un rouleau à cornières, peu coûteux et simple à fabriquer réduit considérablement le temps de travail. Le gyrobroyage, très rapide, nécessite un investissement nettement plus important.

2.4. Quelques erreurs à éviter lors de la préparation des parcelles

La préparation des parcelles est une étape importante qui conditionne le reste de l'itinéraire technique. Il est important de la réussir et d'éviter des erreurs qui engendrent des difficultés pour la suite de la conduite de la parcelle. Il faut être très vigilant pour éviter en particulier :

- un mauvais contrôle des plantes vivaces en année "zéro", qui peut être lié à de mauvaises conditions d'application de l'herbicide ou un mauvais choix des pratiques (labour des plantes à rhizomes par exemple), et entraîne des difficultés pour la conduite de la culture mais aussi pour la mise en culture en semis direct les années suivantes ;
- le travail du sol quand il n'est pas nécessaire en année "zéro", et tout travail du sol les années suivantes, sur des systèmes SCV installés mais qui pourraient rencontrer des difficultés ;
- le traitement d'une couverture insuffisante quand on ne dispose pas des moyens pour assurer un bon contrôle des adventices par la suite (préférer concentrer la biomasse) ;
- le contrôle trop précoce d'une couverture à faible biomasse, et en particulier pour la biomasse à bases de légumineuses à décomposition rapide, qui risque d'entraîner une mauvaise maîtrise des adventices ;
- le contrôle trop tardif d'une couverture à très forte biomasse, ce qui peut engendrer des difficultés pour semer dans une couverture qui ne s'est pas tassée suffisamment.

3. Le semis

Le semis est une étape clef de l'itinéraire technique, déterminant les conditions d'implantation et de croissance des cultures et le contrôle des adventices. C'est lors du semis que se fait l'ajustement d'un grand nombre de paramètres qui permettent d'optimiser les populations de plantes et leur production de gains, fibres et/ou tubercules et de biomasse totale.

L'installation de populations de plantes se raisonne donc de manière à répondre à un double objectif :

- gérer la compétition avec la culture principale (dans le cas d'association) ;
- permettre une bonne production des plantes associées ou en succession.

Ce double objectif doit être atteint avec les moyens disponibles (force de travail, matériel, intrants), en tenant compte des contraintes au niveau de l'exploitation. Pour cela, les divers paramètres techniques du semis peuvent et doivent être ajustés précisément.

Les modalités optimales de semis très largement dépendantes des situations ou unités agronomiques qui déterminent la période de production possible.

Les herbicides pour le traitement des parcelles

Pour le traitement des parcelles sans travail du sol, deux herbicides systémiques sont particulièrement intéressants :

- le glyphosate, qui contrôle la plupart des graminées et cypéracées vivaces (et certaines dicotylédones) à une dose de 1800g/ha de matière active ;
- le 2,4-D amine qui contrôle la plupart des dicotylédones à une dose de 1080 g/ha de matière active.

Ils contrôlent à des doses plus faibles (360 à 540g/ha pour le glyphosate, 360 à 720g/ha pour le 2,4-D) les plantes annuelles. En fonction du type de flore à contrôler et de leur stade, on peut utiliser ces deux produits en mélange à des doses variables, en :

- favorisant le 2,4-D (très peu coûteux) sur les dicotylédones et le glyphosate pour les graminées ;
- réduisant les doses sur des jeunes plants en pleine végétation et en augmentant les doses pour contrôler des plants âgés, peu actifs végétativement.

Le choix des itinéraires techniques

Les objectifs des associations

Les paramètres du semis sont des outils majeurs qui permettent de gérer les associations. Ces paramètres sont ajustés pour répondre à un objectif, qui est en général de maximiser la production des plantes associées, sans nuire au rendement de la culture principale. On peut cependant dans certains cas (en particulier les premières années pour amorcer la pompe des SCV) favoriser la production de biomasse par les plantes de couverture en optimisant leur installation.

Pour une unité agronomique donnée (climat x régime hydrique x fertilités), les modalités du semis (date, mode, densité, profondeur, agencement dans l'espace et fertilisation des différentes plantes), qui permettent de gérer la compétition entre plantes, dépendent avant tout des caractéristiques spécifiques et variétales des plantes cultivées et des plantes associées. Ces plantes sont choisies (lors du choix des systèmes, cf. Volume II. Chapitre 1.) pour leurs capacités à s'adapter à cette unité agronomique et pour leur compétitivité relative pour la lumière (liée au cycle, à la vigueur au départ et au port) et pour l'eau et les éléments nutritifs (liée essentiellement à leur système racinaire).

Les paramètres techniques optimums du semis pour un système de culture donné, sur une unité agronomique donnée, se raisonnent dans un ensemble, avec de nombreuses interactions entre les différents paramètres. Un peuplement optimal peut cependant être déterminé à l'avance, avec les différents paramètres pour le semis. Ces paramètres pour un peuplement optimal sont présentés en détail dans les fiches techniques par système et par zone (cf. Volume V.), pour chaque situation.

Toutefois, dans la pratique, le semis est en général le fruit de compromis permettant de se rapprocher le plus possible de l'optimum pour ces paramètres, avec les moyens disponibles au niveau de l'exploitation (force de travail, matériel, etc.). Les aléas font que ces optima ne peuvent pas toujours être obtenus pour tous les paramètres du semis. Lorsqu'un paramètre ne peut être réalisé de manière optimale, il est alors indispensable de réajuster les autres paramètres du semis afin d'optimiser la population de plantes pour la situation réelle sur le terrain.

La gestion des associations nécessite donc de l'anticipation (lors de la conception des systèmes et des itinéraires techniques) et de la réactivité (lors de la mise en place sur le terrain).

Certains paramètres du semis sont fondamentaux et sont fortement influencés par des facteurs extérieurs (climat, fertilité du sol, etc.). Ils concernent avant tout la culture principale, pour laquelle les paramètres sont fixés en priorité à leur optimum. La date et la densité de semis de la culture principale (qui déterminent le peuplement) sont particulièrement importantes pour assurer une bonne production. Leur réalisation dans des conditions optimales est un objectif majeur à atteindre.

D'autres paramètres du semis, liés aux plantes associées (comme la date de semis, le mode, la densité, la profondeur de semis ou les variétés), à l'agencement des plantes entre elles ou à la fertilisation sont plus flexibles et peuvent être ajustés facilement. Ils se raisonnent dans un ensemble complexe et donnent de la souplesse pour obtenir des peuplements optimaux, une fois que les paramètres pour la culture principale sont fixés et effectivement réalisés, dans des situations réelles (de conditions climatiques, moyens disponibles, date de semis effective de la culture principale, etc.).

La détermination des paramètres optimums se fait donc dans un ensemble, en identifiant tout d'abord ceux pour la culture principale. Ces paramètres pour la culture principale peuvent être ajustés si nécessaire, avant son semis, pour faciliter l'installation des plantes associées (agencement dans l'espace en particulier comme dans le cas du semis en doubles rangs).

Les paramètres pour le semis des plantes associées sont alors déterminés. Ils doivent cependant être ajustés après le semis de la culture principale pour s'adapter aux conditions effectives de la parcelle en culture.



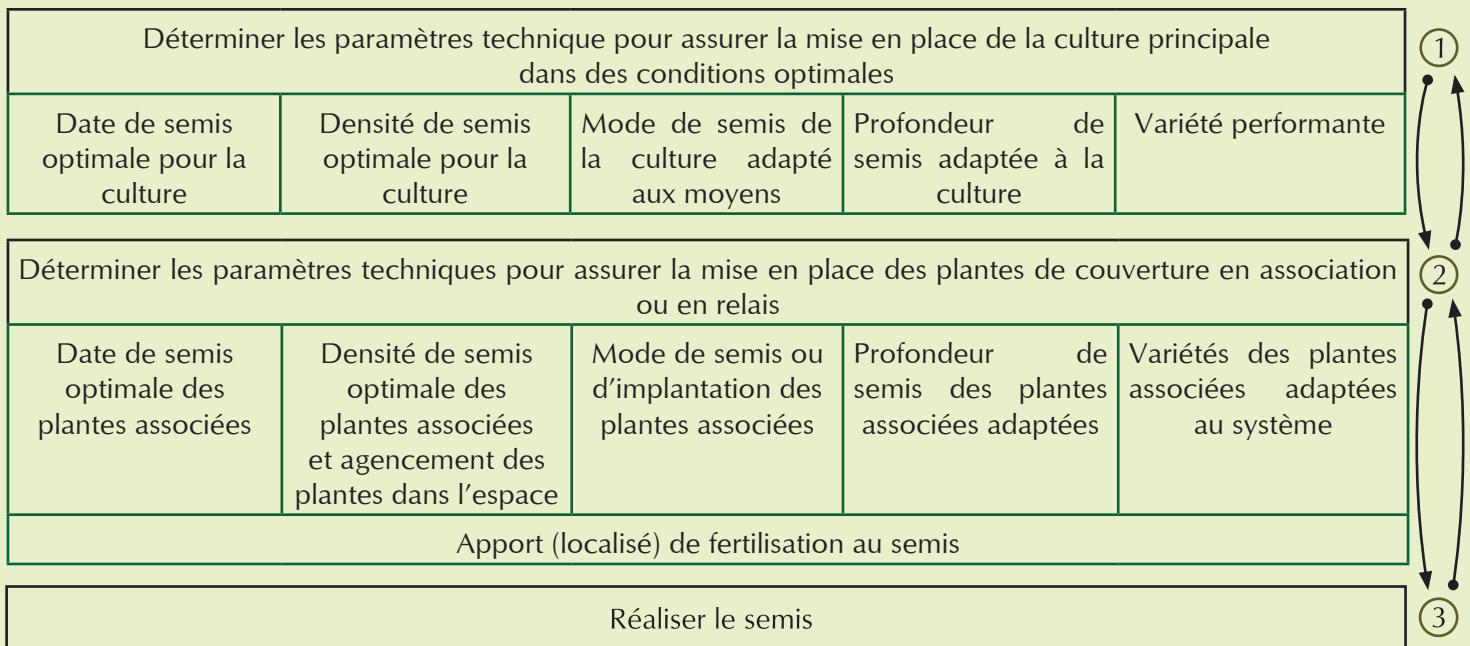
Coton sur forte biomasse

Le choix des itinéraires techniques

Les principes de gestion des populations des plantes

La culture principale reçoit la priorité. Une fois les conditions de son succès, les plantes associées sont installées pour se développer où et quand de l'espace est disponible, sans engendrer de compétition pour la culture. La gestion des populations se fait par un décalage entre plantes dans le temps (dates de semis) et/ou dans l'espace (densité de semis, agencement dans l'espace) et par régulation de leur vitesse de croissance (profondeur de semis, apports localisés d'engrais, implantation par boutures ou par graines lors du semis, fauches ou application d'herbicides après semis). Comme pour les adventices, on cherche à faire en sorte que les plantes associées ne fassent pas de concurrence à la culture principale pendant les 30 à 45 premiers jours du cycle. A partir du moment où la culture recouvre totalement le sol, les espèces associées sont contrôlées naturellement et efficacement par ombrage. Il faut cependant prendre garde à ce que les plantes associées soient placées dans des conditions qui leur permettent une bonne production de biomasse, faute de quoi leur intérêt est limité.

Le choix de l'itinéraire technique : l'ajustement des paramètres du semis



3.1. Assurer la mise en place et les conditions de croissance de la culture principale

La date de semis de la culture principale

Date optimale de semis

La date de semis de la culture principale a une forte influence sur les performances du système, tout au long du cycle. La date optimale de semis est déterminée avant tout par l'arrivée des pluies et/ou le régime hydrique de la parcelle. La préparation de la parcelle doit être faite aussitôt que possible pour permettre un semis dès les premières pluies « utiles ».

La date de semis de la culture principale conditionne en particulier la biomasse produite par le système et en conséquence ses performances et la vitesse de transition entre systèmes conventionnels et systèmes SCV.

Un avantage majeur des pratiques de semis direct sur couverture végétale permanente est qu'elles permettent une préparation précoce des parcelles, qui rend le semis possible dès les premières pluies utiles. Les SCV permettent aussi le semis à sec, en fin de saison sèche quand les pluies se font attendre : le risque de germination

Le choix des itinéraires techniques

Intérêts d'un semis précoce

Sur le plan agronomique, un semis précoce est de manière générale très favorable. Le respect d'une date de semis précoce est particulièrement important car il permet :

- d'optimiser la période de culture (capital dans les climats à longue saison sèche et/ou froide) et l'utilisation de l'eau, et ainsi de réduire le risque climatique ;
- d'installer les plantes de couverture plus tôt, et donc dans de meilleures conditions (certains systèmes avec successions intra-annuelles peuvent même être impossibles à conduire sans un semis précoce de la culture principale) ;
- de maximiser la production totale ;
- d'obtenir rapidement une bonne couverture du sol et par là, de réduire l'érosion de la pression des adventices ;
- de réduire la pression des insectes et des maladies dont les cycles de multiplication commencent souvent avec les pluies.

Quand le semis ne peut être effectué tôt, les contraintes agronomiques augmentent (augmentation de la pression des adventices et des bio-agresseurs, dégradation par l'érosion sur sol nu exposé aux pluies violentes en début de cycle, etc.). Le risque climatique (manque d'eau pour terminer le cycle de la culture) augmente également et le potentiel de production diminue rapidement (en particulier pour les variétés photopériodiques). Plus le climat est contraignant et plus la pression des bio-agresseurs et des adventices est élevée, plus un retard dans le semis a des conséquences négatives importantes. De plus, le semis tardif de la culture principale rend plus difficile la gestion des associations et/ou successions. Il réduit la quantité de biomasse produite et, en conséquence, les performances des systèmes SCV.

Le semis doit donc être réalisé dès les premières pluies utiles, soit après 40 à 50 mm tombés en quelques jours en début de saison des pluies. La réserve en eau ainsi constituées dans le sol permet de supporter jusqu'à deux à trois semaines sans pluies, ce qui est fréquent en début de cycle, quand les pluies ne sont pas encore installées.

au moment du semis (force de travail et matériel) ; et

- du temps nécessaire au semis de l'ensemble des parcelles et en conséquence du mode (manuel ou mécanisé, à la volée ou en lignes/poquets), et de la densité de semis.

De manière générale, les moyens et le mode de semis doivent être adaptés pour permettre de semer rapidement l'ensemble des parcelles à la densité de semis optimale.

Cependant, quand les moyens nécessaires à un semis rapide ne peuvent pas être mobilisés, il faut rechercher un

après des premières pluies en faible quantité (ce qui ne permettrait pas aux plantules de survivre si les pluies ne s'installaient pas rapidement), important sur sol nu, est fortement limité par le paillage qui intercepte l'eau des premières pluies. Les graines, placées sous paille ne sont humidifiées qu'après que le paillage ait accumulé plus de 10 à 20 mm d'eau. Grâce à une bonne infiltration, le sol a alors constitué une réserve en eau permettant aux plantes de supporter une période sèche, d'autant plus que l'évaporation est réduite par la couverture.

Le semis direct offre donc une plus grande souplesse que les systèmes conventionnels, et facilite le semis précoce ce qui est un atout majeur en agriculture.

En année « zéro » de préparation du semis direct, qui se fait souvent après travail du sol, il est très important d'arriver à semer tôt pour permettre une « entrée » rapide dans ces techniques. Il faut pour cela réaliser au plus tôt la préparation du sol quand elle est nécessaire. Un semis trop tardif en année « zéro » peut entraîner une production de biomasse insuffisante pour pouvoir réaliser un semis direct dans de bonnes conditions la saison suivante, engendrant en particulier des difficultés de préparation de la parcelle (faut-il ré-labourer ou non ?) et de contrôle des adventices. De plus, les améliorations agronomiques liées au semis direct ne se font pas, ou faiblement, ressentir : amélioration lente (voire dégradation) de la structure du sol, non contrôle des adventices (qu'il faut arracher en semis direct, ce qui prend plus de temps que le sarclage sur labour), etc. La transition des systèmes conventionnels vers les systèmes SCV devient longue et compliquée.

Date effective de semis

Le semis est cependant une étape très exigeante en travail (ou en équipements dans le cas d'une agriculture mécanisée). Il est par conséquent difficile au niveau d'une exploitation d'arriver à réaliser tous les semis sur une période de temps très courte, surtout si la préparation des parcelles n'a pas pu être faite à l'avance.

La réalisation effective du semis de l'ensemble des parcelles d'une exploitation demande donc une bonne organisation et dépend :

- des moyens mobilisables au niveau de l'exploitation

Le choix des itinéraires techniques

compromis entre date, mode et densité de semis compatible avec les moyens disponibles, et qui minimise la perte de potentiel de rendement des cultures.

Cas particulier

Dans certaines situations très particulières, le semis dès les premières pluies utiles n'est pas la meilleure option agronomique.

Climat très humide

C'est le cas par exemple de milieux très humides dans lesquels il est préférable de caler les cycles de culture (si cela ne peut être fait par le choix des variétés), à éviter d'arriver à floraison à une période à forte nébulosité à laquelle le riz est sensible), ou à maturité pendant les mois extrêmement pluvieux (en particulier pour des cultures sensibles comme le soja).

Risque de période sèche

C'est aussi le cas de milieux à saison des pluies avec un risque de trou pluviométrique de quelques semaines pour lesquels il faut éviter l'arrivée à floraison, période très sensible, à un moment de déficit hydrique marqué.

Parcelle isolée sous forte pression de ravageurs

De plus, quand la pression de certains ravageurs comme les oiseaux ou les rats est forte (cas fréquent des zones de défriche et autour du Yaere), une parcelle isolée est plus fortement touchée que des parcelles arrivant ensemble à maturité sur de grandes surfaces. Le semis précoce mais de manière isolée perd alors ses avantages.

Un des atouts majeurs des pratiques de semis direct est qu'elles allègent fortement la charge de préparation des parcelles et permettent un semis précoce, sur l'ensemble de l'exploitation.

En cas de semis tardif, le potentiel de production étant plus faible et les risques plus élevés, l'apport d'intrants n'est plus forcément intéressant ni même rentable. Les objectifs de production, le niveau d'intensification et les autres paramètres du semis (agencement dans l'espace, densité, profondeur et variétés) doivent être réajustés. Quand le retard est très important, le système de culture lui-même peut être voué à l'échec et il ne faut pas hésiter à le changer pour des cultures de cycle plus court, moins exigeantes.

La densité de semis de culture principale

Densité optimale de semis

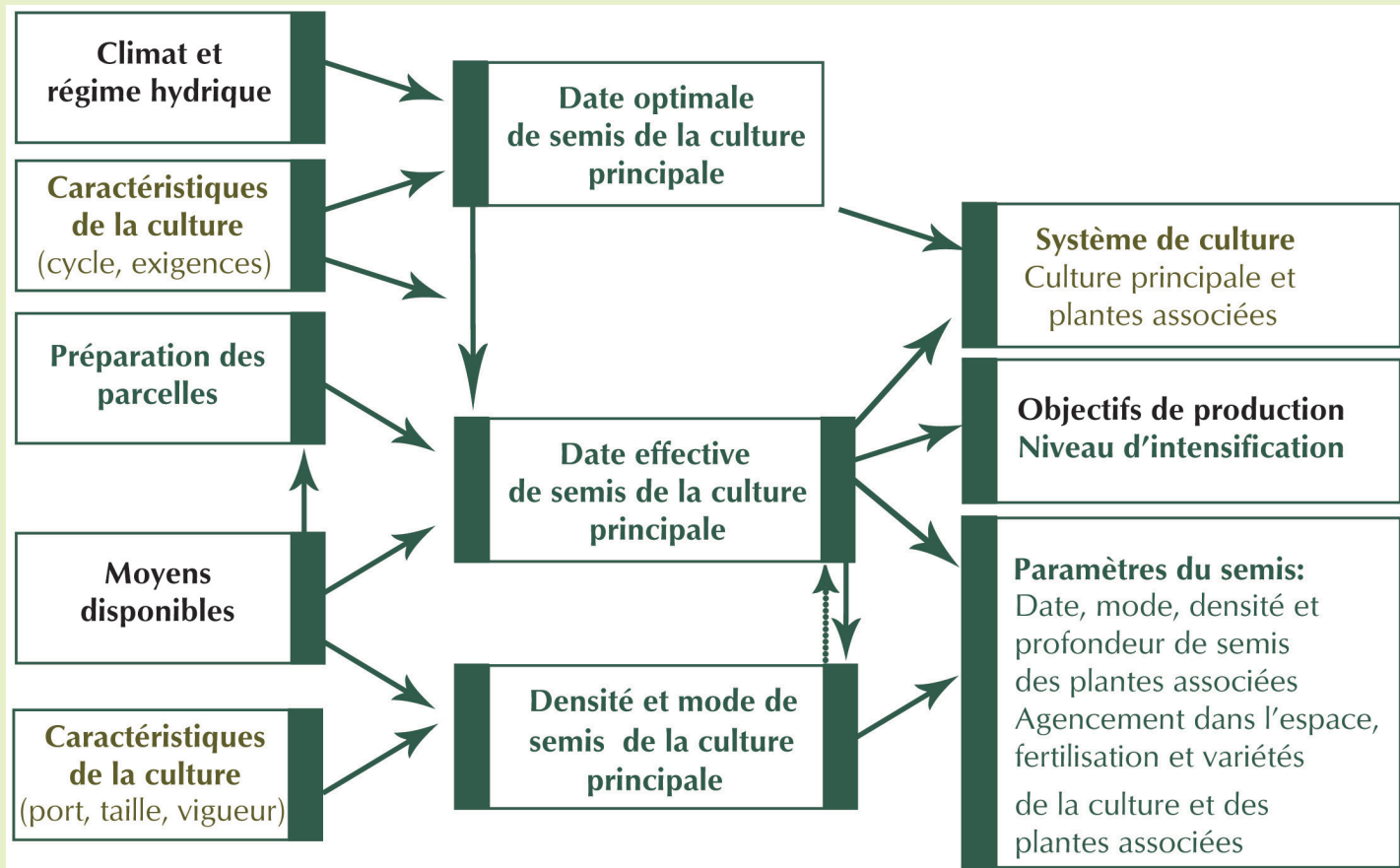
Avec la date de semis, la densité est un facteur fondamental qui détermine le peuplement de la culture principale et par là ses performances. Ce paramètre doit être ajusté en fonction de la culture (espèce et variété), du taux de germination des semences, de la pression des adventices et des objectifs de production, en liaison avec les limitations climatiques (l'eau en particulier) et de la fertilité (fertilité du sol x apports de fertilisation). Ces objectifs de production peuvent être revus en fonction de la date de semis effective (qui influence le risque climatique et la pression des adventices), ce qui peut amener à revoir également les apports d'engrais.

Exemple sur la date de semis de la culture

Dans la zone des piedmonts, une installation très précoce du sorgho pluvial peut se faire en semis direct, en semant à sec en avril, avant l'arrivée des premières pluies. Il permet ;

- d'installer les cultures à temps,
- d'éviter un risque de retard d'installation en cas de perturbation dans l'installation des pluies ;
- de dégager suffisamment du temps après installation effective des pluies au semis du cotonnier.

Le choix des itinéraires techniques



La densité de semis

Une forte densité de semis permet à la culture de couvrir plus rapidement le sol et d'être plus compétitive par rapport aux mauvaises herbes. Elle peut avoir un effet négatif d'épuisement rapide des ressources en eau et en éléments fertilisants quand celles-ci sont limitées.

Une faible densité de semis permet d'éviter cet effet et de faire en sorte que toutes les plantes aient suffisamment de ressources pour terminer leur cycle. Elle limite cependant le potentiel de production.

La densité de semis de la culture principale est déterminée avec pour objectifs :

- d'obtenir rapidement une bonne couverture du sol (pour l'interception de la lumière). Ce paramètre dépend des espèces et des variétés (en particulier leur capacité de tallage pour les céréales) et de leur alimentation ;
- de permettre aux plantes de compléter leur cycle dans de bonnes conditions d'alimentation en eau et éléments nutritifs. La densité s'adapte donc en fonction du facteur le plus limitant. En cas de risque de manque de l'un des deux, une faible densité permet aux plantes de terminer leur cycle sur les réserves du sol, alors que ces réserves seraient épuisées rapidement avec une forte densité.

Densité effective de semis

La densité effective de semis dépend de la densité optimale (liée aux caractéristiques de la plante cultivée) et des moyens mobilisables (équipements et/ou main d'œuvre) au niveau de l'exploitation, qui

doivent être autant que possible adaptés aux besoins. Cependant, en cas de manque de moyens, un compromis doit être trouvé entre date, densité et mode effectifs de semis pour limiter le moins possible le potentiel de production. On peut ainsi être amené à baisser la densité de semis afin d'être en mesure de le réaliser à temps sur l'ensemble de l'exploitation.

Peuplement

Le peuplement final dépend de la densité effective de semis et du taux de germination, il est donc indispensable, lors du calcul de la densité de semis optimale et de la réalisation du semis, de prendre en compte ce taux de germination, qui doit être mesuré à l'avance.

Le choix des itinéraires techniques

Le mode de semis de la culture principale

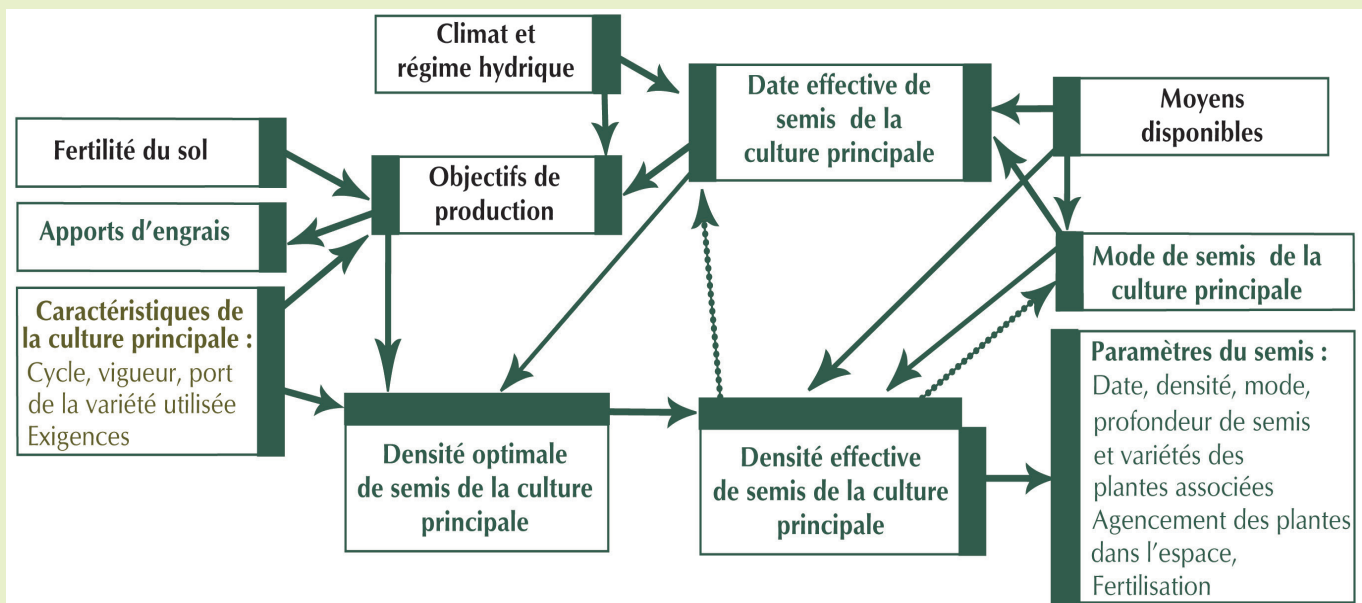
Le mode de semis est lié aux caractéristiques de la plante et aux moyens disponibles sur l'exploitation au moment du semis. Il doit permettre la localisation de la graine dans de bonnes conditions, à profondeur optimale et avec l'agencement dans l'espace souhaité.

Le mode de semis des cultures (et des plantes associées) est en général déterminé de manière à rendre possible un semis rapide sur toute l'exploitation, avec les densités optimales. Les moyens pour le réaliser doivent être mobilisés autant que possible.

Dans ce cas où les moyens mobilisables ne sont pas suffisants, le potentiel de production risque d'être abaissé du fait du retard de mise en place. Il faut alors rechercher le meilleur compromis pour assurer un semis aussi rapide que possible, à des densités et avec un agencement des plantes dans l'espace permettant de conserver un bon potentiel de production et d'assurer la conduite des cultures par la suite (contrôle de l'enherbement, etc.).

Le test de germination

Avant de réaliser le semis, qui vise à obtenir un peuplement optimal, il est indispensable de réaliser un test pour s'assurer de la bonne germination des semences. Ce test peut se faire très simplement, en plaçant une centaine de graines bien espacées dans un papier absorbant plié en accordéon (∩∩∩∩∩∩∩) ou entre deux épaisseurs maintenues humides dans tous les cas. Quelques jours après, il suffit de compter les graines germées ayant une apparence normale pour calculer le taux de germination. Si ce taux est très faible (moins de 10% environ), il faut changer de lot de semences. Un mauvais taux de germination (<40% pour les petites graines, <60% pour les grosses graines, même après traitement pour lever les éventuelles dormances) implique que le nombre de graines au semis doit être augmenté pour compenser la mauvaise germination. Après levée un démariage peut être conduit si nécessaire pour réduire le peuplement.



Semis manuel ou semis mécanisé

Le semis manuel est très laborieux, mais permet un agencement à volonté des cultures et des plantes associées, à tout moment, et ne demande aucun matériel (un simple bâton ou une petite houe suffisent). Il doit être réalisé consciencieusement, faute de quoi il peut être irrégulier et hétérogène (profondeur de semis variable, alignements mal respectés, etc.).

Du petit matériel de type canne planteuse ou roue semeuse, permet le semis en ligne ou en poquets plus facilement et plus rapidement que manuellement, pour un coût modique.

Le semis mécanisé permet de semer rapidement et de manière homogène de grandes surfaces. Il est en revanche

Le choix des itinéraires techniques

coûteux (investissement en matériel important) et ne permet pas toujours d'agencer les plantes comme souhaité. On peut toutefois semer simultanément des cultures principales et des espèces associées avec des semoirs équipe de trois trémies dont une pour les espèces de couverture associées, pures ou en mélanges (semoirs Vence Tudo Semeato). Il est aussi possible de semer des plantes de couverture à la volée avec des semoirs centrifuges, mécaniques ou manuels (petits semoirs portables à manivelle).



Riz semé en ligne

Semis en ligne, semis en poquets, semis à la volée

Le semis en lignes ou en poquets est nettement plus exigeant en temps que le semis à la volée (surtout en petite agriculture manuelle). Il permet en revanche d'agencer les plantes dans l'espace pour optimiser le peuplement végétal et de positionner les graines dans des conditions optimales. De plus, il facilite grandement les travaux d'entretien (sarclage éventuels en année « zéro », désherbages, etc.).

A l'inverse, le semis à la volée, rapide et peu coûteux, ne permet pas de positionner les graines (pas de possibilité d'agencement dans l'espace, graines déposées en surface). De plus, le semis à la volée sur une couverture végétale est possible avec les plantes à petites graines (sorgho, mil, etc.), mais n'est possible que pour certaines espèces à grosses graines qui germent bien sous un couvert végétal (comme le riz). La plupart des espèces à grosses graines exigent un léger travail du sol pour être mises en conditions favorables de germination. Elles ne peuvent donc pas être semées à la volée en semis direct.



Positionnement des graines (soja) dans le sol (semis à la roue semeuse)

La profondeur de semis de la culture principale

La profondeur de semis optimale est liée avant tout aux caractéristiques de la plante cultivée, et en particulier à la taille des graines. La profondeur optimale est de 3 à 4 fois la taille de la graine (0,5 à 1 cm pour les petites graines, 2 cm environ pour les grosses graines). Un semis trop profond retarde fortement la levée et est néfaste pour la culture. Un semis trop superficiel ou en surface (semis à la volée non recouvert) risque d'entraîner une mauvaise levée.

La variété de la culture principale

Pour une même espèce, différentes variétés peuvent avoir des comportements très différents. La production de biomasse peut varier fortement d'une variété à une autre, les cycles de cultures peuvent être plus ou moins longs, le port peut changer, la photosensibilité peut varier, le système racinaire peut être différent, etc. Ainsi, la variété même conditionne les possibilités d'associations, les risques de compétition, les

conditions de cultures, les intérêts agronomiques, etc. Il est donc important de bien connaître les différentes variétés et d'utiliser les variétés sélectionnées pour leur aptitude à produire une forte biomasse, dans des conditions spécifiques.

La variété est normalement choisie en même temps que le système, en particulier pour :

- son cycle adapté au climat et au régime hydrique, et au système de culture ;
- son port, sa taille et sa vigueur au départ qui influencent ses aptitudes à supporter la compétition des adventices et/ou des plantes associées ;
- ses exigences sur le plan de la fertilité ;
- ses aptitudes à résister aux attaques d'insectes et aux maladies.

Le choix des itinéraires techniques

La variété effectivement semée peut cependant être changée par rapport aux prévisions, pour s'adapter à des contraintes imprévues comme la disponibilité en semences ou une date de semis tardive (on préférera alors une variété de cycle plus court et/ou peu photopériodique). L'approvisionnement de « dernière minute » en semences d'une nouvelle variété est cependant souvent difficile à réaliser en pratique. Il est donc très important de se préparer à l'avance (approvisionnement assuré tôt, préparation précoce des parcelles, mobilisation des moyens nécessaires au semis, etc.), pour permettre un semis de la variété choisie, dans de bonnes conditions.

Dans ce cas où un changement de variété est nécessaire mais impossible à réaliser, les objectifs de production de la culture doivent être revus à la baisse, et avec eux la fertilisation et les paramètres du semis. Il faut alors chercher à maximiser la production des plantes associées, pour assurer un bon fonctionnement des systèmes en SCV l'année suivante.

L'agencement des plantes dans l'espace

La disposition des plantes dans l'espace de la culture principale vise à être la plus régulière possible. Il peut cependant être très intéressant d'agencer les plantes de manière particulière pour faciliter la gestion de la culture (contrôle des adventices en particulier) et l'association ou la succession de plantes.

3.2. Installer des plantes en association, relais ou succession pour maximiser la production de biomasse

Une culture seule n'occupe pas tout l'espace, toute l'année. Elle laisse de la place, au moins temporairement, qui peut être utilisée pour installer des plantes qui permettent d'augmenter la production de biomasse et remplissent des fonctions écosystémiques. Ces plantes doivent cependant être gérées avec précaution pour ne pas engendrer de concurrence néfaste à la culture principale, et si possible vivre en synergie avec elle. Pour cela, le choix des espèces et variétés (et donc le choix du système de culture) est fondamental (cf. Volume II, Chapitre 1), tout comme l'agencement des plantes, dans l'espace et dans le temps.

Le climat et le régime hydrique déterminent la période de production possible en fonction des espèces et des variétés des plantes cultivées.

De nombreuses plantes de couverture sont choisies pour leur aptitude à se développer en conditions marginales. Elles peuvent étendre fortement la période de production de biomasse : durant la période froide en saison sèche, aussi loin que possible durant la saison des pluies.

En fonction du climat et du régime hydrique, les associations et successions de plantes peuvent être plus ou moins faciles à gérer.

Plus la période de culture est réduite (longue saison sèche), moins il est possible de décaler les semis de la plante associée. Elle ne pourrait pas s'installer dans des conditions satisfaisantes, même si elle est capable de se développer mieux que la culture principale dans des conditions marginales. La gestion de la compétition entre culture et plantes associées se fait alors avant tout par l'agencement dans l'espace des plantes, et l'apport localisé de fertilisation.

Quand la période de culture possible s'allonge, il est possible de décaler dans le temps le semis des plantes associées, ce qui permet d'augmenter les densités, à condition de respecter un agencement dans l'espace qui



B 22 (pluvial) et SEBOTA 68 (poly-aptitude) riz au système racinaire très différents



Mais + *Cajanus cajan* en double rangs

Le choix des itinéraires techniques

Les commandes pour gérer les associations

Pour une unité agronomique donnée (climat x régime hydrique x fertilités), et un système de culture donné, la gestion des associations se fait de manière dynamique, dans l'espace et dans le temps en jouant sur :

- la date de semis de la plante associée, qui permet de gérer facilement les associations dans le temps ;
- l'agencement des plantes dans l'espace, et donc le mode et la densité de semis, qui permettent d'utiliser l'espace au mieux ;
- l'apport localisé de fertilisation, le choix des variétés, le mode d'implantation et la profondeur de semis des plantes associées, qui permettent de jouer de façon dynamique sur les vitesses de croissance relatives des plantes.



Semis du Stylosanthes trois semaines après le riz en année « zéro »

limite la compétition avec la culture principale.

Pour des périodes de cultures possibles encore plus longues, des successions intra-annuelles peuvent être installées, ce qui n'empêche pas d'associer des plantes durant le premier cycle. Si la période de culture est suffisamment longue, on peut semer le deuxième cycle après récolte du premier, mais il est aussi possible de semer la deuxième saison « en relais », quelques semaines avant la récolte de la première culture si nécessaire.

Le principe de base est d'assurer une bonne implantation de la culture principale et d'ajuster les paramètres du semis des plantes associées afin d'optimiser leur production, sans engendrer de compétition néfaste à la culture principale. Ces paramètres constituent les « commandes » qui permettent de gérer les associations dans l'espace et dans le temps. Ils se raisonnent en interactions, de façon dynamique, et offrent de nombreuses possibilités pour s'adapter aux contraintes des exploitations.

Les paramètres du semis des plantes associées sont donc déterminés en interaction, en fonction :

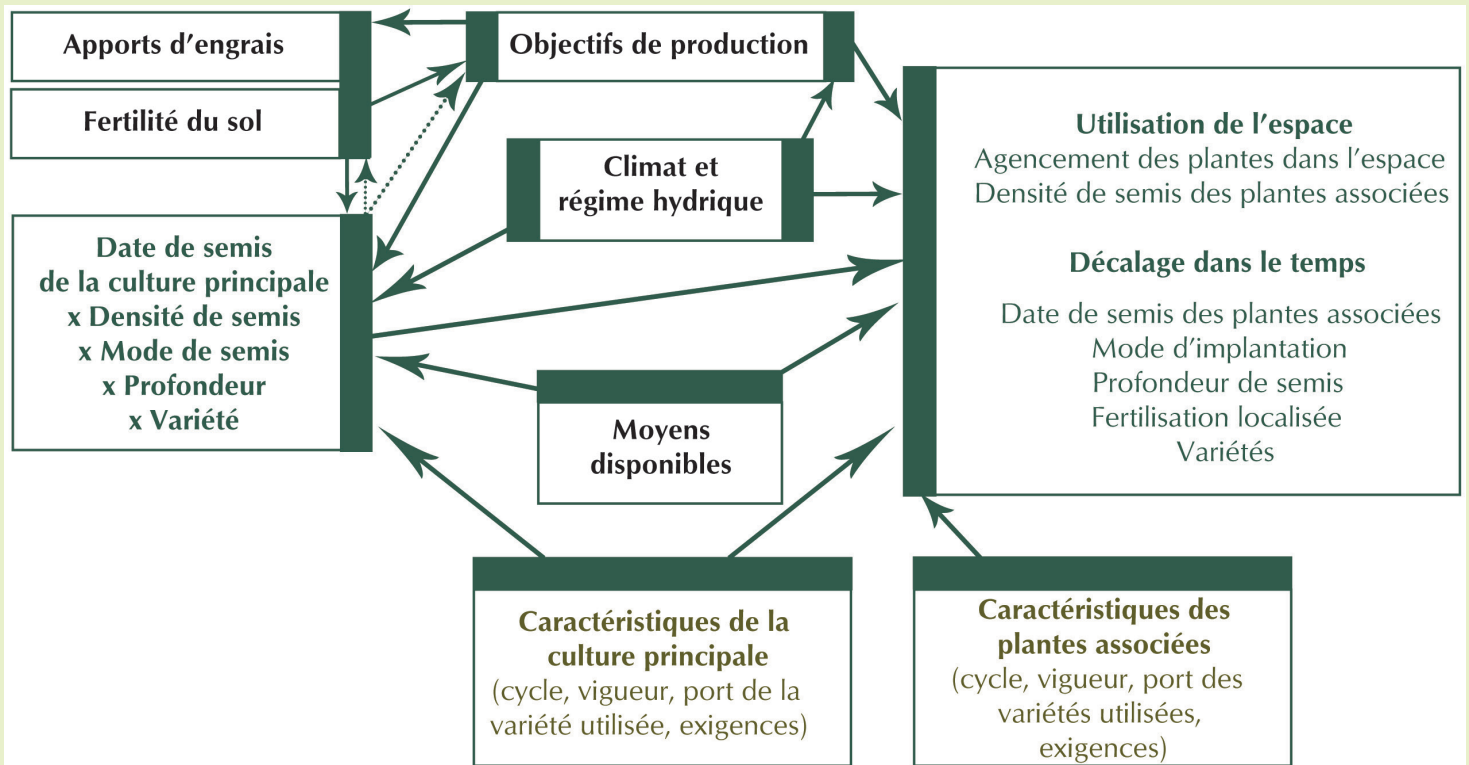
- de la date et de la densité effective de semis de la culture principale ;
- du climat et du régime hydrique, qui déterminent les périodes de croissance possible des plantes ;
- des moyens disponibles au niveau de l'exploitation pour réaliser les travaux ;
- des cycles respectifs des plantes associées : une plante de couverture à cycle court doit être décalée (dans le temps et/ou l'espace) par rapport à une culture à cycle long ;
- de leur vigueur au démarrage : le stylosanthes par exemple qui démarre lentement peut être associé tôt avec la culture, alors qu'une plante comme le brachiaria qui démarre rapidement ne doit pas l'être. De manière générale, les plantes à grosses graines démarrent plus rapidement que les plantes à petites graines ;
- du port des plantes associées : une plante de couverture volubile qui risque de grimper et d'étouffer la culture doit être décalée par rapport à la culture ;
- du niveau de la fertilité du sol et de la fertilisation apportée : une culture exigeante sur sol pauvre a une croissance beaucoup moins rapide qu'une plante de couverture plus tolérante, dont le semis doit être décalé pour éviter la compétition. On peut en revanche éviter de retarder le semis de la plante de couverture (assurant ainsi une meilleure production de biomasse) en apportant une fertilisation (minérale et/ou organique) localisée au pied de la culture à favoriser.

Dans la pratique, le plus facile à maîtriser et mettre en œuvre est d'ajuster la date de semis et l'agencement des plantes dans l'espace.

La date de semis des plantes associées

Comme pour la culture principale, plus le semis des plantes associées est précoce, plus la production de biomasse (éventuellement de graines) est élevée. Cependant, un semis précoce de la plante associée peut entraîner une compétition avec la culture principale et ce d'autant plus que la densité est importante. En fonction des conditions (climat, régime hydrique, fertilité) et des systèmes (et donc des plantes à associer), le semis de la plante de couverture en association à une culture peut se faire :

Le choix des itinéraires techniques



- en même temps que la culture principale. Le semis simultané est facile à réaliser, que ce soit manuellement ou mécaniquement, dans une parcelle facilement accessible. Il facilite l'installation rapide de la plante associée, ce qui permet de couvrir rapidement le sol, réduisant ainsi la pression des adventives et l'érosion. Le semis simultané augmente cependant le risque de compétition avec la culture, ce qui nécessite parfois des mesures pour éviter que la culture principale en pâtisse (utiliser une espèce/variété de cycle long, au démarrage lent, laisser un espacement entre plantes suffisamment important, contrôler éventuellement la plante de couverture en cours de végétation, etc.). L'installation simultanée de la culture avec une plante de couverture peut cependant compliquer le désherbage de la culture : l'utilisation d'herbicide ne peut se faire qu'avec un herbicide sélectif des différentes plantes, difficile à trouver, et le nettoyage manuel est très lent, devant se faire en prenant garde à ne pas endommager les plantules de la plante de couverture. Toutefois, dans certaines situations comme un climat à très longue saison sèche, avec une période de production très limitée, le semis simultané est parfois la seule solution pour permettre à la plante de couverture de produire une biomasse suffisante pour justifier son installation ;

- quinze jours à un mois après le semis de la culture principale. Le semis décalé permet de réduire fortement le risque que la plante associée entre en compétition avec la culture. Il permet aussi de faire un désherbage de la culture avant que la couverture ne soit en place, ce qui simplifie le désherbage, permet d'installer la couverture rapidement (lors du désherbage), sur des interlignes de la culture qui sont propres ;

- en fin de cycle, dans le dernier mois du cycle de la culture principale (en évitant d'entrer dans les parcelles à la période sensible de la floraison de la culture). Ce type de semis en « dérobé » permet d'installer une plante de couverture en « relais » de la culture principale, quand la succession de cultures est difficile à mettre en place mais qu'une période marginale peut être utilisée par la plante de couverture (à condition qu'elle soit implantée à temps, avant la récolte de la culture). Cette pratique est une variante intermédiaire entre association et succession de culture (la plante en relais se développant plus en succession qu'en association avec la culture). Elle permet d'optimiser la production de la plante

La date de semis des plantes associées

De manière générale, décaler le semis des plantes associées de 15 jours à trois semaines par rapport au semis de la culture principale permet :

- de réduire fortement les risques de compétition (si la culture principale se développe bien) ;
- de produire une forte biomasse par de couverture installée dans de bonnes conditions. Cependant, un tel décalage n'est pas toujours nécessaire, et peut limiter inutilement la production de la plante de couverture associée.

Le choix des itinéraires techniques

de couverture : après une phase d'installation (de quelques semaines) qui se fait sous la culture, la plante de couverture démarre rapidement dès la récolte de la culture. Le semis d'une plante en relais se fait généralement à la volée, un semis en ligne ou en poquets étant difficilement réalisable dans une culture à un stade avancé, sauf pour les cultures à faible densité (comme le maïs). Cette pratique est particulièrement intéressante dans le cas où la plante de couverture doit se « brancher » sur la nappe phréatique en début de saison sèche et où l'humidité du sol en surface est insuffisante après la récolte. Ce type de semis est aussi très intéressant en relais de plantes qui perdent leurs feuilles en fin de cycle (comme le soja) : les feuilles, en tombant, recouvrent les graines et facilitent leur germination, et la culture laisse passer la lumière pour les jeunes plantes de couverture.

Exemple sur la date de semis de la plante associée

Le Stylosanthes qui démarre lentement peut être semé en même temps que le riz sans risque de lui faire de la concurrence, sauf sur des sols dont la fertilité limitée ralentit fortement la croissance du riz. En pratique, sur tous les sols en année zéro il est préférable d'installer le Stylosanthes lors du désherbage du riz (15 jours à trois semaines après semis). Il est effet très difficile de réaliser un contrôle des adventices sans endommager des jeunes plantules de Stylosanthes qui aurait été semé avec le riz.

L'installation de la plante associée en milieu de cycle de la plante principale est difficile à faire et ne présente en général pas d'intérêt. Elle ne peut pas se développer correctement du fait de l'ombrage par la culture principale, qui est censée ne pas laisser une lumière suffisante au développement de plantes (adventices) après 40 jours environ, et est trop affaiblie par un long séjour à l'ombre pour se développer après la récolte de la culture.

L'agencement des plantes dans l'espace et les densités de semis

Outre le décalage des semis, l'agencement des plantes dans l'espace est un outil clef dans la gestion des associations. En jouant sur les espacements entre les plantes, on peut faire en sorte que la culture principale puisse se développer sans compétition, et que les plantes associées puissent se

développer, couvrir le sol et produire une forte biomasse.

L'agencement des plantes dans l'espace permet d'optimiser les productions.

A densités égales, des plantes disposées en quinconce sont plus éloignées les unes des autres que des plantes semées « au carré », en conséquence, elles se font moins de concurrence, exploitent mieux les ressources et couvrent mieux le sol. Elles interceptent donc plus de lumière et produisent une plus forte biomasse. Un tel mode de semis est cependant très exigeant en travail (même s'il facilite par la suite la gestion des associations), et est très difficile à mécaniser.



Semis en simples rangs Plantes en lignes (au "carré")



Semis en simples rangs. Plantes en quinconce. Compétition réduite et meilleure couverture du sol



Semis en doubles rangs de la culture principale Plus de lumière pour la plante associée (qui peut être semée à plus forte densité)

Toujours à densités égales, la culture en double rangs permet de favoriser le développement de la plante associée en lui apportant plus de lumière, sans pénaliser la culture principale. Un tel agencement facilite la gestion de l'association, réduit les temps de travaux pour son entretien et optimise la production (de graines et de biomasse). Son installation, quand elle est faite manuellement est exigeante en temps, mais elle peut être facilement mécanisée. L'orientation des rangs peut aussi favoriser la plante associée : une orientation Est-Ouest des rangs (quand elle est compatible avec la pente) qui suit la course du soleil permet aux plantes associées sous la culture principale de

Le choix des itinéraires techniques

recevoir plus de lumière qu'une orientation Nord-Sud.

Exemple sur l'agencement des plantes dans l'espace

Dans la partie nord de la zone cotonnière, l'association sorgho + niébé doit se faire à faible densité du sorgho en doubles-rangs et/ou en quinconce (de préférence), pour réduire la compétition pour la lumière. Sur vertisols inondables, dans les cas de cultures sur billons, du riz pluvial peut être installé dans les sillons et du coton, maïs, sorgho, soja ou niébé peut être installé sur les sommets des billons. Cette disposition permet de conduire différentes cultures sur un même espace et surtout d'étendre les aires de culture traditionnelles.

Cas particulier

Dans le cas de systèmes qui associent céréales et légumineuses, plantées en lignes ou en doubles rangs, les fonctions agronomiques principales remplies par ces systèmes varient d'une ligne à l'autre.

Quand ces associations se succèdent, il est important de décaler les lignes de semis d'une année sur l'autre, afin de cultiver la céréale sur les lignes de la légumineuse de l'année précédente, et inversement (sauf dans le cas où la céréale est plantée sur des lignes écobuées). Cette pratique permet de "casser" la monoculture sur la ligne et de faire bénéficier la céréale des apports d'azote par la légumineuse de la saison précédente. C'est le cas pour le système "passe partout" associant le maïs à une légumineuse volubile (dolique, niébé, *Vigna umbellata*).

Quand on souhaite installer en succession une culture pure, semée plus dense (comme le riz), la conduite du précédent cultural en doubles rangs espacés peut poser problème. La gestion de l'azote en particulier devra être faite de manière à apporter cet élément préférentiellement sur les anciens rangs de la céréale, et en plus faible quantité sur les anciens rangs de la légumineuse. Pour les systèmes de culture alternant association (céréale + légumineuse) et culture céréalière pure, la conduite de l'association en simples rangs peut donc être préférable (surtout si l'apport d'engrais ne peut pas être localisé).

Dans le cas de mélanges de plantes de couverture, associant graminées et légumineuses, et semées en lignes, il est préférable d'alterner sur les lignes les plantes de couverture plutôt que de faire des lignes d'une seule espèce. Par exemple, pour l'association maïs + brachiaria + cajanus, il est préférable de faire deux lignes mélangées de brachiaria + cajanus entre deux rangs de maïs, plutôt que d'alterner des lignes de maïs, de brachiaria et de cajanus.

Le mode de semis ou d'implantation des plantes associées

La répartition des plantes dans l'espace suppose que le mode de semis le permette et se fasse donc soit en lignes, soit en poquets. Le semis à la volée de la culture principale ne permet donc pas de gérer les associations de cultures par l'agencement des plantes dans l'espace. Il est avant tout réservé au semis de cultures "relais" en "dérobé" en fin de cycle de la culture, ou en succession.

Le bouturage est le seul mode d'implantation possible pour des plantes stériles (comme le Bana grass) et la manière la plus économique pour des plantes dont la production de semences est extrêmement coûteuse (comme les arachis pérennes).

L'implantation de plantes de couverture par boutures ou éclats de souches est exigeante en temps (difficilement mécanisable) et en matériel végétal, mais elle permet une reprise beaucoup plus rapide que par graines. Elle est très intéressante pour maximaliser la production de biomasse sur une période courte. En revanche, les risques de compétition sont accrus. L'espacement doit être augmenté et/ou le bouturage doit être retardé.

Exemple sur le mode d'implantation

Dans une association maïs + brachiaria au sud de la zone cotonnière, le semis par graines du brachiaria doit être réalisé deux à trois semaines après le semis du maïs. L'installation du brachiaria par boutures ou éclats de souches, avec un démarrage plus rapide, doit être retardée d'au moins deux semaines par rapport à un semis par graines (4 à 6 semaines après semis de maïs).

Le choix des itinéraires techniques

La profondeur de semis

La profondeur de semis optimale dépend de la taille de la graine (3 à 4 fois sa taille). Un semis profond retarde l'émergence et peut même conduire à la mort des plantules (et ce d'autant plus facilement que la graine est petite). Il doit être évité, sauf dans le cas où l'on souhaite semer une plante de couverture tôt (éventuellement en même temps que la culture principale) pour des raisons d'accessibilité à la parcelle, mais où la levée de cette plante ne doit pas être trop précoce pour éviter qu'elle entre en compétition avec la culture. Cette pratique nécessite cependant une bonne maîtrise technique du semis, et ne peut se faire qu'avec des plantes supportant un semis profond. Les brachiarias par exemple peuvent être semés en même temps que le riz pluvial, à 4-5 cm de profondeur.

Les variétés utilisées

Les caractéristiques des variétés des plantes de couverture doivent être prises en compte pour les "réglages" des paramètres du semis.

Le cycle et la vigueur au départ des variétés influencent fortement la gestion des associations :



Mais + Vigna umbellata, volubile



Mais + niébé à cycle court, non volubile

- les variétés à démarrage rapide (vigueur au départ) et/ou cycle court sont plus compétitives en début de cycle que les variétés à cycle long et doivent être décalées dans le temps ou l'espace. En revanche, elles permettent de couvrir rapidement le sol (protection contre l'érosion et contrôle des adventices) et de maximiser la production de biomasse sur une période très courte. Elles sont également capables de compléter leur cycle dans des climats

contraignants, à période de culture très courte ;

- à l'inverse, les variétés de cycle long, et/ou au démarrage lent risquent peu de concurrencer la culture, mais doivent être semées plus tôt et/ou plus denses que les variétés de cycle court si on souhaite couvrir le sol rapidement. Dans les climats à longue saison sèche, les cycles longs peuvent être favorables pour leur production

en période marginale, à condition que ces plantes puissent utiliser l'eau profonde. Dans le cas contraire, il faut leur préférer des variétés à cycle plus court, capables de compléter leur cycle dans des conditions sèches. Le port de la plante doit également être pris en compte :

- les variétés volubiles peuvent grimper sur les plantes associées et leur faire une forte compétition pour la lumière et/ou rendre la récolte difficile. Elles doivent être semées à distance des plantes cultivées, et/ou plus tard, surtout si leur cycle est court. A l'inverse des variétés érigées ou rampantes ne peuvent pas grimper sur la culture une fois que celle-ci les a dépassées, et peuvent être semées plus près des plantes cultivées et plus tôt ;

- les plantes érigées de grande taille interceptent la lumière des plantes de plus petite taille, qui risquent peu de faire de la compétition aux cultures.

On doit aussi s'intéresser :

- aux plantes au système racinaire puissant et au développement rapide (comme les brachiarias) qui sont très compétitives pour l'eau et les éléments nutritifs. Elles doivent être semées à distance des plantes cultivées, surtout en climat sec et/ou sur sols pauvres ;

- à certaines variétés qui supportent mieux que d'autres les conditions difficiles (engorgement, faible fertilité, ombrage, etc.).

Enfin, les variétés photopériodiques supportent mal un retard à l'implantation qui fait chuter rapidement leur production et les performances du système. De plus, elles ne peuvent pas être utilisées en contre-saison et doivent

Le choix des itinéraires techniques

donc être associées aux cultures, sans possibilité de succession ou de culture en “relais”.

Le choix des variétés se fait dès le choix des systèmes de culture, en parallèle avec le choix des plantes à associer (espèces et variétés des cultures principales) et la détermination d'un itinéraire technique précis. Les caractéristiques des variétés choisies doivent rendre possibles les systèmes de culture et optimiser les productions. Les paramètres techniques du semis (dates, mode, agencement dans l'espace, densité, profondeur) sont adaptés aux caractéristiques des espèces et variétés, qui sont elles mêmes choisies pour être compatibles avec l'itinéraire technique pressenti. Cependant, en cas “d'accident” (comme un retard au semis de la culture principale), les variétés et l'ensemble de l'itinéraire technique peuvent être changés pour s'adapter à la nouvelle situation (le système de culture lui-même doit parfois être modifié). Une modification de la variété juste avant semis est cependant difficile à réaliser en pratique (problème de disponibilité en semences de la variété adaptée). Quand elle n'est pas réalisable, on essaiera autant que possible de modifier les paramètres du semis pour permettre le système avec la variété initialement prévue.

De la même manière, dans le cas où l'on n'a pas pu s'approvisionner (à temps) avec la variété initialement choisie, les paramètres techniques du semis (voire même les systèmes) devront être adaptés à la variété disponible qui sera utilisée.

L'apport (localisé) de fertilisation au semis

Les doses d'engrais à apporter au semis se raisonnent dans le contexte de la gestion de la fertilisation sur l'ensemble de la culture, et plus globalement dans le cadre de la gestion de la fertilité d'une parcelle dans le temps. Les niveaux de fertilisation à apporter en fonction des cultures et des sols sont présentés dans les fiches techniques détaillées (Volume III. Chapitre 4.).

Ils sont fonction de différents facteurs, en interactions :

- les cultures mises en place ;
- les objectifs de production ;
- la fertilité des sols au moment du semis, qui est liée à la fertilité initiale du sol et aux précédents culturaux ;
- les moyens disponibles et le niveau de risque supportable ;
- les risques encourus (risque climatique, bioagresseurs, vols, etc.).

Si les apports d'azote doivent être équilibrés sur l'ensemble du cycle, les besoins en phosphore, potasse et oligo éléments sont importants en début de cycle. Ces éléments doivent être apportés au semis, ou lors de la préparation de la parcelle.

De plus, un paillage en début de décomposition “consomme” de l'azote (utilisé par les bactéries pour amorcer les processus de minéralisation) dans un premier temps et peut entraîner une “faim” d'azote sur des cultures de céréales. Ce risque de blocage de l'azote est d'autant plus important que le paillage est composé de graminées et que sa dégradation est peu avancée. Dans ces cas là, un apport d'urée est indispensable au semis pour éviter que

les cultures ne souffrent d'un manque très préjudiciable en début de cycle.

L'apport d'engrais minéral ou organique lors du semis peut se faire :

- en plein champ, de manière homogène : répartition des engrais organiques et/ou épandage à la volée des engrais minéraux, ce qui peut se faire manuellement, avec de petits épandeurs portables ou en culture mécanisée ; ou
- de manière localisée au pied des cultures pour favoriser leur croissance, ce qui améliore l'efficacité de la fertilisation et limite la compétition par les plantes de couverture ou les adventices. Le fumier (ou compost) et/

Exemples sur les variétés

Une variété de sorgho à pailles courtes comme L'IRAT 204 est plus facilement concurrencée par une légumineuse volubile qu'une variété de même cycle, mais de haute taille haute comme certaines variétés traditionnelles : yobri, donglon, mbairi. Toutes ces variétés, de cycle court et photopériodique, ne permettent pas d'utiliser l'eau profonde en contre-saison, contrairement à des sorghos à cycle long et non photopériodiques.



Apport localisé au poquet de fumier et d'engrais

Le choix des itinéraires techniques

ou les engrais minéraux sont alors appliqués au niveau des poquets (semis manuel) ou sous les lignes de semis (semis mécanisé).

Positionner l'engrais à quelques centimètres sous les graines permet aux racines d'y accéder rapidement après la germination (mais semble nuire à la microflore). Il faut dans tous les cas éviter de mettre les engrais minéraux directement en contact avec les graines, ce qui pourrait leur causer des brûlures ;

- enrobage des semences ou pralinage des boutures.

L'apport d'engrais de manière localisée ou l'enrobage permettent de favoriser une plante par rapport à une autre et représentent un "outil" supplémentaire pour la gestion des associations de cultures. Sur des sols de basse fertilité, l'apport d'engrais localisé au pied de la culture, surtout si elle est exigeante, lui permet de se développer normalement et d'être plus compétitive.

On peut ainsi semer plus dense et/ou plus tôt les plantes de couvertures associées, ce qui permet une couverture du sol plus rapide et une meilleure production de biomasse.

3.3. La réalisation du semis

Les traitements de semences

Levée de dormance

Les graines de nombreuses espèces présentent naturellement des dormances qu'il peut être nécessaire de lever avant le semis (en particulier si les semences sont utilisées rapidement après leur production). En fonction des espèces, la levée de dormance peut être faite par trempage prolongé dans l'eau (éventuellement chaude), scarification ou trempage dans un bain d'acide. Les conditions de ces traitements sont fonction des espèces et sont présentées dans les fiches techniques des plantes de couverture. Une fois le traitement effectué, il est indispensable de procéder à un nouveau test de germination pour s'assurer de son efficacité.



Enrobage de semences de riz

Inoculation des semences (légumineuses)

La fixation d'azote atmosphérique par les légumineuses se fait en association symbiotique avec des bactéries spécifiques (rhizobium). Lorsque l'on installe une nouvelle espèce de légumineuse sur une parcelle où elle n'avait jamais été cultivée, il est souvent nécessaire d'inoculer les semences de cette légumineuse avec une souche de rhizobium adaptée (variable selon les espèces). Cette inoculation peut se faire par épandage sur la parcelle de quelques kilogrammes de sol en provenance d'une zone où ces bactéries sont présentes, ou encore par inoculation des semences. Il suffit pour cela de se procurer le rhizobium adapté et de le mélanger avec les semences, dans un récipient adéquat, et en y ajoutant un "adhésif" (gomme arabique, miel, ou autre liant). Les rhizobia étant des organismes vivants, il est nécessaire de réaliser cette inoculation dans un endroit frais, à l'abri du soleil, et juste avant le semis (toutes les graines doivent être semées le jour même, en conditions humides). Ces graines ne doivent pas être traitées avec des substances toxiques (faire particulièrement attention en cas de nécessité de traitement insecticide ou fongicide à n'employer que des produits peu toxiques pour l'homme, comme le

Thirame®), ni mélangées avec des engrais acides.

Enrobage des semences

L'enrobage des semences avec un engrais comme du phosphate naturel (thermophosphate, scories Thomas, Hyper Barren) de la dolomie, ou du calcaire et éventuellement des oligo-éléments est une méthode particulièrement efficace qui ne nécessite que des doses très faibles d'engrais (quelques kg/ha). Il modifie favorablement l'environnement immédiat de la semence (augmentation du pH) et permet ainsi une bonne installation des jeunes plantes. Il favorise également l'infestation des racines de légumineuses par les rhizobia et aide donc à l'établissement de la symbiose. Cet enrobage peut se faire très simplement en ajoutant ces engrais (pulvérulents) et oligo-éléments lors

Le choix des itinéraires techniques

de l'inoculation des semences de légumineuses. Il peut aussi se faire par trempage des semences dans de l'eau (éventuellement prégermination de ces semences) puis mélange avec ces engrais. Comme pour l'inoculation, cet enrobage doit se faire juste avant le semis.

Traitement fongicide et/ou insecticide des semences

Les premières années de transition entre pratiques conventionnelles et SCV, il peut être nécessaire de protéger les cultures contre les attaques d'insectes et de champignons (fonte des semis sur les légumineuses en particulier). L'utilisation de pesticides étant à limiter autant que possible, le traitement des semences est une option efficace qui permet de réduire autant que possible leur impact sur l'activité biologique du sol et la santé des plantes. Ce traitement des semences se fait en mélangeant simplement les produits avec les semences, en prenant les précautions d'usage pour la manipulation de ces produits toxiques (l'usage de gants étant indispensable). Pour les grandes quantités, des tambours mélangeurs (un simple fût dans lequel on a aménagé une ouverture, traversé par une manivelle désaxée et placé sur des pieds) sont très utiles.

Dans tous les cas, ce traitement ne doit pas être systématique mais être raisonné en fonction de la pression des bioagresseurs, de la sensibilité des plantes cultivées et du niveau d'intensification des cultures (l'utilisation d'engrais avec un objectif de rendement important par exemple rend indispensable le traitement sous une pression moyenne des bioagresseurs).

Le semis

Semis en lignes ou en poquets dans la paille

Le semis dans la paille se réalise en perturbant au minimum la couverture végétale et avec un déplacement de terre aussi réduit que possible. Ainsi, la simple ouverture de poquets avec un bâton ou une petite houe est suffisante pour y localiser les graines dans le cas d'un semis manuel. Les cannes planteuses permettent d'accélérer ce travail et de réduire la perturbation du sol qui n'est ouvert qu'à l'emplacement même de la graine.

Les semoirs mécanisés pour les grandes cultures fonctionnent en ouvrant la paille sur des lignes. Bien réglés, la perturbation du sol est minimale (moins de 3% de la surface).

La pression des outils (quels qu'ils soient, de l'angady au semoir mécanique) doit être ajustée de manière à positionner la graine dans le sol (et non pas dans la paille), à une profondeur adéquate (qui est fonction de sa taille principalement, mais peut aussi servir de "réglage" pour éviter les compétitions entre plantes en retardant la levée).

Semis à la volée

Pour les espèces à petites graines, le semis peut se réaliser à la volée, directement dans la paille. Cela peut se faire dans une culture (installation de plantes de couverture en fin de cycle, manuellement ou en utilisant un épandeur d'engrais), après la récolte ou encore durant la récolte dans le cas d'une récolte mécanisée (avec un recouvrement par la paille broyée et répartie de manière homogène sur la surface par la moissonneuse-batteuse). La quantité de semences à utiliser dans le cas d'un semis à la volée est plus importante que pour un semis en lignes ou en poquets, mais l'opération se réalise beaucoup plus rapidement.

La plantation par boutures et éclats de souches. Le "pralinage"

La plantation par boutures ou éclats de souches permet une reprise plus rapide des plantes que par graine. Elle est le seul mode d'implantation possible pour certaines plantes (comme le Bana grass qui est un hybride stérile) et le moins cher pour des plantes dont la production de semences est très coûteuse (comme l'Arachis pintoï).

De manière générale, l'implantation par boutures se fait en préparant des boutures avec au moins trois noeuds végétatifs (des "yeux"). Ces boutures sont implantées dans le sol où une ouverture a été simplement faite avec une petite angady. La bouture est installée dans cette fente avec deux yeux dans le sol, et un oeil ou plus au dessus de la surface du sol. La fente est refermée en appliquant une pression modérée avec le pied. La technique est la même pour les éclats de souche (pour les graminées). Il suffit de déterrer les plants (avant



Tonneau mélangeur pour le traitement des semences

Le choix des itinéraires techniques



"Pralinage" des boutures de brachiaria

floraison), de couper la partie aérienne à 20- 25 cm et d'éclater les souches, en gardant deux ou trois brins par éclat et en conservant les racines (coupées à 10- 15 cm).

Pour faciliter la reprise des boutures ou des éclats de souche, il est intéressant de les "praliner" au moment de les mettre en terre. Pour cela, il suffit de mélanger dans un seau 1/3 d'eau, 1/3 de bouse de vache et 1/3 de sol très argileux. On peut également y ajouter des oligo-éléments et des engrais minéraux, en particulier du phosphore (Hyper Barren, Di-Amonium Phosphate (DAP), etc.). Les boutures ou éclats de souche sont trempés dans ce mélange et directement installés dans le sol. Ce pralinage permet aux plantes de trouver un milieu favorable à leur développement, les racines étant directement en contact avec les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance. L'apparition des racines est accélérée (quelques jours seulement) et la reprise est améliorée.

3.4. Synthèse sur le semis

Le semis est une étape capitale de l'itinéraire technique, qui détermine le peuplement et conditionne la croissance des plantes pour l'ensemble du cycle (et peut même influencer le cycle suivant). La culture principale doit être semée le plus tôt possible, dès que les pluies utiles sont suffisantes pour assurer une bonne installation des plantes. Dans le cas des associations de plantes, les risques de compétition entre cultures et plantes de couverture se gèrent en priorité par :

- la date de semis des plantes de couverture (en fonction de la date de semis de la culture principale, ce qui permet de décaler les plantes dans le temps) ;
- les densités de semis et l'agencement des plantes dans l'espace (qui permettent de décaler les plantes dans l'espace) ;
- le choix des variétés (cycle, port, exigences, etc. qui influencent de manière dynamique les relations entre les plantes, dans le temps et dans l'espace).

L'apport localisé de fertilisation, la profondeur de semis et le mode d'implantation des plantes de couverture permettent également de "régler" les paramètres du peuplement des différentes espèces et de réduire les risques de compétition.

Tous ces paramètres doivent être ajustés "en parallèle", pour aboutir à un peuplement optimal, maximisant le potentiel de production. Ils offrent des possibilités d'ajustements techniques qui doivent permettre de faire face aux diverses contraintes des exploitations rencontrées lors de la mise en place d'un système de culture.

Exemples de possibilités d'ajustement d'un système «passe-partout» : Sorgho + légumineuse volubile

Le système sorgho + légumineuse alimentaire volubile (dolique blanche, niébé ou vigna umbellata) est un système très intéressant : simple à mettre en œuvre, très profitable, à forte production de biomasse, etc.

L'itinéraire technique peut être adapté de différentes manières, pour un très grand nombre de situations :

- dans les zones sèches et les sols relativement pauvres, le sorgho est semé dès les premières pluies, à faible densité (80 cm x 80 cm). La légumineuse (niébé de préférence) est semée en même temps dans les interlignes, ce qui lui permet de s'installer correctement, sans concurrencer la céréale.
- dans les zones plus ou moins humides du sud de la zone cotonnière, sur des sols moyennement riches, le sorgho est semé aux premières pluies, à une densité moyenne, de préférence en doubles rangs (deux rangs de sorgho espacés de 0,5m tous les 2m ; poquets distants de 0,5m sur la ligne), ce qui permet une meilleure production de la plante associée (en particulier quand son semis est décalé).
- sur vertisols intermédiaires (sans inondation), du riz est semé dès l'installation des pluies en juin en bande de trois lignes espacées de 1.2m. A partir du mois d'août, du niébé de cycle court (BR1 ou niébé David) est semé dans les intervalles de 1.2 m laissé à cet effet. Le riz est récolté à partir de fin septembre et le niébé prolonge son cycle pour arriver en maturité en fin octobre. Pendant ce temps, dès la récolte du riz, du muskuwaari est repiqué sur paillis dans les espaces occupés par le riz.

Le choix des itinéraires techniques

3.5. Quelques erreurs à éviter au semis

Diverses erreurs, faciles à éviter, sont pourtant fréquentes, en particulier les premières années qui correspondent à la fois à l'apprentissage de ces techniques et à la phase de transition entre système conventionnel et SCV, les changements nécessitant un certain temps d'adaptation.

Il suffit pourtant de bien programmer les activités, d'anticiper et d'être précautionneux dans la réalisation du semis pour :

Eviter de semer tardivement

Le semis tardif, très pénalisant est souvent dû à un retard dans la préparation de la campagne, en particulier pour l'approvisionnement en semences et la préparation de la parcelle. Il suffit donc d'anticiper la campagne pour être prêt à semer dès les premières pluies utiles.

Eviter de semer sur un sol humide quand les pluies ne sont pas encore installées

A l'inverse, en année "zéro", il faut éviter de semer sur un sol humide (ou de semer des semences pré-germées sur un sol sec) alors que les pluies ne sont pas encore suffisamment installées et qu'une période sèche est à craindre. L'humidité déclenche la germination mais la plantule se dessècherait rapidement en l'absence de pluies.

Eviter de semer des semences de mauvaise qualité

L'approvisionnement en semences doit être fait à temps. Il doit aussi être fait en s'assurant de la qualité du matériel végétal. Il faut donc disposer à temps des bonnes variétés, et vérifier le taux de germination de ces semences, suffisamment tôt pour être en mesure d'en changer si nécessaire (sans que cela ne retarde le semis).

Eviter de semer dans des parcelles "sales"

La préparation des parcelles doit se faire suffisamment tôt pour permettre un semis précoce.

Il faut toutefois s'assurer, au moment du semis, que la parcelle est "propre", sans plantes en végétation qui ne soient pas suffisamment contrôlées (mauvais contrôle des vivaces ou repousses d'adventices annuelles entre leur traitement et la date du semis). Dans le cas contraire, il faut impérativement nettoyer la parcelle très rapidement (pour ne pas retarder le semis) et implanter les plantes cultivées dans de bonnes conditions, sans concurrence de plantes adventices.

Eviter de perturber le sol au semis

Les premières années "d'apprentissage"(quand l'importance de ce facteur n'est pas bien perçue), la crainte que la plantule ne puisse pas traverser un épais paillage, le manque de précaution et/ou la mauvaise maîtrise des outils de semis direct peuvent conduire à une perturbation importante du sol. Cette perturbation nuit au bon fonctionnement du semis direct et engendre en particulier une forte "pollution" par les graines d'adventices remontées en position de germination, qui complique grandement la maîtrise des adventices.



Forte perturbation du sol au semis

4. L'entretien des cultures

Le choix des systèmes, la préparation de la parcelle et le semis visent à mettre les plantes cultivées dans les meilleures conditions possibles (en particulier en contrôlant les adventices et assurant une bonne alimentation

Le choix des itinéraires techniques

hydrique et minérale). Une fois le semis réalisé, l'entretien des cultures doit permettre de maintenir des conditions optimales. Ces interventions pendant la culture offrent des possibilités d'ajustement ou de rectification quand les conditions n'évoluent pas favorablement (erreurs à la mise en place, accidents climatiques, attaques de bioagresseurs, carences, etc.). Elles doivent être modulées en fonction de l'évolution réelle des cultures, et pour cela, nécessitent un suivi précis et régulier. Ce suivi porte en particulier sur l'évolution du peuplement, les carences et manques éventuels en éléments fertilisants, le développement des adventices et la pression des bioagresseurs. En cas d'apparition d'une contrainte importante, il est indispensable de réagir très rapidement afin de conduire les opérations pour la lever avant qu'elle n'ait un impact important sur les cultures.

4.1. Le remplacement des plantes manquantes après la levée

Pour optimiser la production de biomasse, fondamentale pour le bon fonctionnement du semis direct, il est important de ne pas laisser des "trous" dans les cultures. Ainsi, si après la levée on constate qu'elle est très mauvaise par endroits (mauvaises semences, "fonte" des semis, etc.), il est indispensable de ressemer les manquants. De la même manière, le ressement est préconisé pour combler tout "vide" lié à un accident (destruction par des animaux, inondation localisée, etc.), même tardivement dans la saison. Ce ressement peut se faire avec les mêmes espèces que le semis si on considère qu'il n'est pas trop tard et que la production de la culture est encore possible. S'il est trop tard, le ressement doit se faire avec une ou des autres espèces (cultures à cycle plus court ou plantes de couverture).

Ce "comblement" des vides est indispensable non seulement pour assurer une forte production de biomasse nécessaire pour le semis direct, mais aussi pour ne pas laisser la place à des adventices qui produiront des graines et risquent ainsi de "polluer" les parcelles. Il est très facile à réaliser manuellement mais difficilement mécanisable.

4.2. Le démariage

A l'inverse, pour des cultures comme le maïs ou le sorgho, il est préférable de ne pas laisser en place un trop grand nombre de plantes qui entrent en concurrence pour les ressources (eau, éléments nutritifs, lumière). Quand la réalisation du semis a conduit à un peuplement trop important (plus de 2 pieds par poquet), il est recommandé d'arracher manuellement les plants les plus chétifs, pour ne garder, au niveau de chaque poquet, que les deux plants les mieux développés.

4.3. La fertilisation



Carence en zinc sur riz pluvial

Le choix du niveau de fertilisation à appliquer se fait en prenant en compte un grand nombre de paramètres agronomiques et économiques, en interactions :

- la fertilité de la parcelle au moment de la mise en place de la culture (qui dépend de la fertilité initiale, de la remontée éventuelle de cette fertilité et des précédents culturaux) ;
- les espèces cultivées (dont le choix est lui-même largement déterminé par les possibilités d'apporter des engrais minéraux ou organiques) ;
- les objectifs de production (en liaison avec la plante cultivée et la fertilité du sol) ;
- les coûts des intrants.

La fertilisation se raisonne en début de campagne, dans son ensemble. L'essentiel de la fertilisation est apporté au semis (ou avant, sur la plante de couverture). En culture, l'apport est en général limité à un complément d'azote et, éventuellement, à des oligo-éléments quand des carences apparaissent. Ces apports, qui font partie du plan de fertilisation, peuvent/doivent être modulés en fonction des conditions réelles de réalisation de la culture. Ainsi, on peut décider en cours de culture :

Le choix des itinéraires techniques

- de renoncer à un apport complémentaire d'urée en cas d'"accident" (mauvais contrôle des adventices, attaques de bioagresseurs, etc.) qui a fortement limité le potentiel de production, ou, à l'inverse ;
- d'apporter des oligo-éléments quand le développement de la culture est limité par une telle carence ;
- d'augmenter les apports prévus en azote quand le développement des plantes est très bon mais peut encore être fortement augmenté par un tel apport (urée à la montaison du riz par exemple).

De tels apports, en cours de végétation ont l'avantage de se faire avec un risque limité, sur une culture à un stade déjà avancé, et peuvent avoir un impact très significatif sur la production totale (graine et biomasse).

La fertilisation optimale à apporter est cependant très différente s'il s'agit d'une parcelle en année "zéro" de préparation des SCV, en général avec un niveau de fertilité bas qu'il faut remonter, ou de parcelles en SCV installés, dans lesquelles les éléments nutritifs sont beaucoup plus disponibles, et dont la production stable doit simplement être entretenue.

Fertilisation en année "zéro" de préparation des systèmes SCV

En année "zéro" de préparation des SCV, la fertilisation à apporter doit permettre d'assurer une forte production de biomasse pour "amorcer la pompe" des SCV.

Le choix des associations et successions de cultures doit prendre en compte la fertilité initiale de la parcelle et les possibilités d'apporter des éléments fertilisants. Selon le coût de ces éléments fertilisants, et en fonction des espérances de rendement des différentes cultures sur les différentes unités agronomiques, on peut :

- soit cultiver une plante exigeante (comme le riz ou le maïs) après avoir remonté la fertilité (écobuage, apports d'engrais, etc.) ;
- soit cultiver des plantes capables de se développer sans apport de fertilisation (pois de terre, manioc) que l'on associe avec des plantes de couverture peu exigeantes, à forte production de biomasse.

Les apports minimum d'engrais qui permettent d'obtenir une biomasse suffisante pour installer convenablement des systèmes en SCV varient en fonction des milieux et des cultures.

De manière générale, la fertilisation n'est apportée que sur les plantes les plus exigeantes : riz.

Sur les sols sablo-ferrugineux moyennement riches (y compris les bas-fonds inondables), la fertilisation "basse" pour le riz ou le maïs correspond à 150kg/ ha d'engrais N-P-K (22-10-15) et 100kg/ ha d'urée, ce qui équivaut à 65 unités d'azote, 15 de phosphore et 20 de potasse par hectare.

Une fertilisation plus élevée (300kg/ ha d'engrais N-P-K et 100kg/ ha d'urée soit 80 unités d'azote, 30 de phosphore et 40 de potasse par hectare), quand elle est sécurisée, permet d'obtenir une production de biomasse et les rendements très supérieurs et "d'installer" rapidement le semis direct.

Sur les **sols exondés dans les plaines, les bourrelets de berges**, un simple apport d'urée (100 à 110kg/ ha soit environ 50 unités d'azote/ ha) permet d'assurer une bonne production. Une fertilisation plus complète (100-20-15) renforce cependant la production et facilite la conduite des cultures en SCV la saison suivante.

Dans les rizières inondées alluvionnaires, les niveaux de fertilisation du riz sont les mêmes que sur les sols exondés. Par contre, sur les rizières inondées organiques, il est nécessaire d'apporter du phosphore. La fertilisation minimale du riz est ainsi de 50-10-0, et une fertilisation plus complète correspond à 60-45-15.

Enfin, dans les rizières très organiques, l'apport de potasse en plus de l'azote et du phosphore est nécessaire. La fertilisation correspond à 50-15-20, et le niveau élevé est de 60-30-40.

N dessous de ses niveau "bas" de fertilisation, la production de biomasse de ces cultures est souvent trop faible pour permettre de conduire un semis direct dans de bonnes conditions l'année suivante.

Les plantes moins exigeantes comme le haricot ou le soja peuvent être cultivées sans engrais minéral mais nécessitent un apport de fumier (3-5 t/ ha) sur les sols sablo-ferrugineux pauvres.

Le soja, plus exigeant, valorise bien un apport d'engrais minéral (150 kg/ ha de N-P-K). Ces cultures produisent une biomasse relativement faible. La production de biomasse doit être assurée avant tout par des plantes de couvertures associées.

Le choix des itinéraires techniques

De manière générale, l'apport de fumier (ou à défaut de compost) permet un gain intéressant de production sur toutes les cultures, et est fortement recommandé.

Enfin, les plantes qui ont les plus faibles besoins (manioc, pois de terre) peuvent être cultivées sans engrais, en association elles aussi avec des plantes de couverture peu exigeantes, qui assurent la production de biomasse.

Si la biomasse produite en année "zéro" de préparation des SCV, avec ces niveaux de fertilisation, est insuffisante pour conduire des systèmes en semis direct dans de bonnes conditions,

il faut reconduire les cultures avec un niveau de fertilisation identique, voire plus élevé, ou changer de système de culture afin de garantir la forte production de biomasse. A l'inverse, si la biomasse produite est suffisante et permet d'installer les systèmes en SCV dans de bonnes conditions, la fertilisation à apporter l'année suivante peut être réduite. Si la production de biomasse a été très élevée, il est même possible de se limiter à compenser les pertes par exportation, comme dans des systèmes en SCV bien installés.

Fertilisation "d'entretien" sur des parcelles en semis direct installé

Une fois la fertilité du sol restaurée, dans des systèmes en SCV bien installés, il est nécessaire de la gérer afin de ne pas épuiser les sols. Cela se fait :

- en cultivant en associations ou successions des plantes complémentaires, qui n'ont pas toutes les mêmes besoins et qui assurent des fonctions agronomiques différentes (légumineuses pour la fixation d'azote, graminées pour une restructuration du sol et le recyclage d'éléments nutritifs lixiviés en profondeur, etc.) ; et
- en restituant au sol les éléments nutritifs exportés.

Mis à part sur des sols exceptionnellement riches, il est indispensable de restituer au sol un minimum d'éléments fertilisants (engrais organiques et/ou minéraux), pour compenser les exportations par les cultures ou fourrages. En l'absence d'une telle restitution, la production se fait nécessairement aux dépens du sol qui s'appauvrit progressivement (d'autant plus vite que les rendements et les exportations sont élevés).

Cette fertilisation limitée (qui peut être ajustée en fonction des bénéfices de l'année précédente) est une précaution importante pour conserver durablement la fertilité des sols.

Le calcul des quantités d'engrais à apporter pour compenser les exportations de l'année précédente se fait sur la base des exportations moyennes des cultures concernées, proportionnelle à leur production.

Le tableau suivant donne à titre indicatif les valeurs des exportations d'éléments nutritifs par diverses plantes (synthèse bibliographique). Il montre une forte variabilité de ces exportations.

L'utilisation de la médiane (indiquée en rouge) permet d'obtenir une évaluation grossière des éléments nutritifs à apporter pour compenser les pertes par exportation. Ce tableau montre également l'importance des quantités exportées par les pailles si elles ne sont pas restituées à la parcelle, en particulier en ce qui concerne la potasse.

Cas particulier

Un précédent associant graminée(s) et légumineuse(s) comme maïs + légumineuse alimentaire volubile, plantées en lignes ou en doubles rangs, conduit à une forte irrégularité de la disponibilité en azote. La légumineuse a apporté une forte quantité d'azote au sol, et se décompose rapidement, alors que la graminée n'a pas fixé d'azote et se décompose lentement, avec les risques de "faim d'azote" que cela entraîne.

Pour une culture de céréale ou de cotonnier, l'engrais azoté (urée) doit être apporté (en particulier au semis) majoritairement sur les bandes qui ont reçu la graminée durant le cycle précédent, pour compenser la faible disponibilité locale en azote (surtout en début de cycle).

Pour comparaison, toujours à titre indicatif, les apports en éléments nutritifs d'un fumier de bovin frais varient (fortement) entre 3 et 15 (8 en moyenne) kg de N par tonne de fumier frais (environ deux fois plus pour un fumier sec), 0,5 et 3 (1,5 en moyenne) kg de P/tonne de fumier frais et 2 à 11 (6,5 en moyenne) kg de K/tonne de fumier frais. La fiente de volaille est plus riche en azote (11 kg/tonne de matière fraîche) et phosphore (4 kg/tonne) mais moins riche en potasse (3,5 kg/tonne).

Le choix des itinéraires techniques

Exportations moyennes des éléments nutritifs par les cultures

Exportation d'éléments nutritifs par les culture	N (Kg/tonne)	P (Kg/tonne)	K (Kg/tonne)	Ca (Kg/tonne)	Mg (Kg/tonne)	S (Kg/tonne)
Riz (paddy)	12 - 16 - 20	2 - 3,5 - 5	1 - 2,5 - 4	0,5 - 0,75 - 1	1	15 - 17,5 - 20
Riz (paille)	10 - 12,5 - 15	1 - 1,5 - 2	15 - 25 - 35	3 - 3,5 - 4	2 - 2,5 - 3	
Maïs (grains)	15 - 20 - 25	3 - 3,5 - 4	2 - 3,5 - 5	0,2	0,5 - 0,75 - 1	2,5 - 3,75 - 5
Maïs (paille)	13 - 14 - 15	1 - 1,5 - 2	15 - 22,5 - 30	1 - 1,25 - 1,5	0,5 - 0,75 - 1	1
Sorgho (grains)	13 - 16,5 - 20	3 - 3,5 - 4	1 - 2,5 - 4	0,3	1,5	
Mil (grains)	15 - 17,5 - 20	2 - 4 - 6	4 - 4,5 - 5	0,2	1,5	
Blé (grains)	20 - 27,5 - 35	3,5 - 4 - 4,5	2 - 7 - 12	1 - 2 - 3	1 - 2 - 3	3
Brachiaria ruziziensis (fourrage)	10 - 20 - 30	1 - 2,5 - 4	8	2 - 3,5 - 5	2	1
Soja (graines)	50 - 75 - 80*	5 - 8 - 11	15 - 17,5 - 20	3 - 9 - 15	2 - 5,5 - 9	5 - 7,5 - 10
Arachide (graines)	40 - 45 - 50*	2 - 4 - 6	4 - 6 - 8	0,3	1,5	
Haricot (graines)	35 - 37,5 - 40*	4 - 4,5 - 5	18 - 21,5 - 25	2 - 3 - 4	2 - 3 - 4	10
Vesce (total)	25 - 27,5 - 30*	3	10			
Stylo. guianensis (fourrage)	25 - 27,5 - 30*	2 - 2,5 - 3	10 - 20 - 30	10 - 15 - 20	3 - 3,5 - 4	1,5
Pomme de terre (tubercules)	3 - 4,5 - 6	0,5 - 1,75 - 2	2 - 4,5 - 6		1	2
Manioc (tubercules)	2 - 4,5 - 5	0,4 - 0,7 - 1	1 - 3,5 - 6	0,5	0,25	
Patate douce (tubercules)	4 - 5 - 6	1	4 - 5,5 - 7			
Coton (graines)	20 - 22,5 - 25	5 - 7,5 - 10	10 - 15 - 20			
Tomate	1 - 1,5 - 2	0,2 - 0,35 - 0,5	1 - 1,25 - 1,5			
Choux	3 - 4 - 5	0,5 - 0,75 - 1	1,5 - 1,75 - 2			
Arbres fruitiers (fruits)	3 - 4 - 5	0,5 - 0,75 - 1	2 - 3,5 - 5			

*Azote fixé par les légumineuses 12 - 16 - 20 : valeur basse- Médiane- valeur haute
 Pour obtenir l'équivalent en p2O5, K2O, CaO, MgO et SLO2, multiplier respectivement : P par 2,29 ; K par 1,2 ; ca par 1,4 Mg par 1,66 et s par 2.

Pour comparaison, toujours à titre indicatif, les apports en éléments nutritifs d'un fumier de bovin frais varient (fortement) entre 3 et 15 (8 en moyenne) kg de N par tonne de fumier frais (environ deux fois plus pour un fumier sec), 0,5 et 3 (1,5 en moyenne) kg de P/tonne de fumier frais et 2 à 11 (6,5 en moyenne) kg de K/tonne de fumier frais. La fiente de volaille est plus riche en azote (11 kg/tonne de matière fraîche) et phosphore (4 kg/tonne) mais moins riche en potasse (3,5 kg/tonne).

Le choix des itinéraires techniques

Périodes d'application des engrais

Les premières années, l'essentiel des engrais doit être appliqué sur les cultures principales.

De manière générale, tous les apports d'engrais organiques et les apports d'engrais peu solubles (phosphates naturels, etc.) se font au moment du semis. Les apports de phosphore et de potasse se font également au semis, la plante en ayant un besoin important en début de cycle principalement. L'apport d'oligo-éléments se fait de préférence au semis quand des risques de carences importants ont été diagnostiqués, ou éventuellement dès l'apparition de symptômes de carence (quand ces carences n'étaient pas prévisibles).

Seuls les apports d'engrais azotés sur les graminées sont fractionnés du fait de leur grande solubilité, des risques de pertes par lixiviation, des risques de déséquilibre de la physiologie des plantes par des apports trop importants et des besoins des plantes étalés sur l'ensemble de leur développement végétatif du semis à la floraison.

Une partie est apportée au moment du semis, représentant environ 1/3 à 1/2 des apports totaux d'azote. Le reste est à fractionner en fonction des plantes et de leur gestion : après chaque fauche pour une plante fourragère, au tallage et à la montaison pour le riz, au début de la floraison mâle pour le maïs, etc. Ces apports sont à moduler en fonction de l'état végétatif des plantes et de la conduite générale des cultures. Un apport supplémentaire d'azote peut être très profitable (et est peu risqué) dans une culture bien conduite, sans accidents, mais qui semble manquer d'azote. A l'inverse, il n'est pas raisonnable d'appliquer des engrais sur une culture mal engagée (semis très tardif, envahissement d'adventices pas maîtrisées, etc.) dont le potentiel de rendement est faible.

Dans le cas d'un semis de céréale dans un paillage constitué essentiellement de graminées, un minimum de 30kg/ha d'azote (de préférence 50 kg/ha) doit être apporté au semis pour éviter le risque de blocage d'azote par le paillage en début de décomposition.

Après quelques années de semis direct bien installé, l'optimisation agronomique des engrais passe par une fertilisation des plantes de couverture (pour les successions cultures/plantes de couverture) qui la valorisent très bien en produisant une forte biomasse, recyclent et mobilisent de nombreux éléments nutritifs et les restituent dans la couverture/litière. La culture principale installée sur cette biomasse bénéficie alors des améliorations du sol et de la fertilité accumulée dans la biomasse. L'apport de deux tiers des engrais sur les plantes de couverture pour un tiers directement au moment de la culture permet un fonctionnement optimal des systèmes en SCV.

Équilibre entre éléments minéraux

Les plantes ont besoin d'une alimentation équilibrée. De plus, les éléments minéraux interagissent entre eux et leur absorption par les plantes dépend des concentrations relatives d'un élément par rapport à un autre. L'antagonisme le plus connu est celui entre les éléments majeurs : l'excès d'azote ou de phosphore bloque l'absorption de la potasse par la plante. Un excès d'azote bloque aussi de nombreux oligo-éléments (B, Cu, Zn, S, Fe, etc.) et il existe de très nombreux antagonismes entre oligo-éléments et éléments majeurs. Le phosphore par exemple est bloqué par un excès de manganèse, de fer ou d'aluminium (Al³⁺). Il existe aussi des synergies, comme le magnésium qui est plus facilement absorbé quand le phosphore et l'azote sont présents en quantité, et qui facilite l'absorption du phosphore.

Il est donc fondamental d'apporter une fertilisation équilibrée, corrigeant si nécessaire les déséquilibres du sol (avec éventuellement un amendement en année "zéro"). En pratique, la diversité des plantes (capables de mobiliser divers éléments quand ils sont peu solubles) dans les systèmes SCV, la fertilisation des systèmes plantes/sol dans leur ensemble et, quand cela est possible, la diversification des engrais employés, facilitent l'obtention et le maintien d'un tel équilibre.

Quelques erreurs à éviter concernant la fertilisation

Éviter d'apporter une fertilisation insuffisante pour le système choisi

En année "zéro" de préparation des SCV, sur des sols peu fertiles, la principale erreur à éviter est d'apporter une fertilisation insuffisante pour en permettre une bonne valorisation et assurer une forte production de biomasse avec le système choisi. Face au coût des engrais, la tentation est souvent forte de réduire la dose, mais cette "solution" est très risquée si on descend en dessous d'un seuil minimum, nécessaire pour assurer une production qui puisse rentabiliser la fertilisation apportée, ou au moins produire une biomasse qui permette de cultiver par la suite en SCV dans de bonnes conditions (la fertilisation est alors vue comme un investissement à moyen terme

Le choix des itinéraires techniques

dans ces systèmes). Si l'investissement dans ce niveau minimum nécessaire pour faire fonctionner le système est trop important ou trop risqué, il faut absolument changer de système pour un système moins exigeant, qui assurera la production de biomasse nécessaire avec moins (ou sans) apports d'engrais.

Eviter de faire "l'économie" d'un apport d'azote sur un paillage de graminées

Un paillage de graminées en début de décomposition immobilise dans un premier temps de l'azote. Sur un tel paillage, ne pas apporter d'azote en début de cycle (au semis) pour une culture de céréales ou de cotonnier entraîne un fort risque de "faim d'azote", très préjudiciable à la culture. Il est donc indispensable d'apporter de l'azote au semis si ce paillage n'a pas été traité suffisamment tôt pour éviter le blocage.

Eviter de maintenir une fertilisation forte sur un système installé en retard ou sans maîtrise des adventices

Une autre erreur à éviter est de maintenir une fertilisation importante programmée sur un système quand les conditions de réalisation font que le semis est fait tardivement. Un semis tardif augmente le risque climatique (d'autant plus fortement que le climat est contraignant). Au delà d'une certaine date limite, le risque devient trop important et ne peut être supporté. Il faut le réduire, en baissant le niveau de fertilisation (et les objectifs de production) si cela est possible (c'est à dire si une production de biomasse suffisante pour entretenir le semis direct est possible dans ce système, avec un niveau de fertilisation bas), ou en changeant de système si nécessaire.

De la même manière, un apport de fertilisation ne doit pas être fait si les moyens de contrôler les adventices (qui profitent aussi de la fertilisation) ne sont pas disponibles.



Fortes carences sur le maïs en compétition avec les adventices non maîtrisées

4.4. Le contrôle des adventices annuelles

En culture pluviale, sur tanety et de façon très marquée sur les sols riches comme les baiboho et dans les rizières à mauvaise maîtrise où une lame d'eau ne peut être maintenue, la pression des adventices s'exerce fortement.

Le contrôle des adventices se raisonne sur l'ensemble du système de culture : choix des cultures, associations et successions, et différentes opérations de l'itinéraire technique. De manière générale, le contrôle des adventices annuelles dans des systèmes SCV installés se fait assez simplement par :

- la non perturbation du sol, ce qui maintient les graines en conditions peu favorables à la germination ;
- le maintien d'une couverture végétale permanente, morte ou vivante, qui empêche la levée ou "étouffe" les adventices
- la réduction progressive du stock de graines et, éventuellement ;
- les effets allélopathiques des plantes utilisées en couverture.

Dans des systèmes SCV bien installés, le contrôle des adventices ne demande donc pas, en général, de mesures particulières après la mise en place de systèmes de culture appropriés, sur une couverture végétale bien contrôlée.

En revanche, le contrôle des adventices peut être problématique en année "zéro" de préparation des SCV, quand la couverture végétale n'existe pas encore, ou après un "accident" (production insuffisante, feu, divagation d'animaux, etc.) qui a fait que la couverture maintenue au sol n'est pas suffisante pour assurer

En cas de biomasse insuffisante...

Si après une année "zéro" de préparation des SCV la biomasse produite ne paraît pas suffisante pour contrôler les adventices dans la culture suivante, une bonne solution consiste à reconduire un système de culture facile à entretenir et à forte production de biomasse (comme maïs + dolique par exemple). L'arrachage manuel ou un léger sarclage permet alors de contrôler les adventices à moindre coût, sans engendrer une perturbation trop importante du sol. La forte biomasse produite (et éventuellement les effets allélopathiques des plantes utilisées) assurera la maîtrise des adventices pour la culture suivante, qui peut alors être une plante plus difficile à désherber (comme le riz).

De la même manière, après un "accident" qui conduit à une faible couverture du sol, il est très intéressant de "recharger" les systèmes SCV par la mise en place d'un système de culture facile à désherber et à forte production de biomasse.

Le choix des itinéraires techniques



Contrôle des adventices par la couverture végétale

le contrôle des adventices la saison suivante.

Dans ces cas là, des mesures particulières doivent être mises en place pour assurer la maîtrise des plantes indésirables, sans altérer le bon fonctionnement des systèmes en SCV. Pendant ces années de transition des systèmes conventionnels vers des systèmes en SCV bien installés, les adventices sont un des problèmes majeurs à gérer.

Un des éléments clefs du contrôle des adventices annuelles dans ces cas là est le choix du système de culture.

Le choix de cultures/associations dont l'entretien est relativement facile, qui permettent une forte production de biomasse et qui sont capables de contrôler naturellement les adventices (maïs + légumineuse ou manioc + stylosanthes par exemple), facilite l'entretien des cultures le temps de produire une forte biomasse, qui contrôlera les adventices la saison suivante.

Au delà du choix des cultures et associations à mettre en place, le travail du sol en année "zéro" peut constituer un des éléments de la lutte contre les adventices en l'absence de biomasse pour couvrir le sol. Il contribue à réduire leur pression en tuant les plantes annuelles déjà levées. Il a cependant l'inconvénient de remettre en condition de germination des graines enfouies et de multiplier végétativement certaines plantes vivaces à

rhizomes ou stolons. Il ne permet donc pas à lui seul de maîtriser l'enherbement et doit être complété par d'autres mesures au semis et/ou après la levée.

Dans des systèmes SCV installés, mais après un "accident" n'ayant pas permis de maintenir une couverture du sol suffisante, le recours au labour doit par contre être évité autant que possible car il a en plus l'inconvénient d'accélérer la minéralisation de la litière reconstruite par les SCV des années précédentes, et d'en faire perdre rapidement les acquis.

Ainsi, que ce soit après travail du sol ou en semis direct avec un paillage peu épais, des mesures de contrôle des adventices doivent être anticipées, et ce d'autant plus :

- que la pression des adventices est forte ;
- que la culture est sensible à la compétition des adventices ; et
- qu'elle rend difficiles les interventions : le désherbage manuel du riz pluvial par exemple est nettement plus exigeant en temps que celui du maïs.

Ce contrôle peut s'effectuer de plusieurs manières, en fonction des moyens disponibles et des contraintes :

Apport de paillage

Si de la biomasse est disponible à proximité des parcelles (on peut éventuellement concentrer la biomasse sur une partie de la parcelle), on peut l'utiliser pour créer un paillage qui aide à contrôler les mauvaises herbes. Il faut pour cela que le paillage soit suffisamment important pour couvrir totalement le sol au moins pendant les 45 premiers jours de culture. En revanche, si le paillage n'est pas suffisant (ou qu'il se décompose trop vite), les mauvaises herbes peuvent se développer, profitant même de l'amélioration de la fertilité du sol.

Un apport de paille sur la parcelle représente cependant un travail considérable (d'autant plus important que la paille doit être transportée sur de longues distances), parfois difficile à réaliser au moment de la mise en place des cultures (surtout si la parcelle a été travaillée traditionnellement) et n'est possible que si de la biomasse est disponible à distance raisonnable.

Le choix des itinéraires techniques

Arrachage ou sarclage

En semis direct, sur un mulch peu épais qui a laissé pousser les adventices, le sarclage (qui travaille le sol en surface) doit être limité autant que possible. Si les adventices sont peu nombreuses et/ou sur de petites parcelles, il est préférable de faire un arrachage des plantules à la main, sans perturber la surface du sol pour bénéficier des avantages du semis direct. Ce travail d'arrachage est toutefois très exigeant en temps (en particulier sur des cultures difficiles d'entretien comme le riz) et ne peut pas toujours être réalisé à temps. Il peut être alors préférable de recourir au sarclage, quand aucun autre moyen de maîtriser les adventices n'est accessible à l'agriculteur.

Pour des cultures relativement faciles à désherber comme le maïs, l'arrachage doit être envisagé de préférence au sarclage, même sur de grandes parcelles, à condition qu'une main d'oeuvre suffisante soit mobilisable au moment voulu.

Utilisation d'herbicides de pré- ou post-levée

L'intérêt d'utiliser des herbicides, et donc le choix de la stratégie de lutte contre les adventices est fonction :

- de la pression des adventices (et donc du milieu) ;
- du type de culture (certaines cultures comme le riz sont plus difficiles à désherber et supportent moins bien la compétition que d'autres comme le maïs par exemple) ;
- de la disponibilité et du coût de la main d'oeuvre ;
- de la disponibilité et du coût des herbicides.

Les herbicides ont l'avantage de permettre un bon contrôle des adventices mais sont coûteux.

Les herbicides de pré-levée doivent être appliqués de manière systématique (avant de connaître la pression exacte des adventices), dans des conditions d'application restrictives (rapidement après le semis, sur un sol humide). Leur sélectivité, relativement bonne, peut être fonction des conditions d'application (des conditions climatiques qui ralentissent la levée comme une sécheresse peuvent conduire à des toxicités sur la culture). De plus, leur efficacité est réduite dans des systèmes SCV installés du fait de la couverture végétale et du taux élevé de matière organique.

Les herbicides de post-levée ont l'avantage d'être appliqués en fonction de la pression exacte des adventices, avec possibilité d'application localisée, et dans des conditions d'application moins contraignantes que les herbicides de pré-levée. Ils sont toutefois très difficilement utilisables sur des associations de plantes aux caractéristiques différentes et leur sélectivité dépend des conditions d'application, pouvant engendrer une toxicité et avoir un impact sur la santé des plantes.

Le nombre réduit de matières actives homologuées à Madagascar limite cependant les possibilités de lutte chimique contre les adventices, en particulier pour certaines cultures ou associations de cultures. Même lorsque les herbicides sont disponibles, les faibles ressources des paysans ne leur permettent pas toujours de les acheter et ils ne peuvent être proposés que si leur rentabilité économique est très forte et/ou si la main d'oeuvre disponible ne permet pas de contrôler les mauvaises herbes efficacement.

De plus, l'impact négatif des herbicides sur la santé des plantes (perturbation de la synthèse des protéines, les herbicides n'étant pas totalement sélectifs des cultures) fait que l'utilisation de ces produits en cours de culture (pré ou post-levée) doit être limitée autant que possible.

Les possibilités et l'intérêt d'utiliser des herbicides varient donc en fonction des situations et des cultures :

Pour la culture du riz

Le riz est l'une des cultures les plus difficiles à désherber, d'autant plus qu'elle se conduit souvent dans des milieux à forte pression des adventices. Ainsi, l'utilisation d'herbicides est particulièrement recommandée dans les rizières

Sarclage, buttage et billonnage

En semis direct, le sarclage doit être évité autant que possible les premières années, et est proscrit dans des systèmes SCV bien installés (d'autant plus qu'il n'est plus utile).

Billonnage et buttage sont eux totalement exclus, que ce soit en préparation de parcelle ou durant l'entretien des cultures (cas du buttage des cultures lors du sarclage par exemple). Ils sont inutiles (la structure du sol sous SCV permettant un bon développement des plantes qui font l'objet de ces pratiques en systèmes conventionnels), engendrent une perturbation du sol (avec les effets négatifs que cela entraîne), et ils constituent une gêne importante pour la mise en place de la culture suivante en semis direct (irrégularité du terrain qui empêche la mécanisation du semis et complique la mise en place manuelle).

Le choix des itinéraires techniques

à mauvaise maîtrise d'eau où une nappe d'eau ne peut être maintenue en début de cycle, et sur les baiboho (en l'absence d'un paillage suffisant pour réduire la pression des adventices).

Dans ces milieux, la gestion des plantes à feuilles larges et cypéracées annuelles peut se faire par application de 2,4-D Amine (720 à 1080g/ha), au minimum 25 jours après la levée du riz (risque de phytotoxicité sur les plants jeunes). Plus les adventices sont âgées, plus elles deviennent résistantes ce qui suppose d'augmenter la dose. Au stade plantule des adventices, une dose plus faible (360 g/ha) est suffisante et les risques de phytotoxicité sur le riz en sont réduits.

Cet herbicide de post-levée a l'avantage de ne s'appliquer que si nécessaire, d'être très peu cher (moins de 6000ariary/ha = 2,3 euros/ha pour une dose de 720 g/ha) et de contrôler un grand nombre de dicotylédones.

Pour le cas de parcelles à forte infestation de cypéracées vivaces avec organes de réserves (*Cyperus rotundus*, *Cyperus esculentus*) particulièrement difficiles à contrôler, leur émergence est retardée par un paillage épais. L'application de bentazone dans ces conditions permet de contrôler ces plantes suffisamment longtemps pour que le riz soit capable de les dominer.

Cet herbicide n'est malheureusement plus disponible au Cameroun. En ce qui concerne les graminées annuelles, il n'existe pas d'herbicide de post-levée sélectif du riz qui puisse les contrôler et qui soit homologué au Cameroun.

Dans le cas où la pression de ces graminées annuelles est forte, il est recommandé d'appliquer, en pré-levée, du pendimethaline, qui contrôle ces adventices, ainsi que certaines plantes à feuilles larges. La dose moyenne d'application du pendimethaline est de 1 500 g/ha (coût : 75 000 ariary/ha = 28,3 euros/ha). Cependant, en cas de pression extrêmement forte de plantes comme *Echinochloa* sp. et surtout *Ischaemum rugosum* que l'on peut estimer en fonction du nombre de graines présentes au sol, il est nécessaire d'augmenter la dose à 2500g/ha (coût : 125 000 ariary/ha = 47 euros/ha). Un autre herbicide de pré-levée intéressant est l'oxadiazon qui utilisé à 1000g/ha permet de contrôler la plupart des graminées et des plantes à feuilles larges, tout en étant sélectif de certaines légumineuses cultivées.

Outre leur coût élevé (et leur impact sur l'environnement), ces herbicides ont l'inconvénient d'être des herbicides de pré-levée, qui doivent être appliqués le jour du semis (quand on ne connaît pas encore quelle sera la pression exacte des adventices, et donc parfois inutilement) et sur sol humide. Cette plage réduite d'application peut poser des problèmes pour la culture en grandes surfaces en cas de climat aléatoire, même s'il est possible de les utiliser en postlevée précoce. Cependant, dans des milieux à forte infestation par des graminées annuelles, le désherbage manuel ou mécanique est extrêmement difficile à faire efficacement et demande énormément de travail. L'intérêt d'utiliser un herbicide est accru.

Sur tanety où la pression des adventices est souvent moindre qu'en rizières ou que sur les baiboho, l'utilisation d'herbicides n'est pas aussi recommandée que dans ces milieux "riches".

En cas d'infestation par des dicotylédones, l'utilisation, peu coûteuse, de 2,4-D anime (720 à 1080g/ha) en post-levée est très profitable. Pour le contrôle des graminées sur tanety, le recours au pendimethaline, très coûteux (même à 1500g/ha) par rapport au potentiel de production, ne se justifie que dans certaines situations où la pression d'adventices du type *Digitaria horizontalis* ou *Rottboellia cochinchinensis* est très forte et ne peut être contrôlée par sarclage ou arrachage. Le coût élevé de cet herbicide réduit cependant la rentabilité de la culture du riz pluvial sur des milieux à forte pression de graminées, et il est préférable de conduire d'abord une culture plus facile à désherber, comme le maïs associé à une légumineuse.

Pour la culture du maïs (ou du sorgho)

La culture de maïs (ou de sorgho) pur peut être désherbée chimiquement avec des molécules telle l'atrazine. Cependant, la culture de maïs (ou de sorgho) en pur, sans association, ne fait pas partie des systèmes recommandés dans ce manuel, les associations permettant d'augmenter les revenus et la production de biomasse (et ainsi d'alimenter le « moteur » du semis direct).

En cas d'association avec une graminée (*Brachiaria* sp. ou *Eleusine coracana* en particulier), l'utilisation de 2,4-D (540-720 g/ha en fonction du stade des adventices) est possible et très rentable pour contrôler les dicotylédones. L'utilisation d'atrazine à dose réduite (0,5 à 1 kg/ha, à adapter localement en fonction du sol et du climat) est également possible pour une association maïs + *brachiaria*.

Dans le cas d'une association maïs (ou sorgho) + légumineuse, il est difficile de désherber chimiquement avec les matières actives disponibles à Madagascar. Le pendimethaline peut être utilisé pour contrôler les graminées (et quelques plantes à feuilles larges). Cependant, son coût élevé ne peut justifier de son utilisation que dans des

Le choix des itinéraires techniques

situations très particulières (comme sur des baiboho à très forte pression des graminées et en l'absence de main d'oeuvre disponible). Sur des parcelles très infestées, on peut utiliser (si disponible) un herbicide de pré-levée sélectif du maïs (et du riz) comme le métolachlore ou l'alachlore. Il est ensuite possible de semer une légumineuse en association, après 3 à 4 semaines (la rémanence de ces herbicides étant de 15 à 20 jours).

Dans la plupart des cas, en l'absence de paillage ou sur un paillage peu épais, le contrôle des adventices dans une association maïs (ou sorgho) + légumineuse peut se faire par un léger sarclage ou un arrachage manuel. Un seul arrachage/sarclage est généralement suffisant pour obtenir un bon contrôle, le maïs s'élevant rapidement au dessus des adventices qui pourraient repousser, et les légumineuses associées couvrant rapidement le sol, gênant ainsi la germination et la croissance de nouvelles plantes.

Pour la culture de légumineuses

Le bentazone était utilisé à 960 g/ha, après le stade 2 feuilles du soja, du haricot ou de l'arachide (mais pas sur niébé, *Vigna umbellata*, *Stylosanthes guianensis*, etc.). Depuis son retrait, il n'existe pas d'herbicide homologué au Cameroun que l'on puisse utiliser sur culture de légumineuse pour contrôler des plantes à feuilles larges.

En l'absence de ces herbicides, ou de moyens pour les acheter, le recours au paillage est intéressant si de la biomasse est disponible, d'autant plus qu'il permet d'augmenter fortement la production (avec le pois de terre en particulier).

De manière générale, un sarclage ou arrachage est suffisant sur ces cultures si leur développement est satisfaisant et l'intérêt de l'utilisation d'herbicide est très limité.

Pour la culture du cotonnier

La culture du cotonnier en première année pour entrer dans des systèmes de semis direct n'est pas recommandée du fait de la faible biomasse qu'il produit.

La lutte contre les adventices se fait alors essentiellement par la préparation d'un paillage important pour les années suivantes. Dans le contexte du Nord Cameroun en effet, la préparation de la culture du coton sur biomasse est assurée par un «habillage» des systèmes céréaliers traditionnels, où en année zéro la céréale est associée avec une plante de couverture (*Brachiaria r.* ou *Crotalaire spp*). Ceci permet de produire une forte biomasse qui est conservée en champ en inter-campagne et l'année d'après, du cotonnier est installé sur la biomasse produite en début de saison des pluies. Cette pratique permet de réduire considérablement les problèmes d'enherbement. Toutefois, en cas d'un paillage du sol non homogène qui favorise la levée des mauvaises herbes, on fait recours à l'utilisation des herbicides (glyphosate ou atrazine) avec un appareil à cache dans les interlignes du cotonnier et un arrachage manuel des mauvaises herbes sur les lignes du cotonnier. Cette pratique offre des meilleurs résultats dans le contrôle des adventices du cotonnier sur biomasse.

4.5. Le contrôle des plantes associées durant la culture

La mise en place des cultures et des plantes associées a pour objectif d'optimiser la production totale en évitant la compétition entre culture et plante de couverture. Il se peut cependant que la plante de couverture entre en compétition avec la culture : mauvaise estimation ou non-respect au semis de l'agencement dans l'espace et/ou des dates de semis des différentes plantes, développement trop lent de la culture principale, année climatique particulièrement sèche, etc. Dans une telle situation, il est indispensable de ralentir le développement de la plante de couverture avant qu'elle ne fasse une compétition préjudiciable à la culture.

Ce contrôle se fait généralement par simple fauche ou rabattage des plantes de couverture suffisamment tôt pour éviter qu'elles ne dominent la culture. Il peut ne pas être suffisant en cas de déficit hydrique marqué (les racines de la plante associée étant toujours en place et la plante très active végétativement après la fauche). L'utilisation d'herbicide peut alors être nécessaire dans ce cas là.

4.6. Le contrôle des plantes de couverture vives

La préparation d'une couverture végétale vive cherche à la contrôler suffisamment pour qu'elle ne fasse pas de compétition avec la culture, mais sans la tuer pour qu'elle puisse produire une biomasse importante après la récolte

Le choix des itinéraires techniques

de la culture principale. Une telle gestion est cependant délicate et il arrive que la couverture vive redémarre trop rapidement, entrant en compétition avec la culture. Les observations régulières des parcelles doivent permettre de détecter les risques de compétition en cas de reprise trop rapide de la couverture (en particulier pour l'eau si les précipitations sont faibles). Dans ce cas, il est nécessaire de la contrôler durant la culture, ce qui demande :

- l'application d'un herbicide sélectif de la culture (comme le fluazifop-P-Butyl pour le contrôle de graminées dans une culture de légumineuse), méthode rapide et efficace mais qui demande la connaissance de ces herbicides et leur accès (coût et disponibilité) ;
- l'application sur les inter-rangs d'un herbicide total (avec un cache pour éviter que la culture soit touchée) dans le cas de cultures à faible densité comme le maïs, ou installées en doubles-rangs ;
- des fauches répétées de la plante de couverture. Certaines plantes comme le desmodium ou le kikuyu peuvent ainsi être gérées en couverture vive sans herbicide, par simples fauches avant semis puis régulièrement jusqu'à ce que la culture principale domine la plante de couverture. Cette méthode ne nécessite ni investissement, ni connaissance particulière et permet d'exporter partiellement la couverture pour l'alimentation animale. Elle est cependant très exigeante en travail, ce qui peut conduire à un contrôle insuffisant ou trop tardif de la couverture. Elle a aussi l'inconvénient de ne pas réduire la compétition de la couverture pour l'eau.

4.7. Les traitements phytosanitaires en culture

Les premières années de transition des systèmes conventionnels vers les SCV, le temps qu'un équilibre écologique soit restauré et que l'alimentation des plantes soit améliorée, la pression des bioagresseurs peut être forte sur les cultures. Dans certaines conditions, le recours à des traitements phytosanitaires en cours de végétation peut être nécessaire. Ces traitements doivent cependant être limités autant que possible du fait de leur impact négatif sur la vie des sols, l'équilibre écologique et la santé des plantes à moyen terme.

Toute l'utilisation de ces produits doit être raisonnée (ce qui implique une bonne connaissance des bioagresseurs et des produits) et adaptée individuellement à chaque situation.

Dans la zone cotonnière camerounaise, le traitement phytosanitaire est réglementé par la SODECOTON suivant un programme des traitements bien défini et permet d'assurer un contrôle parfait des bioagresseurs.

5. Récolte et post-récolte

La récolte se fait quand les plantes ont atteint leur maturité optimale. La récolte dans les systèmes de semis direct se distingue de celle en systèmes conventionnels par :

- le besoin de restituer l'ensemble des pailles sur la parcelle, de manière aussi homogène que possible, et
- le fait d'avoir à récolter des plantes en association, avec des maturités parfois décalées, sans endommager les jeunes plantes éventuellement en cours de croissance sous la culture.

En pratique, les systèmes en semis direct qui fonctionnent grâce à un turn-over rapide de la biomasse cherchent à la maintenir sur place et à n'exporter que les grains. Pour cela, que ce soit en culture manuelle ou avec mécanisation, la coupe se fait aussi haute que possible et l'intégralité des pailles sont maintenues sur place ou restituées au sol après battage. La fauche haute a aussi pour avantage de maintenir la plupart de la biomasse sur pied, ce qui fait qu'elle se décompose moins vite que lorsqu'elle est en contact avec le sol où règne une forte activité biologique, et évite qu'elle soit emportée par les pluies ou le vent. Elle permet également d'avoir



Stockage du coton avant la collecte

Le choix des itinéraires techniques

une répartition homogène des résidus de récolte. Ainsi, en semis direct, la récolte d'une culture est déjà une des opérations préparant la parcelle pour la culture suivante. A l'inverse, les systèmes conventionnels voient souvent dans les résidus de récolte abondants une contrainte pour le labour et cherchent à les exporter. La fauche se fait plus bas et les pailles sont exportées ou brûlées.

Le mode de récolte (manuelle ou mécanisée) a une incidence sur la conduite de la récolte et la gestion des résidus. Il a également une influence sur les systèmes à mettre en place, qui doivent pouvoir être récoltés avec les moyens employés.

5.1. Récolte manuelle

La récolte manuelle est très largement dominante dans les conditions de Madagascar, dans le cadre d'une petite agriculture familiale, avec des petites parcelles et des moyens d'investissement très limités. Elle a les avantages de ne pas demander d'investissement et de permettre la récolte de tout type d'association de cultures (en prenant garde à ne pas endommager les éventuelles jeunes plantes dans le cas des cultures en relais). Elle demande cependant un travail très important, ce qui peut poser problème pour récolter l'ensemble des cultures à un stade optimal de maturité si toutes les cultures arrivent à maturité au même moment. La récolte manuelle de parcelles semées mécaniquement (et donc rapidement) est souvent problématique.

En cas de forte contrainte en main d'oeuvre à la récolte, il peut être intéressant de décaler les semis ou d'utiliser plusieurs variétés de cycles différents, pour permettre une récolte étalée sur une plus longue période de temps. Les pratiques traditionnelles varient en fonction du type de plante et des habitudes. Elles doivent souvent être "aménagées" pour mieux s'intégrer dans des systèmes conduits en semis direct sur couverture végétale permanente, en particulier pour la restitution des pailles.

Grandes céréales (maïs, sorgho, mil)

Les grandes céréales sont de manière générale récoltées épi par épi, ce qui laisse sur pieds l'ensemble des plantes. Les cultures associées, en général à cycle plus long que ces céréales, ne sont pas endommagées par ce mode de récolte et peuvent grimper sur les cannes laissées en place, en particulier pour les légumineuses volubiles (dolique, *Vigna umbellata*, certains niébés). Le fait de maintenir les cannes en place ralentit aussi leur dégradation, alors que leur décomposition est plus rapide une fois couchées au sol. Le maintien des cannes sur pied est particulièrement important en cas de forte pression des termites qui les décomposent très rapidement dès qu'elles sont en contact avec le sol. Pour retarder cette décomposition, on peut, à la récolte, plier les cannes en deux ce qui retarde leur chute quand elles s'affaiblissent et évite qu'elles soient couchées par le vent. De plus, cette pratique permet aux plantes associées d'avoir suffisamment accès à la lumière solaire, ce qui favorise leur croissance après la récolte des cultures principales.

par fauche à la faucille (qui permet éventuellement de choisir les pieds à maturité) ou à la faux (plus rapide mais ne permettant pas une récolte "étagée"). Dans ces cas, une partie importante des pailles est sortie de la parcelle pour réaliser le battage qu'il soit manuel, par piétinement ou mécanisé. Un tel mode de battage "à poste fixe" concentre la biomasse sur une partie de la parcelle (ou à l'extérieur). En agriculture conventionnelle, cette paille est souvent brûlée, ou éventuellement exportée pour les animaux. En semis direct, elle doit être rapportée sur la parcelle de la manière la plus homogène possible, une épaisseur de paille trop importante étant gênante pour le semis (et la gestion de la



Récolte manuelle du pois de terre sur couverture de chiendent.
Gousses en surface, sous le paillage.

Le choix des itinéraires techniques

fertilité), alors qu'à l'inverse une couverture insuffisante ne permet pas d'alimenter convenablement la litière et de contrôler les adventives. Pour limiter les transports de paille, la coupe en semis direct doit être faite aussi haut que possible, ce qui n'est pas toujours facile en conduite manuelle, peut ralentir la récolte et rendre le battage difficile.

Légumineuses à graines aériennes (soja, haricot, dolique, niébé, Vigna umbellata, etc.)

Comme pour les céréales à paille courte, la récolte manuelle des légumineuses à graines peut se faire :

- gousse par gousse, ce qui maintient sur place les parties végétatives des plantes et permet une récolte "étagée" (ce qui augmente fortement la production dans le cas de plantes à floraison et fructification étalées comme le niébé), ou
- par fauche à la faucille et battage (en général manuel), pratique plus rapide surtout pour les plantes à petites graines, mais qui demande pour le semis direct à ce que les fanes soient retransportées et étalées dans la parcelle (même si elles représentent une biomasse moins importante que les pailles de céréales).

Légumineuses à graines enterrées (arachide, pois de terre)

La récolte des légumineuses à graines enterrées se fait par arrachage des plants. En semis direct, ces légumineuses positionnent leurs gousses en surface du sol, juste sous le paillage, ce qui fait que l'arrachage est facile, rapide et ne perturbe que faiblement le sol. Comme pour les autres légumineuses, le battage se faisant "à poste fixe", il est nécessaire pour le semis direct de rapporter les fanes sur la parcelle afin d'alimenter la litière.

Racines (manioc) et tubercules (pomme de terre, patate douce, etc.)

La récolte manuelle des racines et tubercules se fait par arrachage, ce qui implique une perturbation du sol. Cette perturbation est toutefois limitée pour les tubercules, du fait qu'en semis direct ils se développent en surface, sous le paillage. Elle est un peu plus importante dans le cas du manioc qui se développe dans le sol. Cependant, la bonne structure du sol entretenue par le semis direct et la production de racines tubérisées essentiellement dans l'horizon superficiel font que l'arrachage se fait facilement, sans perturber profondément le sol.

Dans tous les cas, les parties aériennes (quand elles ne sont pas consommées) ne sont pas transportées et peuvent être laissées sur place lors de la récolte.



Riz pluvial après maïs + dolique

Pour les tubercules comme la pomme de terre, qui se conservent après la récolte mais ne se conservent pas dans le sol après maturité, la récolte se fait en une seule fois. A l'inverse, le manioc qui se conserve très mal (quelques jours seulement sans traitement post-récolte) peut être conservé en terre très longtemps. Sa récolte peut être étagée sur plusieurs mois et se fait au fur et à mesure des besoins.

5.2. Récolte et battage mécanisés

La récolte et le battage mécanisés demandent un investissement important, ne sont possibles que sur de grandes parcelles, mais permettent de couvrir de grandes surfaces en peu de temps. La récolte au stade optimal de maturité peut ainsi se faire sur l'ensemble de grandes parcelles ou exploitations.

L'utilisation d'une moissonneuse-batteuse pour la récolte et le battage "à poste mobile" permet de restituer l'intégralité des pailles (et des enveloppes des grains) sur la parcelle, de manière très homogène. La hauteur de coupe est facilement réglable, ce qui permet de laisser la

Le choix des itinéraires techniques

plupart de la biomasse sur pied et ralentit ainsi sa décomposition.

Il est aussi possible de semer certaines cultures (les petites graines) au moment de la récolte de la culture précédente, à la volée ou grâce à des distributeurs installés sous la moissonneuse.

Ces graines seront légèrement recouvertes par la paille répartie derrière la moissonneuse.

La récolte d'une culture dans laquelle une plante de couverture a été installée en relais, quelques semaines avant la récolte, est également possible.

En revanche, la récolte mécanisée ne permet pas (ou très difficilement) de récolter des cultures en association ou des mélanges de variétés, avec des maturités étagées.

De plus, la mécanisation de la récolte des plantes souterraines (tubercules et racines, légumineuses qui enfouissent leurs graines) engendre une forte perturbation du sol par les outils.

Elle ne respecte donc pas un des principes fondamentaux du semis direct sur couverture végétale permanente.

Quand ces plantes ont un intérêt économique fort, elles peuvent toutefois être introduites dans des systèmes de culture en SCV, à condition de ne pas apparaître trop fréquemment dans les successions et d'être suivies de systèmes avec très forte production de biomasse, pour relancer rapidement le fonctionnement des systèmes en SCV.

6. Conclusions

En semis direct sur couverture végétale permanente, les itinéraires techniques visent avant tout à rendre performants les systèmes de culture qui assurent en premier lieu les fonctions agronomiques essentielles.

Le choix de l'itinéraire technique est un processus complexe, qui se fait en interaction avec le choix des cultures et associations/successions à mettre en place, en fonction des moyens disponibles et des objectifs.

Le semis est une étape fondamentale qui influence l'ensemble des opérations à mener par la suite et a un impact majeur sur la production finale.

Dans tous les cas, l'itinéraire technique doit être ajusté à chaque étape en fonction des conditions réelles de la parcelle à la suite des opérations précédentes. Ces ajustements demandent un suivi précis des parcelles avec des observations fines du développement des plantes et l'évaluation régulière des risques de dommages sur les cultures.

Ils demandent une forte réactivité et des capacités d'adaptation aux événements imprévus, qui ne manquent pas d'arriver au cours d'un cycle cultural.



Le choix des itinéraires techniques.

