



## Maïs ou sorgho associé à une légumineuse alimentaire volubile (Dolique, Niébé ou *Vigna umbellata*)

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER,  
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Roger MICHELLON,  
Krishna NAUDIN, Hubert RAZAFINTSALAMA, Christian RAKOTOARINIVO,  
RAKOTONDRAMANANA, Frank ENJALRIC, Lucien SEGUY

Novembre 2010



Ministère de l'Agriculture

# Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

## 1. Où recommander ces associations

### 1.1. Zone climatique



Les systèmes à base de maïs (*Zea mays*) sont très bien adaptés au climat de moyenne altitude (600-1100 mètres d'altitude) avec longue saison sèche (6 à 7 mois). Ils sont particulièrement recommandés au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest.

Ils sont assez bien adaptés au climat semi-aride du Sud-Ouest et même dans le Grand-Sud, en particulier ceux à base de sorgho (*Sorghum bicolor*).

Ils sont possibles avec le niébé (*Vigna unguiculata*) dans le Sud-Est (climat tropical humide).

Dans toutes ces zones, la variété de niébé à utiliser peut être une variété de cycle long ou de cycle court.

Niébé:  
Voanemba

Dolique:  
Antaka

V. *umbellata*:  
Tsiasisa

La dolique (*Dolichos lablab* ou *Lablab purpureus*) et le *Vigna umbellata* se développent très mal au dessus de 1200m. Sur les Hautes terres (climat sub-tempéré d'altitude), seul le système Maïs + niébé (de cycle court) est possible et recommandé, mais uniquement en dessous de 1500 m d'altitude.

Les systèmes à base de sorgho sont recommandés dans le Sud-Ouest (climat semi-aride) et dans le Grand-Sud principalement. Ils sont possibles et performants au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest, mais cette culture y est peu appréciée.

### 1.2. Situation (sol et régime hydrique)

#### Où les recommander

Ces systèmes sont à recommander de préférence sur sols relativement riches. L'apport d'engrais est indispensable sur sol pauvre, ce qui baisse fortement la rentabilité du système et en accroît le risque.

#### Où ne pas les cultiver

- Eviter les sols hydromorphes et les parcelles inondables pendant le cycle de culture.
- Ne pas cultiver du *Vigna umbellata* sur sol nu sur les sols ferrugineux du Sud-Ouest et les sols battants (possible uniquement avec paillage).

### 1.3. Unités agronomiques

#### Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche (Lac Alaotra et Moyen-Ouest)

**Climat de  
moyenne altitude  
< 1100 m.**

**Sols moyennement riches  
de *tanety*, sols exondés  
dans la plaine, bourrelets  
de berge et *baiboho***



**Sols pauvres de *tanety*  
après enrichissement  
et sols compactés après  
décompactation**

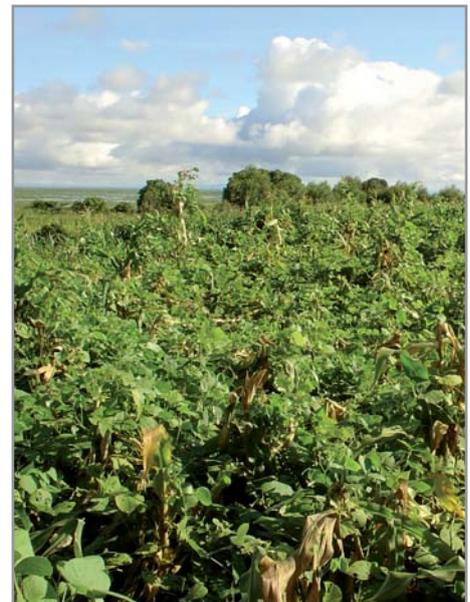


Dans cette zone, ces systèmes sont fortement recommandés sur sols moyennement riches de *tanety* non compactés et sur sols exondés dans la plaine, bourrelets de berge et *baiboho* (fertilisation ou écobuage recommandés mais non indispensables).

En deuxième année, ils sont recommandés sur sols décompactés (sols anciennement compactés, après décompactation par du *brachiaria* par exemple) et/ou sur sols pauvres de *tanety* après enrichissement du sol par une légumineuse (comme le stylosanthes). Dans ces deux cas, la fertilisation de la culture de maïs est nécessaire.

On peut également proposer ce système sur des parcelles de deuxième année, après une légumineuse (niébé, etc.) en semis direct sur couverture morte de graminée vivace (comme le *Cynodon dactylon*).

La fertilisation est alors recommandée.



Dolique après récolte du maïs  
Lac Alaotra

# Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

## Climat semi-aride (Sud-Ouest et Grand-Sud)

En climat semi-aride, les systèmes avec dolique et niébé sont recommandés :



*Sorgho + Vigna umbellata sur sables roux, Morondava*

- sur sols ferrugineux tropicaux moyennement riches à caractère vertique (dans les zones basses, sols présentant des fentes de retrait en période sèche dues à la présence d'argiles gonflantes);
- sur sols ferrugineux tropicaux non compactés.

Sur des sols déjà cultivés, l'engrais est recommandé pour le sorgho, et est nécessaire pour le maïs. L'engrais est simplement recommandé pour les deux céréales sur une reprise après défriche de forêt. Il est nécessaire pour les deux céréales pour une reprise de jachère à graminées pérennes (azote indispensable pour éviter un blocage au démarrage des cultures).

Les systèmes avec *Vigna umbellata* ne sont recommandés qu'à partir du moment où un paillage est disponible: soit en deuxième année après préparation de la biomasse, soit sur reprise de jachère à graminée pérenne bien développée (*Andropogon sp.*, *Hypparhenia sp.*, *Cynodon dactylon*, etc.), soit avec apport extérieur de paille.

## Climat tropical humide (Sud-Est)

En climat tropical humide (Sud-Est), seul le système Maïs + niébé (cycle long) est recommandé (les autres légumineuses volubiles supportant mal les conditions très humides), en succession du riz pluvial, sur les sols de *tanety* moyennement riches non hydromorphes (sur basalte). La fertilisation est nécessaire dans la plupart des situations, mis à part pour une reprise de caféière riche (où elle est tout de même recommandée).

## Climat sub-tropical d'altitude (Hautes terres)

Sur les Hautes terres, le système Maïs + niébé (cycle court) est recommandé sur les sols de *tanety* moyennement riches non compactés, sur les bourrelets de berges et les *baiboho*, et sur les rizières exondées, à condition d'éviter les parcelles à risque d'engorgement durant la période de culture. La fertilisation (ou l'éco-buage) est nécessaire dans toutes ces situations.



*Maïs + niébé, Hautes terres*

Sur les sols dégradés, la fertilisation du maïs est généralement peu rentable. Pour éviter ces sols à très faible fertilité, ne proposer ce système que sur les parcelles où les paysans ont l'habitude de planter du maïs avec un rendement acceptable.

L'association Maïs + niébé (cycle court) est également possible sur sols riches de *tanety* non compactés (sur volcanisme récent), avec de très bons rendements (fertilisation recommandée). Cependant, la longueur du cycle du niébé (au contraire du haricot) ne permet pas d'implanter de culture de contre-saison qui procure des revenus très intéressants (pomme de terre, orge, etc.), comme cela se fait traditionnellement sur ces sols.

## Climat semi-aride

**Sols ferrugineux tropicaux moyennement riches à caractère vertique**  
**Sols ferrugineux tropicaux non compactés**



Sorgho

Maïs



après forêt

après graminées

## Climat tropical humide

**Sols moyennement riches de *tanety*, non hydromorphes**



après caféière

autres situations

## Climat sub-tropical d'altitude

**Sols de *tanety* moyennement riches, non compactés, bourrelets de berges et *baiboho***



**Sols riches de *tanety* non compactés sur volcanisme récent (sans culture de contre-saison)**



# Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

## 2. Pourquoi recommander ces associations

### 2.1. Intérêts agronomiques de l'association

Ces systèmes présentent de nombreux intérêts :



Saison suivante



Saison suivante



Saison suivante

Saison suivante

- production d'une forte biomasse aérienne et racinaire (y compris pendant la saison sèche);
- couverture rapide du sol: contrôle des adventices (en particulier du *Striga asiatica* dans le Moyen-Ouest et le Sud-Ouest) et de l'érosion;
- bonne couverture végétale, qui permet très souvent une mise en culture l'année suivante sans utilisation d'herbicide dans la plupart des régions (mis à part dans les climats semi-arides où l'obtention d'une biomasse suffisante est parfois difficile);
- facilité de mise en œuvre et de reprise pour la culture suivante (deux plantes annuelles qui meurent en saison sèche);
- bonne restructuration du sol;
- apport d'azote par la légumineuse;
- dégradation rapide du mulch de légumineuse et lente de la graminée: pas de blocage d'azote et alimentation continue de la culture suivante en éléments minéraux;
- remobilisation des éléments minéraux par la légumineuse à cycle long en saison sèche;
- bon précédent, pour la culture du riz pluvial ou du cotonnier;
- réduction des risques en cas de conditions climatiques difficiles ou d'attaques d'insectes (sensibilité différente des deux plantes à ces stress).

### 2.2. Rentabilité économique



Saison suivante

- production de deux cultures la même année sans affecter le rendement du maïs, ce qui rend ces systèmes très intéressants économiquement parlant, en particulier sur les sols riches où l'engrais n'est pas indispensable;
- gains considérables sur les coûts de main d'œuvre dès l'année suivante (préparation de la parcelle sans labour et forte réduction des temps de désherbage grâce à la forte biomasse qui contrôle les adventices);
- limitation du risque de perte totale de la récolte grâce à l'association de deux cultures, ce qui est particulièrement intéressant dans les zones où des attaques de criquets peuvent arriver, la légumineuse assurant une production.



*Production de Vigna umbellata après destruction totale du maïs par les criquets Sud - Ouest*

### 2.3. Place dans les systèmes de culture et cultures possibles après ces associations

Ces associations peuvent être installées après n'importe quelle culture en semis direct ou en année «zéro» après labour. Grâce à la forte production de biomasse, l'association d'une céréale et d'une légumineuse (fixatrice d'azote), ces associations permettent un enrichissement et la restructuration du sol. Elles sont excellentes pour amorcer la "pompe" du semis direct et sont en particulier de très bons précédents pour les cultures de riz pluvial et de cotonnier. Elles peuvent également se répéter d'année en année (l'association rompant la monoculture). Il est d'ailleurs très intéressant de conduire ce type d'association deux fois de suite pour installer des systèmes en semis direct dans des conditions optimales. Il faut toutefois alterner la légumineuse associée pour éviter le développement de maladies, en particulier pour le niébé qui peut être fortement attaqué (lac Alaotra). Il faut également éviter de cultiver le maïs sur un paillage de sorgho, surtout si la production de la légumineuse a été faible.

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

### 3. Exigences et contraintes de ces associations

Les contraintes de ces associations sont relativement faibles :

- le traitement insecticide est indispensable sur la légumineuse pour obtenir une production de grains (on peut par contre s'en passer si on cultive la légumineuse uniquement pour la biomasse);
- la fertilisation est indispensable sur sols pauvres (et la rentabilité aléatoire dans ces conditions);
- il est nécessaire de bien maîtriser l'itinéraire technique pour éviter la compétition entre plantes (en particulier durant les premiers mois de culture): risque d'étouffement de la céréale par la légumineuse volubile si elle n'est pas maîtrisée ou que la céréale se développe mal (fertilité trop faible), risque de faible développement de la légumineuse si elle est trop rapidement dominée par la céréale, etc.;
- le temps de travail est important pour la récolte de la légumineuse (en particulier pour le *Vigna umbellata* si on le récolte gousse par gousse) et pour celle de la céréale si la légumineuse s'est fortement développée et rend difficile l'accès aux épis;
- la présence d'une légumineuse en végétation en saison sèche peut attirer les animaux qui, si la parcelle n'est pas protégée, risquent d'enlever toute la biomasse aérienne. On se retrouve alors avec une faible biomasse résiduelle au moment du semis, ce qui compromet la remise en culture en SCV l'année suivante;
- la décomposition relativement rapide d'une partie importante de la biomasse (la légumineuse), en particulier en climat chaud et humide, peut conduire à une maîtrise limitée des adventices dans la culture suivante si celle-ci ne couvre pas rapidement le sol.



*Dolique fortement développée avant récolte du maïs (ne nuit pas au rendement à ce stade de développement mais augmente le temps de récolte du maïs)*

### 4. Risques d'échec et alternatives

Cette association est relativement simple à mettre en place et les risques d'échecs sont limités quand elle est bien conduite. Les risques principaux sont liés aux vols (contrainte qui n'est pas propre à ces associations) et aux aléas climatiques. Les risques de sécheresse sont relativement limités par l'enracinement profond en SCV. La bonne porosité des sols sous SCV réduit également le risque d'engorgement prolongé. Le principal risque climatique se limite à un passage de cyclone avec pluies et vents forts, à une période très défavorable (floraison).

En cas de production de biomasse insuffisante, la remise en culture la saison suivante peut se faire en reconduisant cette association qui tolère un relatif manque de biomasse (en particulier pour le contrôle des adventices) ou en concentrant la biomasse disponible sur une partie de la parcelle (le reste de la parcelle étant reconduit en culture après labour pour préparer le semis direct). Concernant la conduite, la principale difficulté réside dans la gestion de l'association, avec en particulier un risque que la légumineuse associée entre en compétition avec la céréale. Ce risque se gère avant tout lors du semis. Il est aussi possible de rattraper des erreurs à ce niveau par un contrôle en végétation de la légumineuse (action mécanique de préférence).

### 5. Comment choisir la céréale

Le maïs a en général la préférence des paysans et offre de meilleures opportunités de commercialisation. Le sorgho a cependant des intérêts marqués : sa moindre exigence sur le plan de la fertilité, ses plus faibles besoins en eau et sa meilleure résistance à la sécheresse. Dans des conditions climatiques limitées en eau, avec risque de sécheresse important, le sorgho réduit ainsi le risque de faible production. La biomasse produite est en général supérieure à celle du maïs, et elle se décompose moins vite. Enfin son aptitude à contrôler les adventices par effets allélopathiques peut être très intéressante dans certaines situations (infestation par *Cyperus rotundus* en particulier).

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile



*Vigna umbellata après récolte du maïs  
Moyen-Ouest*

### 6. Comment choisir la plante associée

Ces trois légumineuses (dolique, niébé et *Vigna umbellata*) ont des caractéristiques proches. Le choix par le paysan s'effectue principalement en fonction de ses préférences alimentaires et des possibilités de commercialisation (prix et débouchés).

Quelques autres critères sont aussi à prendre en compte :

- le niébé supporte le mieux des conditions de forte humidité ;
- la dolique est la mieux adaptée à la sécheresse grâce à la puissance de son système racinaire, alors que le *Vigna umbellata* supporte très mal une forte sécheresse de fin de saison des pluies sur colline ;
- sur *baiboho*, la dolique qui reste verte très longtemps en saison sèche assure la plus forte production de biomasse (intérêt pour la maîtrise de l'enherbement sur la culture suivante) ;
- le *Vigna umbellata* demande un temps de récolte supérieur aux deux autres mais procure souvent un meilleur revenu ;
- le *Vigna umbellata* ne pousse pas sur sol battant nu (par contre le paillage permet sa culture sur des sols de ce type) ;
- le *Vigna umbellata* demande en général moins de traitements insecticides que la dolique ou le niébé pour assurer une production de grain ;

### Alternative

Il est également possible d'utiliser comme légumineuse la mucuna (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) qui a un fort pouvoir de fixation d'azote, mais demande des sols relativement riches, non compactés et qui a les inconvénients de produire une biomasse qui se décompose rapidement et surtout de ne pas produire de grains comestibles. Les graines, après cuisson, peuvent cependant être utilisées pour l'alimentation des porcs.

- le niébé est plus sensible que les autres à des maladies (bactériose), surtout s'il est souvent répété dans les systèmes, et en particulier au lac Alaotra ;
- les tiges de la dolique, ligneuses, se décomposent moins vite que celles du niébé ou du *Vigna umbellata*, ce qui permet de maintenir une biomasse importante sur le sol plus longtemps.

Il est aussi possible et très intéressant d'associer deux de ces légumineuses à une céréale, comme dans les système Maïs + niébé + dolique développé par les paysans au lac Alaotra, qui permet en particulier de limiter les risques en cas de maladie sur une des légumineuses.

## 7. Les itinéraires techniques

### 7.1. La préparation de la parcelle

La préparation de la parcelle est avant tout fonction de son état initial (compaction, battance, végétation en place, etc.). Elle s'effectue comme présenté dans le Volume II. Chapitre 2 de ce manuel («Le choix des itinéraires techniques»), soit avec travail du sol (année «zéro» de préparation des SCV), soit après préparation d'une couverture végétale morte (systèmes installés en semis direct sur couverture végétale permanente).

Dans tous les cas, la parcelle doit être maintenue plane, sans buttage (qui n'est pas nécessaire et qui gêne la mise en place en semis direct l'année suivante).

### 7.2. Le semis

#### Date de semis et variété

#### • Le Maïs

#### - Variété

Pour les zones où ces associations sont les plus recommandées (moyenne altitude et climat semi-aride), 6 variétés intéressantes sont disponibles. Elles sont toutes de couleur jaune-orange



## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

et dans ces milieux, elles ont toutes un cycle de 120 jours environ du semis à la maturité:

- \* IRAT 200 est une vieille variété appréciée pour sa rusticité, également recommandée pour un climat tropical humide (Sud-Est);
- \* IRAT 340 est résistant à la sécheresse et donc intéressant pour les zones semi-arides, mais est sensible à la virose (Yellow Strike Virus);
- \* CIRAD 412 a des caractéristiques très proches de l'IRAT 340 et a l'avantage d'être résistant à cette virose;
- \* OC 202 est lui aussi intéressant pour sa résistance à la sécheresse;
- \* EMGOPA 501 est intéressant pour une agriculture intensive, avec fertilisation (haut rendement potentiel);
- \* BR 106 est intéressant à moyenne altitude.

### - Date de semis

Dans un **climat semi-aride** (Sud-Ouest):

\* sur *tanety*, il faut semer dès que possible. Les risques d'échec de la culture augmentent fortement avec un semis après le mois de décembre. Un semis à sec avant les premières pluies est possible, avec le risque cependant d'une levée irrégulière.

\* sur rizières en contre-saison, il faut également semer dès que possible après la récolte du riz, sur sol ressuyé.

En **moyenne altitude**, avec longue saison sèche (Lac Alaotra ou Moyen Ouest), le maïs doit être semé dès les premières pluies utiles sur un sol suffisamment humide pour assurer les besoins en eau de la plante les deux ou trois premières semaines.

Sur *baiboho*, il est possible de semer tôt (humectation rapide du sol) mais il existe un risque d'engorgement en cas de semis tardif. Il faut donc éviter de semer après le 15 janvier.

Sur collines, au Lac Alaotra, les rendements chutent rapidement pour des semis effectués après fin décembre et il faut impérativement semer avant le 5-10 janvier. Dans le Moyen-Ouest, les semis doivent se faire plus tôt, les risques de sécheresse en fin de cycle devenant trop importants pour des semis après fin décembre.

En **altitude élevée** (Hautes terres) où les conditions de température sont limitantes, la variété la plus utilisée est la variété locale Tombotsoa (cycle de 5 mois environ dans cette écologie). Elle doit être semée dès les premières pluies utiles, et au plus tard le 15 novembre (pour éviter les basses températures en fin de cycle, en particulier à la floraison).

Dans un **climat tropical humide** (Sud-Est), les contraintes climatiques sont moindres. Il est cependant préférable d'éviter la période cyclonique. Il est donc conseillé de semer le maïs dès la récolte du riz pluvial sur les *tanety*.

### • Le sorgho

Trois variétés de sorgho sont proposées, à semer comme le maïs le plus tôt possible dans les climats semi-arides:

\* BF 80 (= IRAT 376, originaire du Burkina Faso), un sorgho de type Guinea, avec panicule ouverte et grain blanc de qualité, sucré (ce qui en fait une variété très appréciée par les oiseaux!). A noter que cette variété de cycle relativement court (110 jours environ) est photopériodique dans les conditions du Sud-Ouest Malgache.

\* IRAT 202 et IRAT 203, variétés aux entre-noeuds resserrés et qui restent donc beaucoup plus courtes que BF 80 (tout en produisant une biomasse importante) et aux panicules



Maïs (CIRAD 412) + niébé  
avec semis précoce  
(photo: Rakotondramanana)



Sorgho BF 80  
+ niébé  
Sud - Ouest

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

fermées. Elles sont également photopériodiques (cycle de 120 jours environ) et ne peuvent être cultivées qu'en saison des pluies. L'IRAT 203 se caractérise par son taux très élevé en protéines (plus de 15%).

### • La légumineuse associée

Que ce soit de la dolique, du niébé de cycle long ou du *Vigna umbellata*, la plante associée doit généralement être semée en même temps que le maïs ou le sorgho, surtout dans les milieux avec longue saison sèche (un semis trop tardif ne lui permet pas de s'installer correctement avant la saison sèche). Dans certaines situations (faible fertilité des sols en particulier) il peut parfois être nécessaire de décaler le semis de la légumineuse associée de quelques semaines, en particulier pour le *Vigna umbellata* (mais très rarement pour le niébé ou la dolique qui risqueraient alors de produire très peu). Dans ce cas, il est recommandé de semer en doubles rangs (pour laisser plus de lumière à la plante de couverture). Si la légumineuse associée est de la mucuna, il est en général préférable de décaler le semis de quelques semaines.

Pour la dolique, trois variétés sont diffusées :

\* la dolique à graine marron, qui a une première fructification précoce, permet de faire deux à trois récoltes, mais produit une biomasse plus faible que les autres variétés.

\* la dolique à graine blanche, qui a une première fructification tardive, ne permet que deux récoltes (première récolte après 145 jours, dernière jusqu'à 205 jours), voire même une seule si le semis n'est pas précoce. Elle produit une forte biomasse et est très appréciée pour ses qualités gustatives.

\* la dolique à graine marbrée qui elle aussi produit une forte biomasse et fructifie tardivement (récolte entre 140 et 195 jours). Elle ne produit deux récoltes que si elle est semée tôt.

Quatre variétés de niébé à cycle long sont utilisées :



Niébé "David"  
à cycle court

\* **SPLM 1**, variété volubile au grain rose, avec une première fructification tardive (2 fructifications maximum, première récolte après 115 jours dans les conditions du Lac Alaotra à moyenne altitude) mais une très forte production de biomasse.

\* **SPLF 2**, également volubile, au grain blanc, qui a une première fructification plus précoce (ce qui permet jusqu'à trois fructifications, avec récolte à partir de 100 jours à altitude moyenne) mais une biomasse plus faible que SPLM 1.

\* une variété **locale de Morondava**, avec des caractéristiques proches de celles de SPLF 2 mais un grain rose ou rouge et une première fructification plus tardive (115 à 120 jours à altitude moyenne).

\* **CNC 870-7E**, volubile également, avec un grain rose-marron, une fructification précoce (jusqu'à trois fructifications possibles, première récolte possible après 100 jours à altitude moyenne) et une forte production de biomasse.

Une seule variété à cycle court est utilisée, le **DAVID**, variété érigée aux fleurs violettes, avec un cycle de 4 mois (première récolte à partir de 85 jours à altitude moyenne). Elle très appréciée dans le Sud-Est et c'est la seule variété diffusable sur les Hautes terres, en attendant la multiplication de variétés très intéressantes comme CNC 792-17 E, CNC 796-9 E et CNC 796-10 E en provenance du Brésil.

Une seule variété de *Vigna umbellata* est utilisée pour l'altitude moyenne: *Tsirovoala*, une variété au grain marron-vert, de cycle long, qui produit une forte biomasse mais fructifie tardivement (première récolte après 130 jours au Lac Alaotra) et ne permet que 2 fructifications. Son cycle relativement long fait que cette variété peut avoir des difficultés à finir son cycle en cas d'arrêt précoce des pluies, en particulier si le semis est réalisé tardivement.

Une variété locale de Tulear est proposée pour les climats semi-arides, capable de terminer son cycle (100-120 jours à basse altitude) malgré la très courte saison des pluies.

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

Des espèces/variétés à fructification précoce permettent d'obtenir plus rapidement des premiers revenus, et une production supérieure en cas de troisième récolte. Par contre, la production de biomasse sur une période plus courte peut réduire la biomasse totale produite, et l'arrêt précoce de la production peut poser un problème si la parcelle n'est pas remise en culture rapidement (décomposition rapide du mulch et risque de mauvais contrôle des adventices pour la culture suivante, surtout en milieu tropical humide).

### Comment semer

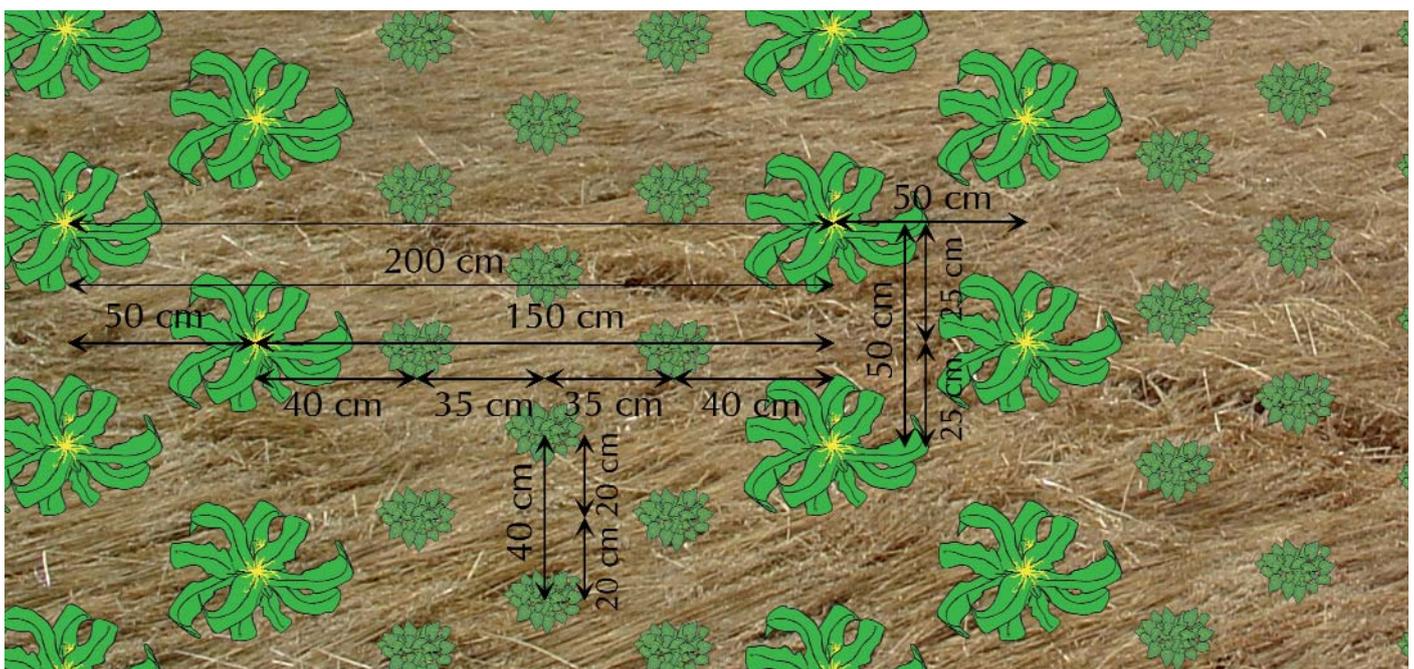
#### **• La densité de semis et l'agencement des plantes dans l'espace**

L'association céréale + légumineuse peut se faire selon deux principes : en simples rangs ou en doubles rangs. Le semis en doubles rangs est proposé en priorité car pour un rendement en maïs équivalent, il permet une production en biomasse et en grains de la légumineuse supérieure à celle obtenue en simples rangs. Cependant, l'installation d'une céréale (comme le riz) ou de cotonnier l'année suivante, et surtout la gestion de l'azote pour ces cultures, sont plus difficiles après un maïs+légumineuse en doubles rangs qui induit une hétérogénéité. Il existe un risque important de blocage d'azote sur les anciens doubles rangs de maïs ou de sorgho alors qu'au contraire, l'azote est très disponible sur les anciens rangs de légumineuse. Ce problème ne se pose pas si on répète l'association maïs ou sorgho + légumineuse l'année suivante : il suffit alors de permuter les cultures, en semant la céréale sur les anciens rangs de légumineuse, et inversement, la légumineuse sur les anciens rangs de céréale.

Le semis en simples rangs est légèrement plus facile à installer mais produit une couverture plus faible. Cette couverture est cependant plus homogène, ce qui peut en conséquence faciliter l'installation et la conduite de la culture suivante, en particulier pour du riz ou du cotonnier (pour une nouvelle association maïs ou sorgho + légumineuse, on peut là aussi alterner les lignes de céréales et de légumineuses d'une année sur l'autre).

#### - Doubles rangs :

Semis du maïs ou du sorgho en poquets sur deux lignes espacées de 0,5 mètre tous les deux mètres (soit 1,5 m. et 0,5 m. en alternance entre deux rangs de maïs), poquets espacés de 0,5 mètre sur la ligne, en quinconce. Semer 2 grains par poquet pour le maïs avec des semences de qualité à taux de germination élevé ; 3 à 4 grains par poquet puis démarriage à deux pieds par poquet en cas de doute sur la qualité des semences de maïs. Semer 3 à 4 grains par poquet puis démarier à deux pieds par poquet pour le sorgho.



Espacement et agencement des plantes pour un semis en doubles rangs.

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile



*Sorgho + Vigna umbellata. Semis en doubles rangs Sud-Ouest*

Semis des légumineuses en poquets (deux grains par poquet pour la dolique ou le niébé, 4 à 5 grains par poquet pour le *Vigna umbellata*) sur trois lignes espacées de 0,35 mètre dans les interlignes du maïs (à 0,4 mètre des lignes de maïs). Poquets espacés de 0,4 mètre sur les lignes, de préférence disposés en quinconce. Il est possible de semer la dolique à une densité plus faible (0,5 m entre les poquets sur la ligne). Dans le cas de l'association maïs + niébé + dolique, au lieu de trois lignes de niébé, installer une ligne de dolique entre deux lignes de niébé, intercalées entre deux doubles rangs de maïs.

La densité de semis du maïs en double rangs est ainsi de 20 000 poquets/ha, soit 40 000 grains par hectare (à 2 grains par poquet, avec des semences de qualité), c'est à dire de 15 à 20 kg/ha suivant le poids des grains.



*Maïs + dolique. Semis en doubles rangs Lac Itasy*

La légumineuse est semée entre les doubles rangs de maïs à 37 500 poquets/ha soit 75 000 grains/ha pour la dolique ou le niébé (environ 10 à 12 kg/ha) et 150 000 à 180 000 grains/ha pour le *Vigna umbellata* (8 à 10 kg/ha).

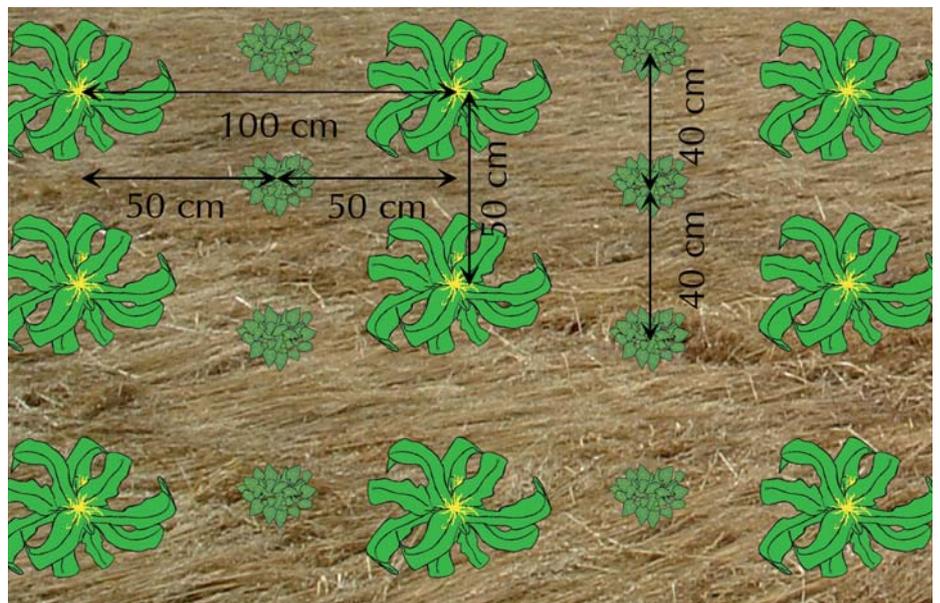
- **Simples rangs:** Semis du maïs ou du sorgho en poquets sur des lignes espacées de 1 mètre, poquets espacés de 0,5 mètre sur la ligne. Semer 2 grains par poquet pour le maïs avec des semences de qualité à taux de germination élevé; 3 à 4 grains par poquet et prévoir un démariage à deux pieds par poquet en cas de doute sur la qualité des semences de maïs. Semer 3 à 4 grains par poquet puis démarier à deux pieds par poquet pour le sorgho.

Semis des légumineuses en poquets (2 grains par poquet pour la dolique ou le niébé, 4 à 5 grains par poquet pour le *Vigna umbellata*) sur une ligne entre deux lignes de maïs, poquets espacés de 0,4 mètre sur la ligne (possibilité d'augmenter l'espacement à 0,5 m pour la dolique). Dans le cas d'une variété de niébé de cycle court, érigée (qui couvre peu), installer deux lignes de niébé espacées de 30 à 40 cm entre deux rangs de maïs.

pacement à 0,5 m pour la dolique). Dans le cas d'une variété de niébé de cycle court, érigée (qui couvre peu), installer deux lignes de niébé espacées de 30 à 40 cm entre deux rangs de maïs.



*Maïs + dolique. Semis en simples rangs Lac Alaotra (Photo: Rakotondramanana)*



**Espacement et agencement des plantes pour un semis en simples rangs**

## Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

La densité de semis du maïs en simples rangs est la même qu'en doubles rangs: 20 000 poquets/ha, soit 40 000 grains par hectare (à 2 grains par poquet, avec des semences de qualité), c'est à dire de 15 à 20 kg/ha suivant le poids des grains.

En simples rangs, la légumineuse est semée à 25 000 poquets/ha soit 50 000 grains/ha pour la dolique ou le niébé (7 à 8 kg/ha) et à 100 000 à 125 000 grains/ha pour le *Vigna umbellata* (6 à 8 kg/ha).

- **En cas de fertilité faible** (sols pauvres ou dégradés, sans apport d'engrais) ou de **conditions climatiques très limitantes** pour l'eau, il est recommandé de baisser les densités de semis, en particulier pour le maïs. Deux options sont possibles:

\* *Ecarter les poquets de maïs sur la ligne*: Sur des lignes espacées de 1 mètre, semer avec 1 mètre entre poquets sur la ligne et 3 à 4 grains par poquets (puis démarrage à deux pieds par poquet).

Semer la légumineuse sur une ligne entre deux lignes de maïs, poquets espacés de 0,4 mètre sur la ligne (possibilité d'augmenter l'espacement à 0,5 m. pour la dolique) et intercaler sur les lignes de maïs un poquet de légumineuse entre deux poquets de maïs.

La densité de poquets de maïs est divisée par deux par rapport à la densité "normale" (10 000 poquets/ha; 20 000 pieds/ha) mais le nombre de grains par poquet étant plus élevé, le nombre de grains semés par hectare est de 30 000 à 40 000, soit 12 à 17 kg/ha.

La légumineuse est alors semée plus dense, à 35 000 poquets/ha soit 70 000 grains/ha pour la dolique ou le niébé (10 à 11 kg/ha) et à 140 000 à 175 000 grains/ha pour le *Vigna umbellata* (8,5 à 11 kg/ha).

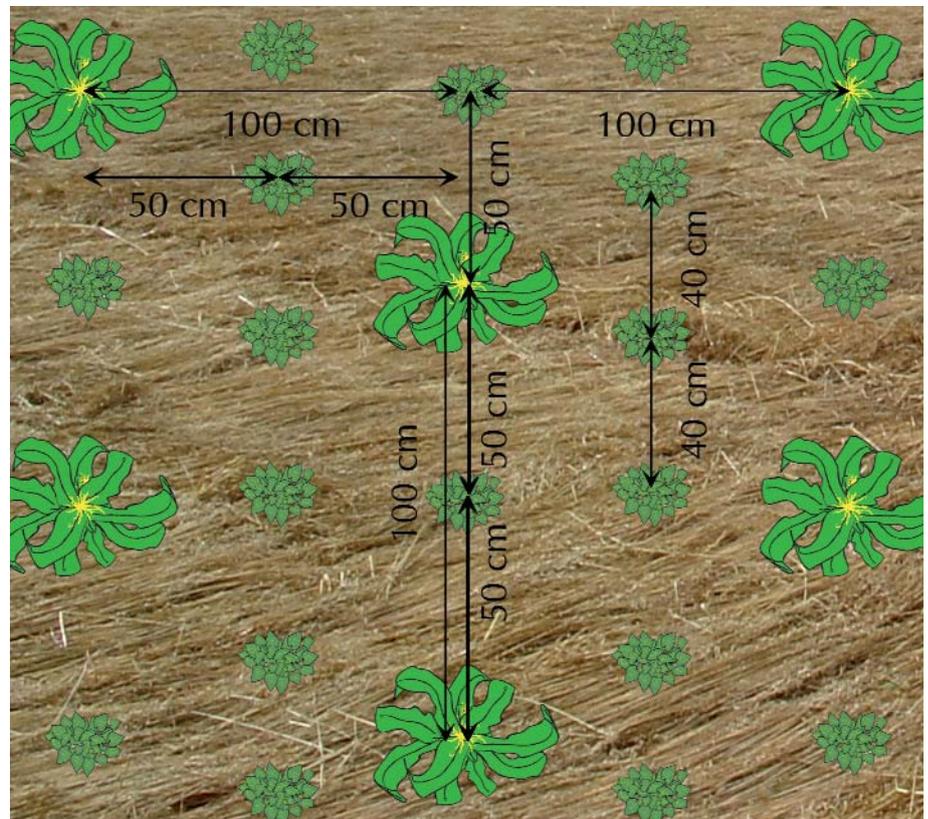
\* *Ecarter les lignes*: Sur des lignes espacées de 1,5 mètre, semer avec 0,5 mètre entre poquets sur la ligne et 3 à 4 grains par poquet (puis démarrage à deux pieds par poquet).

Semer la légumineuse sur une ligne entre deux lignes de maïs, poquets espacés de 0,4 mètre sur la ligne (possibi-

*Maïs + niébé. Semis en simples rangs à faible densité de maïs Sud - Ouest (Photo: K. Naudin)*



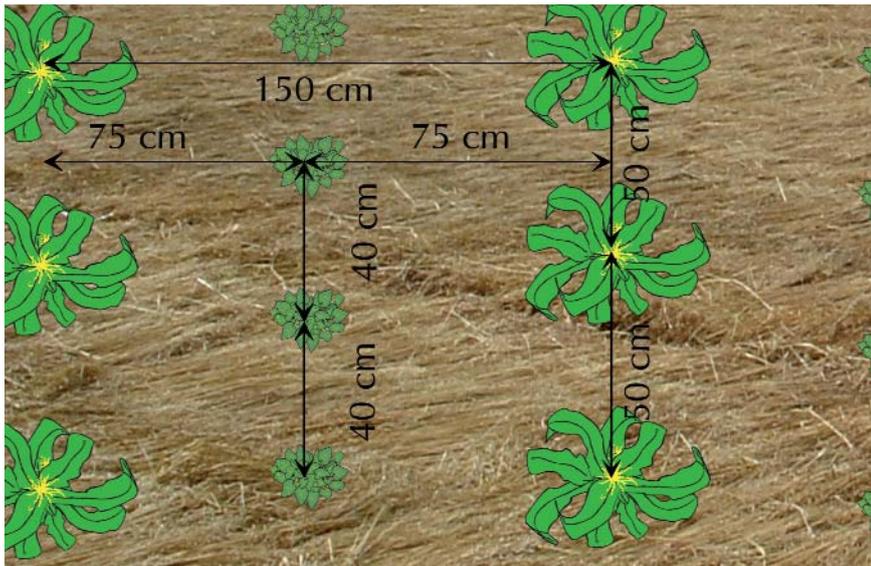
*Maïs + niébé. Semis en simples rangs  
Lac Alaotra (Photo: Rakotondramanana)*



**Espacement et agencement des plantes pour un semis en simples rangs à faible densité**



## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile



lité d'augmenter l'espacement à 0,5 mètre pour la dolique).

La densité de semis du maïs est dans ce cas de 13 300 poquets/ha, soit 26 600 pieds/ha. Le nombre de grains par poquet étant plus élevé, le nombre de grains semés par hectare est de 40 000 à 53 000, soit 17 à 22 kg/ha.

La légumineuse est alors semée elle aussi à une densité plus faible de 16 700 poquets/ha soit 35 000 grains/ha environ pour la dolique ou le niébé (5 à 6 kg/ha) et à 70 000 à 80 000 grains/ha pour la *Vigna umbellata* (4,5 à 5,5 kg/ha).

### • Le traitement des semences

En fonction de la pression des insectes, il peut être nécessaire de traiter les semences de maïs ou de sorgho à l'imidaclopride + thirame (produit commercial Insector, beaucoup moins cher que le Gaucho) à la dose de 2,5 à 5 g de produit commercial (soit 0,9 à 1,75 gramme d'imidaclopride) par kilogramme de semences, pour lutter contre les *Heteronychus*. C'est en général le cas au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest. C'est également le cas dans le Sud-Ouest pour des semis relativement tardifs (alors qu'un semis précoce permet en général de se passer de traitement dans cette zone). Ce traitement est particulièrement recommandé en cas d'apport de fertilisation, pour assurer la rentabilité de l'investissement en engrais.

Le coût du traitement du maïs est d'environ 7 000 Ariary/ha (pour 20 kg/ha de semences), soit l'équivalent de moins de 20 kg de maïs par hectare. Cela correspond à moins de 2% du coût de l'engrais pour une fertilisation moyenne.

Il est également recommandé de traiter les légumineuses avec 1,8 à 4 g de Thirame®/kg de semences (2 à 5 g/kg de Calthir PM par exemple) pour éviter la « fonte des semis » (maladie fongique), et ce d'autant plus que le coût du traitement est très faible : moins de 700 Ariary/ha (pour 10 kg/ha de semences), soit l'équivalent de moins de 2 kg de maïs par hectare.

### 7.3. La fertilisation

Le maïs est une culture exigeante qui suppose, pour atteindre des rendements corrects et pour produire suffisamment de biomasse pour amorcer la « pompe » des SCV, une fertilisation minérale en supplément ou non de la fumure organique ou de l'écobuage.

Les tableaux suivants donnent les niveaux de fertilisation recommandés par zone et type de sol, avec une estimation des rendements espérés. Ces rendements estimés sont ceux qu'on peut raisonnablement espérer obtenir les premières années de culture. Avec l'amélioration des conditions par des SCV bien conduits, ces rendements augmentent les années suivantes.

Le niveau de fertilisation se raisonne (cf. Volume II Chapitre 2 de ce manuel) en fonction de la fertilité initiale des sols, du précédent cultural (apport d'azote par les légumineuses), de l'objectif de production et du risque (essentiellement climatique, mais aussi les attaques d'insectes, d'oiseaux, les vols, etc.). Le risque de stress hydrique diminue avec les années de semis direct (augmentation de la vitesse d'enracinement et accroissement de la profondeur d'enracinement des cultures, amélioration de la porosité et réduction du ruissellement, et par conséquent augmentation de la réserve utile en eau).

Les niveaux de fertilisation proposés sont ceux nécessaires pour un démarrage des systèmes en SCV et peuvent être progressivement baissés (tout en faisant attention à compenser les exportations par les grains qui augmentent avec l'amélioration des sols et des rendements).



# Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

## Niveaux de fertilisation recommandés et espérance de rendement pour les systèmes Maïs + légumineuse associée

(dans de bonnes conditions de culture : semis précoce, qualité et traitement des semences, contrôle des adventices, etc.)

### Climat de moyenne altitude (600 - 1 100 m.)

Type de sol	Besoin en fertilisation	Niveau de fertilisation	Fumier (t/ha)	NPK (au semis) kg/ha	Urée (au semis) kg/ha	Urée (Début floraison mâle) kg/ha	Coût de la fertilisation			Espérance de rendement (kg/ha)		
							(Ariary/ha)	(Euros/ha)	(kg maïs/ha)	Maïs	Légumineuse	
Sols "moyennement riches" de <i>tanety</i> non compactés		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	0	0	1 000 - 1 500	700
		Moyen	3 - 5	150	0	75	364 500	138	1 215	1 215	4 000 - 4 500	1 000
		Fort	3 - 5	300	0	100	664 000	250	2 213	2 213	> 5 000	> 1 500
Sols exondés, bourrelets de berge et <i>baibo</i>		Zéro	0	0	0	0	0	0	0	0	1 500 - 2 000	700
		Moyen	0	0	50	120	221 000	83	737	737	4 500 - 5 000	1 000
		Fort	0	300	0	100	664 000	250	2 213	2 213	> 6 000	> 2 000
Sols "pauvres" en deuxième année après enrichissement		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	0	0	300 - 500	300
		Moyen	3 - 5	150	0	75	364 500	138	1 215	1 215	2 000 - 3 000	700
		Fort	3 - 5	300	0	100	664 000	250	2 213	2 213	3 000 - 4 000	> 1 200

Bases de calcul: Prix relevés au Lac Alaotra en septembre 2010: Urée: 1 300 Ariary/kg; NPK (11-22-16) = 1 780 Ariary/kg ; Maïs: 300 Ariary/kg.

### Climat sub-tropical d'altitude (> 1200 m.)

Type de sol	Besoin en fertilisation	Niveau de fertilisation	Fumier t/ha	NPK (au semis) kg/ha	Urée (Début floraison mâle) kg/ha	Coût de la fertilisation			Espérance de rendement (kg/ha)			
						(Ariary/ha)	(Euros/ha)	(kg maïs/ha)	Maïs	Légumineuse		
Sols «moyennement riches» de <i>tanety</i> non compactés, bourrelets de berge et <i>baibo</i>		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	0	0	500 - 1 000	200 - 500
		Moyen	3 - 5	150	75	427 500	161	1 070	1 070	2 500 - 3 000	500 - 700	
		Fort	3 - 5	300	100	760 000	287	1 900	1 900	4 000 - 5 000	700 - 1 000	

Bases de calcul: Prix relevés sur les Hautes terres en septembre 2010: Urée: 1 900 Ariary/kg; NPK (11-22-16) = 1 900 Ariary/kg; Maïs: 400 Ariary/kg.

Les niveaux de fertilisation en gris ne sont pas recommandés car risqués et peu rentables.

1 euro = 2650 Ariary

# Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

## Climat semi-aride (< 500 m)

Type de sol	Besoin en fertilisation	Niveau de fertilisation	Fumier t/ha	NPK (au semis) kg/ha	Urée (Début floraison mâle) kg/ha	Coût de la fertilisation			Espérance de rendement en première année (kg/ha)	
						(Ariary/ha)	(Euros/ha)	(kg maïs/ha)	Maïs	Légumineuse
Sols ferrugineux tropicaux moyennement riches (vertiques)		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	800 - 1 200	200
		Moyen	3 - 5	100	75	332 500	125	831	2 500 - 3 000	300 - 500
		Fort	3 - 5	200	100	570 000	215	1 425	3 000 - 3 500	500 - 700
Sols ferrugineux tropicaux		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	500 - 700	0 - 200
		Moyen	3 - 5	100	75	332 500	125	831	2 000 - 2 500	200 - 400
		Fort	3 - 5	200	100	570 000	215	1 425	2 500 - 3 000	400 - 600

Une fertilisation forte n'est pas recommandée dans ces milieux à risques élevés.

Pour le sorgho, les niveaux de fertilisation proposés sont les mêmes, avec une espérance de rendement de 1 500 kg/ha avec une fertilisation moyenne et plus de 2 500 kg/ha pour la fertilisation forte (et 500-800 kg/ha sans engrais).

## Climat tropical humide (< 500 m)

Type de sol	Besoin en fertilisation	Niveau de fertilisation	Fumier t/ha	NPK (au semis) kg/ha	Urée (Début floraison mâle) kg/ha	Coût de la fertilisation			Espérance de rendement en pre- mière année (kg/ha)	
						(Ariary/ha)	(Euros/ha)	(kg maïs/ha)	Maïs	Légumineuse
Sols moyenne- ment riches de tanety non hydro- morphes		Zéro	0	0	0	0	0	0	0 - 500	0 - 200
		Moyen	0	150	75	427 500	161	1 070	2 000 - 3 000	400 - 600
		Fort	0	300	100	760 000	287	1 900	3 000 - 3 500	500 - 700

\*Les niveaux de fertilisation en gris ne sont pas recommandés.

Bases de calcul: Engrais (urée ou NPK): 1 900 Ariary/kg; Maïs: 300 Ariary/kg. 1Euro = 2650 Ariary

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

Ces niveaux correspondent aussi à des niveaux de fertilisation pour un semis effectué dans les temps, avec des semences de qualité, traitées contre les insectes en cas de besoin. En effet, la fertilisation ne peut être rentable qu'avec un bon contrôle des mauvaises herbes et des insectes.

En cas de semis tardif (et ce d'autant plus que l'on se rapproche des dates butoir de semis) les rendements espérés sont plus faibles et les risques d'échec de la culture plus importants. Il est préférable dans ce cas de réduire le niveau de fertilisation, voire de ne pas apporter d'engrais chimique, quitte à changer de culture et de système. Les apports en cours de végétation peuvent et doivent aussi être modulés en fonction de la situation. On peut les augmenter si la culture se déroule bien mais qu'on observe des signes de carence. A l'inverse, si des problèmes particuliers ont limité fortement le potentiel de production (mauvais contrôle des adventices, attaques d'insectes, etc.), il est préférable de réduire la fertilisation en végétation, voire même de la supprimer.

Il faut également respecter les périodes d'apport des engrais, faute de quoi le risque d'en voir l'efficacité et la rentabilité baisser fortement est élevé. Les périodes d'application proposées sont celles pour une récolte du maïs en grains secs. Pour une récolte en vert, l'apport de fertilisants à la floraison mâle est trop tardif et doit être soit avancé, soit supprimé.

Sur sols de basse fertilité (sols ferrallitiques relativement dégradés, sols ferrugineux tropicaux, etc.), la rentabilité de l'engrais est plus faible (et le risque d'échec plus élevé) que sur des sols riches, bien structurés (*baiboho*, etc.). Il faut cependant éviter d'y appliquer des doses d'engrais faibles qui ne permettent pas d'augmentation sensible du rendement et sont très mal rentabilisés. Il est préférable de proposer :

- soit de prendre le risque d'apporter une fertilisation forte à ceux qui peuvent se le permettre, en sachant que la rentabilité sera souvent faible mais que l'on préparera ainsi une biomasse suffisante pour cultiver en SCV dans de bonnes conditions l'année suivante,
- soit de remplacer le maïs par une autre culture moins exigeante si on ne veut pas fertiliser : En effet, sans engrais l'espérance de production du maïs est très faible. Dans de telles conditions, cet itinéraire technique valorise mal la journée de travail et ne permet pas la production d'une biomasse suffisante pour cultiver en SCV l'année suivante.

Dans tous les cas, sur paillage de graminées, un apport d'azote est obligatoire. Il faut compléter la fertilisation pour avoir au minimum 50 unités d'azote au semis et surveiller très précautionneusement toute apparition éventuelle de symptômes de carence en azote après 15 - 20 jours (faire un apport supplémentaire si nécessaire).

Enfin, il est préférable d'apporter la fertilisation N-P-K en plein sur la parcelle (et non pas localisée sur la céréale) afin d'en faire bénéficier également la légumineuse (par contre l'urée sera localisée au pied du maïs). La rentabilité de la fertilisation est alors améliorée par les gains de rendements de la légumineuse.

### Les exportations par ces systèmes

Ces systèmes exportent en général peu d'azote, la fixation par la légumineuse compensant les exportations par les grains. Cependant, en cas de très forte production de la céréale et/ou faible développement de la légumineuse, un apport d'azote est nécessaire pour compenser les pertes, sachant qu'une tonne de grains de maïs exporte environ 20 kg de N.

Le phosphore et le potassium exportés doivent être compensés par un apport de fertilisation, à hauteur de 3,5 kg de P et 3,5 kg de K par tonne de maïs (grains) et 5 kg de P et 10 kg de potasse par tonne de la légumineuse (graines).

En cas d'exportation des pailles (pour les animaux), il est nécessaire de compenser également ces pertes, en particulier pour la potasse (plus de 20 kg par tonne de paille de maïs) et l'azote (15 kg par tonne), mais aussi le phosphore (1,5 kg par tonne).

Ainsi, 4 tonnes de maïs (grains) + 1 tonne de dolique exportent environ 150 kg d'azote (dont 100 peuvent être fixés par la légumineuse), 20 kg de P et 25 kg de K, ce qui correspond au final à 200 kg de N-P-K (11-22-16) et 50 à 100 kg d'urée.



Effet de la fertilisation sur sol pauvre  
Premier plan : sans engrais  
Second plan : fertilisation moyenne

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

Cependant, en climat semi-aride (Sud-Ouest), où les doses d'engrais proposées sont plus faibles (car le risque climatique y est fort), il peut être préférable de localiser tous les engrais au pied du maïs (ou du sorgho), au détriment toutefois du rendement de la légumineuse.

### 7.4. La gestion de l'enherbement

- Sur sol avec mulch important, l'utilisation d'herbicide ne se justifie pas et un simple arrachage des quelques adventices est suffisant (5-10 jours de travail/ha).
- sur sol nu (labouré) ou faiblement paillé (peu de résidus) et pour des agriculteurs qui ne disposent pas (ou ne peuvent payer) une main d'œuvre suffisante pour désherber dans les temps leurs parcelles, il peut être intéressant d'appliquer 1 500 g/ha de pendiméthaline qui permet de contrôler suffisamment les graminées. Son coût est cependant élevé: environ 90 000 Ariary/ha, soit l'équivalent de 225 à 300 kg/ha de maïs (près de 25 % du coût d'une fertilisation moyenne). Sans application d'herbicide de pré-levée, un sarclage manuel au moins est nécessaire (40 homme-jours/ha). Ce traitement herbicide est sans danger pour la légumineuse cultivée. Il est particulièrement rentable sur les *baiboho* où les adventices sont agressives, et sur les parcelles en semis direct avec un mulch insuffisant (qui demandera un ou deux arrachages des adventices soit 50 à 80 homme-jours/ha de travail).

Produits commerciaux homologués à Madagascar :

Pendiméthalin ou Stomp, dosés à 500 g/l, ou Alligator, dosé à 400 g/l de pendiméthaline.

### 7.5. La protection phytosanitaire en végétation

Le niébé, la dolique et le *Vigna umbellata*, pour une production de grains, demandent en général deux traitements insecticides à la cyperméthrine (60 à 62,5 g/ha à chaque passage soit 0,25 l/ha pour des produits dosés à 240 ou 250 g/l) pour chaque période de floraison (1 à 3 floraisons par an). La fréquence des passages doit être adaptée à la pression des insectes (présence forte constatée, importance des attaques).

Coût de la cyperméthrine: 4 500 Ariary/ha environ pour chaque passage (équivalent à 11 à 15 kg/ha de maïs).

Produits commerciaux homologués à Madagascar : Agriméthrine, Cypercal, Cypvert, Cyrux, Cypermad, Cythrine, Cigogne et Sherpa.

Autres matières actives possibles : deltaméthrine ou lambda-cyhalothrine.

Le maïs ne nécessite pas de traitement phytosanitaire particulier en végétation, sauf :

- en cas d'attaque éventuelle par les borers (*Sesamia calamistis* en particulier). Les larves bien à l'abri dans les tiges sont très difficiles à traiter. Par contre, il est intéressant de contrôler les adultes dès leur sortie afin d'éviter une nouvelle infestation. On peut pour cela essayer de faire coïncider le traitement de la légumineuse avec la sortie des adultes.

- dans le cas d'attaques massives d'*Heteronycus sp.* ou de vers blancs de hanneton non contrôlées par le traitement de semences. Dans ce cas, on peut appliquer 6 kg/ha de carbofuran 10 G (produit commercial: Currater ou Furadan), pour un coût de 60 000 Ariary/ha environ (soit l'équivalent de 150 à 200 kg/ha de maïs selon les zones). Ce traitement doit être fait très tôt, avant que les dégâts sur les cultures soient trop importants et doit être limité autant que possible du fait de ses effets nocifs sur la faune du sol. Dans ce but, il est parfois possible de ne traiter que des bandes en bordure des parcelles où les attaques sont fortes (en provenance des parcelles voisines, de la forêt, etc.).

### 7.6. La récolte

La récolte du maïs se fait épi par épi, soit en vert pour consommation immédiate, soit à la maturité physiologique quand les grains deviennent cassants pour commercialisation ou stockage après séchage.



Une possibilité: l'effeuillage du maïs avant récolte pour faciliter les traitements sur la légumineuse

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

Il est recommandé au moment de la récolte de plier les tiges de maïs au niveau de l'épi pour éviter que les plants ne soient couchés sur le sol. Ceci permet une meilleure conservation de la biomasse, en particulier en cas d'attaque par les termites, et la croissance de la légumineuse sur ces "tuteurs naturels".

Les récoltes (1 à 3 récoltes en fonction des espèces et variétés) de la légumineuse se font à maturité physiologique. Pour le *Vigna umbellata* (long à récolter avec ses petites gousses), la dernière récolte peut se faire par fauche et battage et non gousse à gousse comme pour les autres légumineuses.

### 8. Aspects logistiques de la diffusion de ces associations

La diffusion de ces associations, avec un niveau d'intensification moyen, demande pour 100 ha plus de 20 tonnes d'engrais, 3 tonnes de semences, 200 à 500 litres d'herbicide, etc. Cela suppose une logistique en conséquence. Il faut organiser, avant le début de la saison des pluies, l'approvisionnement et le stockage de ces produits dans les villages concernés.



Maïs + niébé sur baiboho  
Lac Alaotra

### 9. Temps de travaux

Les temps de travaux diminuent d'une année sur l'autre avec le semis direct sur une couverture végétale suffisante. De 110j/ha (labour à la charrue, avec herbicide) à plus de 230 jours/ha (labour à l'*angady*, sans herbicide) en système sur labour (système traditionnel ou année «zéro» de préparation des SCV), ils atteignent 90j/ha (avec herbicide) à 125j/ha (sans utilisation d'herbicide) pour les systèmes de semis direct sur couverture végétale. Cette forte baisse se fait malgré une augmentation du temps de récolte en SCV, lié en particulier à une production supérieure. Cette réduction du temps global de travail est d'autant plus intéressante qu'elle est obtenue sur les périodes très exigeantes de la préparation des sols et des sarclages.



	Labour : Système traditionnel ou année zéro de préparation des SCV (jours/ha)		Semis direct sur couverture végétale (jours/ha)	
Labour	à la charrue : 5 - 10	à l' <i>angady</i> : 70 - 80	0	
Hersage/emmotage	20		0	
Application herbicide éventuelle	1 - 2		2	
Semis	45		45	
Sarclages ou arrachages	Avec herbicide 10 - 20	Sans herbicide 30 - 60 jusqu'à 100 jours/ha sur <i>baiboho</i>	Avec herbicide 0 - 10	Sans herbicide 20 - 30
Traitements insecticides	7 - 9		8 - 10	
Récolte	25 - 35 (pour 3 000 à 3 500 kg de maïs /ha)		35 - 45 (pour 3 500 - 4 500 kg de maïs /ha)	
<b>Total</b>	103 à 291		90 à 130	

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

### 10. Rentabilité économique

Les performances économiques des associations proposées varient en fonction de l'itinéraire technique (niveau d'engrais en particulier), et des conditions de culture (climat, sols, pression des adventices et des insectes). De plus, les prix respectifs d'achat des intrants et de vente des produits récoltés ont un très fort impact sur la rentabilité des systèmes.

Les performances économiques varient également avec le nombre d'années de cultures en SCV : l'augmentation progressive des rendements et la baisse des temps de travaux permettent en effet d'améliorer d'année en année la rentabilité de ces systèmes. La difficulté est donc de proposer des systèmes qui permettent d'obtenir une rentabilité des investissements (intrants) et une valorisation du travail satisfaisantes dès la première année (qui est souvent une année "zéro" de préparation des SCV).

Sur la base des prix observés en septembre 2010, l'évaluation économique de ces systèmes lors de la première année permet de dégager certains traits communs à toutes les situations et de définir des règles de gestion :

- dans tous les cas, les charges les plus importantes correspondent aux engrais (que ce soit le niveau de fertilisation moyen ou celui élevé) et à la rémunération du travail (location de main d'oeuvre ou valorisation du travail de l'agriculteur et de sa famille au coût d'opportunité du travail). De manière générale, la fertilisation permet d'augmenter fortement la valorisation de la journée de travail des systèmes proposés. Le retour sur investissement du niveau de fertilisation fort est cependant inférieur à celui de la fertilisation moyenne ;
- les traitements insecticides, sauf accident particulier, permettent un contrôle des insectes pour l'équivalent de 25 kg/ha de maïs soit environ 2 % du coût de la fertilisation moyenne recommandée, et 1 % de la fertilisation forte. Pour sécuriser la rentabilité de la fertilisation, il est fortement recommandé d'appliquer ces traitements sur toutes les parcelles fertilisées dès que la pression des insectes peut faire craindre des dégâts. Même en cas d'accident (inefficacité du premier traitement et/ou attaques particulièrement fortes), une protection sanitaire efficace peut être conduite pour l'équivalent de moins de 200 kg/ha de maïs ;



Forte production de maïs associé à la dolique  
Lac Alaotra

- de même, l'apport de fertilisation (qui augmente souvent la pression des adventices) doit systématiquement s'accompagner d'un contrôle efficace des adventices, faute de quoi la production (et donc la rentabilité des engrais) chute fortement. Ce contrôle est en général manuel (arrachage ou sarclage, 30 à 60 jours/ha soit 300 à 600 kg/ha de maïs si on valorise la journée de travail à un niveau moyen). Sur sols riches où la pression des adventices est forte, l'utilisation de Pendimethaline contre les graminées peut être intéressante malgré son coût élevé (300 kg/ha de maïs), en particulier en cas de manque de main d'oeuvre aux périodes critiques (le désherbage manuel peut demander jusqu'à 100 jours/ha sur *baiboho*). Ces coûts baissent fortement les années suivantes, la couverture végétale permanente réduisant la pression des adventices (à condition d'être suffisante).

La rentabilité des systèmes proposés augmente dès que l'on peut cultiver en semis direct, après préparation d'une biomasse suffisante ou dès la première année si cette biomasse est disponible.

La rentabilité des différents itinéraires techniques décroît avec le niveau de fertilité initial des sols (alors que le risque d'échec augmente) et doit donc être étudiée en fonction des situations :

Sur des **sols moyennement riches de *tanety*, non compactés et sur les *baiboho*** en climat relativement favorable (moyenne altitude), la rentabilité de ces associations est maximale. Le risque d'échec y est faible alors que la fertilisation y est très rentable :

Le niveau de fertilisation moyen pour un investissement total proche de 1 200 kg/ha de maïs permet un gain de rendement espéré de 3 000 kg/ha de maïs (et de 300 kg/ha pour la légumineuse) par rapport au niveau zéro. Le risque est limité au risque climatique (peu élevé sur

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

ces sols si l'on a semé suffisamment tôt). La valorisation de la journée de travail (VJT) est très bonne: plus de 4 fois celle du système traditionnel si on utilise de l'herbicide. Le coût de l'herbicide fait cependant baisser le retour sur investissement, qui reste toutefois très bon.

De même, le niveau de fertilisation fort est très intéressant dans ces milieux et permet un gain de 30% sur la valorisation du travail par rapport au niveau moyen de fertilisation. Son retour sur investissement est inférieur à celui du niveau moyen de fertilisation, mais il demeure attractif.

A de tels niveaux, ces associations restent rentables dans ces milieux relativement favorables, même en cas d'évolution défavorable des conditions économiques (baisse du prix de vente des produits, hausse des prix des intrants) et environnementales (accident climatique, forte pression des insectes). Ce n'est pas le cas dans des milieux plus pauvres.

Sur sols "pauvres" (climat de moyenne altitude), en deuxième année, la rentabilité économique de ces associations baisse. Elle reste cependant intéressante en SCV (mais pas sur labour), permettant une bonne valorisation du travail (plus de 2,5 fois le coût d'opportunité) et un retour sur investissement intéressant (150% avec la fertilisation forte).

Sur **sols de *tanety* moyennement riches sur les Hautes terres**, l'association Maïs + niébé avec l'itinéraire technique traditionnel valorise mal la journée de travail et dégage une marge brute très faible. La culture de maïs sur les sols ferrallitiques dégradés n'est pas intéressante et très risquée. Sur les sols les moins dégradés, l'apport de fertilisation permet d'augmenter nettement la marge brute et la valorisation de la journée de travail. Le niveau de fertilisation fort dégage les meilleurs résultats en matière de marges brutes et de valorisation de la journée de travail, avec un retour sur investissement qui reste intéressant (150%). Mais les risques d'échec sont relativement importants sur labour en année «zéro». Cette association ne doit donc être proposée qu'aux agriculteurs pouvant faire face à ce risque. Le niveau de fertilisation moyen, qui fait prendre un risque moins important, reste intéressant dans les conditions actuelles. Par contre, une fertilisation plus faible (pour réduire l'investissement) risque de ne pas être suffisante pour accroître sensiblement la production. Elle n'est alors pas rentable et doit être évitée. Il faut dans ce cas préférer changer de système et opter pour une culture moins exigeante que le maïs. Dans tous les cas, l'utilisation de Pendiméthaline n'est pas intéressante et ne doit pas être recommandée.

Sur **sols ferrugineux tropicaux en zone semi-aride**, le risque d'échec assez élevé baisse avec les techniques SCV, mais reste une contrainte à l'intensification. L'utilisation de Pendiméthaline n'est pas intéressante. En technique traditionnelle, la marge brute et la valorisation de la journée de travail sont très faibles sur les sols les moins riches (VJT de 1 000 Ariary/jour). La VJT reste faible même sur les sols les plus riches (1 700 Ariary/jour). L'apport de fertilisation permet de valoriser le travail au dessus du coût d'opportunité et de bien rentabiliser l'investissement (en particulier le niveau moyen de fertilisation). Le risque est cependant non négligeable (accident climatique et dégâts d'insectes à craindre), surtout sur sols pauvres. Là encore, l'intensification doit être raisonnée en fonction des moyens des agriculteurs et des risques qu'ils peuvent supporter. L'avantage d'une fertilisation forte est de permettre la production d'une biomasse importante pour l'entrée dans le semis direct, qui améliore rapidement la valorisation du travail et le retour sur investissement, tout en réduisant les risques climatiques.

Sur **sols "moyennement riches", non hydromorphes, en zone tropicale humide**, l'itinéraire technique traditionnel procure une marge brute très basse et valorise très faiblement le travail. La fertilisation, pour un risque moyen, permet d'accroître la valorisation du travail. Sur labour, seule la fertilisation forte permet d'obtenir une valorisation de la journée de travail au niveau du coût d'opportunité. Le retour sur investissement est cependant moyen. Le semis direct (possible en première année quand la biomasse disponible est suffisante), permet une bonne valorisation de la journée de travail (plus de 5 000 Ariary/jour) et un retour sur investissement assez intéressant, pour un risque d'échec assez faible.



Maïs + niébé sur baiboho  
Lac Alaotra

## Mais ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

### En résumé

Systèmes très intéressants, permettant une entrée rapide en semis direct sur couverture:

- ✓ faciles à mettre en oeuvre;
- ✓ applicables dans de très nombreuses situations (tous les climats de Madagascar);
- ✓ possibles sans engrais sur sols moyennement riches à riches de tanety, sols exondés, bourrelets de berge, baiboho, etc.;
- ✓ risques limités et très bonne rentabilité économique grâce à la production de deux cultures associées;
- ✓ bon contrôle des adventices (dont le striga);
- ✓ remise en culture sans herbicide la saison suivante;
- ✓ forte réduction des besoins en travail la saison suivante;
- ✓ amélioration rapide du sol grâce à une très forte production de biomasse;
- ✓ bonne restructuration du sol;
- ✓ fixation d'azote en quantité;
- ✓ très bon précédent cultural pour le riz ou le cotonnier.

Mais:

- ✗ peu adapté et risqué sur sols pauvres;
- ✗ impossible sur sols engorgés ou submergés;
- ✗ itinéraire technique à respecter pour éviter la compétition entre les plantes;
- ✗ traitement insecticide nécessaire pour la légumineuse;
- ✗ temps de travail important pour la récolte.



Saison suivante



Saison suivante



Saison suivante



Saison suivante



Saison suivante



Mais + niébé au Lac Alaotra  
Rendement élevé grâce à  
une bonne maîtrise technique  
(Photo: L. Séguy)