



Mots clés : fertilisation organique, minéralisation de l'azote, engrais vert, compost, rendement, qualité

QUELQUES INFORMATIONS SUR LES TRAVAUX

Les travaux de recherche sur la fertilisation organique de l'ananas Victoria à la Réunion ont été menés par les unités de recherche HortSys et GECO du Cirad dans le cadre du projet Ecofrut.

POURQUOI S'INTÉRESSER A LA FERTILISATION ORGANIQUE DE L'ANANAS?

La culture d'ananas Queen Victoria est la culture fruitière la plus importante à la Réunion en termes de valeur et de tonnages exportés (15 800 tonnes produites par an sur plus de 400 ha).

La culture est fortement artificialisée : **engrais chimiques** pour les apports en azote et potassium, traitements **herbicides** et nécessite dans la plupart des cas un **travail du sol important**. Outre la **pollution** qu'engendrent les engrais chimiques, ceux-ci sont pour la grande majorité **importés** alors que le **territoire fournit une grande quantité de déchets organiques** : déchets verts urbains, résidus organiques d'élevage, de distillerie, de boues de station d'épuration compostées etc. De plus, contrairement à un engrais chimique, l'apport de **matière organique entretient la fertilité du sol**, et dans le cas d'un engrais vert (jachère de légumineuses), offre également une **couverture du sol** entre les cycles d'ananas, réduisant **l'érosion, le travail du sol et les traitements herbicides** avant plantation.

Des travaux de recherche antérieurs ont démontré le pouvoir fertilisant des jachères de légumineuses (engrais vert), permettant de réduire **de moitié la fertilisation minérale sans baisse de rendement**. De plus, cela a eu pour conséquence une **augmentation de la qualité des fruits**. L'étude du pouvoir fertilisant de matières organiques disponibles à la Réunion s'est alors imposée dans le but d'approfondir ces connaissances empiriques en vue d'élaborer des scénarios de fertilisation organique. Cette étude s'inscrit ainsi dans un objectif conjoint de **durabilité des systèmes de cultures** (réduction des intrants chimiques, recyclage des matières organiques locales et préservation des sols réunionnais) et de **production de fruits de qualité**.

LES JACHÈRES DE LÉGUMINEUSES

SOURCE D'AZOTE ET DE POTASSIUM

Les fabacées (légumineuses) sont des plantes à **croissance rapide** capables de **fixer l'azote atmosphérique** dans leurs tissus et sont **riches en potassium**. Cette fixation d'azote est due à la présence de bactéries du genre *Rhizobium leguminosarum* présentes dans les nodosités des racines de la légumineuse. C'est ce qu'on appelle une symbiose : la plante fournit des substances carbonées aux bactéries issues de la photosynthèse, et les bactéries fournissent en retour à la plante les substances azotées synthétisées à partir de l'azote atmosphérique. Une jachère de légumineuse est donc un **engrais vert** qui peut couvrir une partie des besoins de la culture en azote et potassium après broyage et enfouissement et **réduire ainsi les apports complémentaires d'azote et potassium** à la plantation.

STRUCTURE, PROTÈGE LE SOL DE L'ÉROSION ET LIMITE LES TRAITEMENTS HERBICIDES

La jachère va permettre l'installation d'un **couvert végétal dense** qui va **limiter l'érosion**, particulièrement marquée pour les sols en pente et dans les zones pluvieuses de l'est de l'île. Ce couvert permet dans le même temps de **maitriser les adventices** par compétition et **réduire ainsi l'emploi de produits herbicides** avant plantation. Enfin, les racines puissantes des légumineuses permettent d'aérer le sol et de **réduire voire d'éviter le travail du sol** avant mise en place de la culture d'ananas.

LES JACHÈRES UTILISÉES DANS L'ÉTUDE

Des travaux sur les jachères de légumineuses préalables à la présente étude, ont permis de mettre en lumière quelques espèces de légumineuses intéressantes en termes d'apports fertilisants et de couverture du sol (site de Bassin Plat). En effet, les essais menés en champ ont montré qu'après une jachère de *Mucuna pruriens* (Pois mascate) ou de *Vigna unguiculata* (L.) (Voème, Niébé) la **dose préconisée de fertilisation minérale** en azote et potassium peut être **réduite de moitié sans baisse de rendement**. De plus, une analyse de la qualité gustative des ananas récoltés, a montré que cette réduction des doses d'azote et potassium **augmente significativement la qualité des fruits** par rapport aux doses préconisées. Ces deux espèces ont également un intérêt couvresol intéressant, notamment *M. pruriens* très couvrante et à croissance rapide. Le *Lablab purpureus* (Zantac) a été testé pour son pouvoir couvrant qui s'est révélé être efficace mais n'a pas encore été testé en revanche pour son pouvoir fertilisant. Par ailleurs, le Voème et le Zantac ont l'avantage d'être comestibles, ce qui peut être intéressant économiquement (vente sur le marché par exemple).

Dans cette étude-ci, l'espèce *Crotalaria var. spectabilis et retusa* (L.) (Poids rond marron, Casca-velle jaune) a été testée pour son pouvoir fertilisant (riche en azote) en laboratoire. Cette espèce a été choisie car elle a également un effet nématocide (utilisé en Martinique) et sera testée en plein champ ultérieurement. Le pouvoir fertilisant de *M. pruriens* et *L. purpureus* a également été analysé au laboratoire afin de renforcer les connaissances empiriques précédemment acquises.



L'ÉTUDE RÉALISÉE

L'ananas Victoria à la Réunion est produit sur un **cycle de 12 mois au minimum à 18 mois** (voir 24 mois parfois). La fertilisation classique, calquée sur les besoins de l'ananas, consiste à apporter **300 U d'azote** et **450 U de potassium** (K/N = 1.5) d'engrais minéral **fractionnés en 7 apports** sur le **cycle végétatif**. Environ **20 % des apports** sont apportés dans le **sillon de plantation** et le reste en **pulvérisation foliaire mensuelle** jusqu'à l'induction de la floraison lorsque le poids du plant est suffisant (6 à 7 mois après plantation à basse altitude, 12 mois et plus dans les Hauts).

Ainsi, une **fertilisation organique** doit **répondre aux besoins de la culture** en libérant de l'azote minéral assimilable par la plante au bon moment en quantité suffisante. Les objectifs étaient alors, dans un premier temps, de pouvoir déterminer et comparer **les cinétiques et taux de minéralisation potentiels de l'azote** et du **carbone** d'une **dizaine de matières organiques** en laboratoire. Le but étant d'obtenir un premier critère de choix de matières organiques dont les **éléments nutritifs contenus** sont **suffisants** et **libérés** suivant **une cinétique adaptée aux besoins de la culture** tout au long du cycle. Dans un second temps, des matières choisies selon leur disponibilité et transportabilité mais aussi leurs différences de composition, ont été testées et comparées **en champ**, dans un réseau de fermes pilotes et sur un site d'expérimentation. Le but étant de tester leur efficacité et la **faisabilité réelle** d'une culture d'ananas en **fertilisation 100 % organique sans baisse de rendement ni de qualité de la production** (par rapport à une fertilisation minérale). Ces deux études ont été menées en parallèle pour cause de contraintes organisationnelles (financements sur projet).

Neufs matières organiques ont été sélectionnées : **un engrais du commerce, deux composts**, de la **farine de plumes et de sang**, **quatre engrais verts** (soit 4 espèces de légumineuses) et un **mélange « engrais vert + farine plume et sang »** afin d'observer le comportement d'un mélange. Chaque matière a été **séchée, broyée** puis **mélangée** à du sol tamisé et séché (sol brun andique). Chaque matière est répartie dans des pots (échantillons) puis **incubée à 28°C jour et nuit à humidité constante pendant 6 mois consécutifs**. Les quantités d'azote et de carbone contenues dans les échantillons sont **dosées chaque jour la première semaine**, puis **une fois par semaine pendant 6 mois**, avec 3 répétitions pour chaque matière. La méthode Kjeldahl est utilisée pour doser l'azote. Le carbone est dosé avec la technique de Van Soest (capture du carbone par la soude). Cela a permis d'obtenir, pour chaque matière, un **suivi de la dynamique de minéralisation de l'azote** (quantité disponible pour la culture au cours du temps), ainsi que son **pouvoir humigène** (quantité de carbone disponible pour la formation d'humus), qui détermine **sa stabilité** dans le temps.



FERTILISATION ORGANIQUE VS FERTILISATION MINÉRALE

ADAPTÉE AU CYCLE DE L'ANANAS ET LIMITE LES RISQUES DE POLLUTION

La **fertilisation minérale** apporte à la culture de **l'azote minéral** c'est-à-dire sous une forme **directement assimilable par les plantes** mais aussi **facilement lixiviable** (=entraînée par l'eau en profondeur vers les nappes phréatiques). En effet tout ce qui n'est pas consommé par la plante est perdu et **induit un risque de pollution** au moment de son application, soit **7 périodes de risques** sur le cycle de production. Par ailleurs, l'apport mensuel — bien qu'intéressant car régulier donc relativement près des besoins — induit **un effet d'à-coup** à chaque application.

A la différence d'une fertilisation minérale, les **matières organiques** sont composées **d'azote minéral et d'azote organique**, chacun en proportions variables. **L'azote organique** n'est **pas assimilable** par les plantes, il nécessite d'être **minéralisé** par la vie du sol. Ce processus de minéralisation libère l'azote minéral de façon progressive sur une durée relativement longue en fonction de la matière organique. La culture va donc pouvoir **prélever au fur et à mesure l'azote** (s'il est présent en quantité suffisante) dont elle a besoin tout au long du cycle de production, ce qui limite les pertes d'azote et donc les risques de pollution. Cette dynamique de libération de l'azote correspond mieux au comportement normal d'une culture, c'est-à-dire le prélèvement régulier des nutriments, et évite **l'effet d'à-coup** de la fertilisation minérale mensuelle.

ENTRETIENT LA FERTILITÉ DU SOL

L'azote sous forme minérale ne participe pas à la fertilité du sol sur le long terme. Au contraire, une **fertilisation organique adaptée** permet de **maintenir la qualité du sol** tout en fertilisant la culture. En effet, la matière organique apporte du carbone au sol ce qui forme **l'humus**, qui va se lier aux argiles présentes et former le complexe argilo-humique. C'est sur ce complexe que se fixent les molécules d'eau et les différents éléments minéraux nécessaires aux plantes. Ainsi, **un sol riche en matière organique**, c'est-à-dire riche en humus, aura une meilleure **capacité de rétention en eau et éléments minéraux** comme le potassium.

Le rapport **carbone/azote (C/N)** d'une matière est déterminant pour **vitesse de libération** d'azote minéral. Une matière organique dont le **C/N est faible** (farine de plume et sang, entre 3 et 4) **libère rapidement l'azote minéral** assimilable par la culture tandis qu'une matière à **fort C/N** (compost) aura un **fort pouvoir humigène** mais l'azote assimilable sera libéré plus lentement au cours du temps. Les matières organiques peuvent être classées en **engrais** (plutôt à pouvoir fertilisant) ou en **amendement** (plutôt pouvoir humigène) en fonction de leur composition en éléments nutritifs et en carbone.

LES ENGRAIS ORGANIQUES DE L'ÉTUDE



La farine de plumes et sang est issue de la SICA Aucre à l'Étang-Salé



Le compost A composé de lisiers de porcs, de fientes et litières de volailles compostés à Salazie



Le compost B composé de boues de STEP et de déchets verts



L'engrais organique du commerce (importé) composé de tourteaux de café et d'olives, fumier de mouton, bourre de laine, terreau d'écorces stabilisé et vinasses de betteraves



Litière de volaille : sert de témoin uniquement, permet de vérifier la fiabilité de l'expérience en donnant toujours les mêmes résultats.



Jachère de *Mucuna pruriens* en place



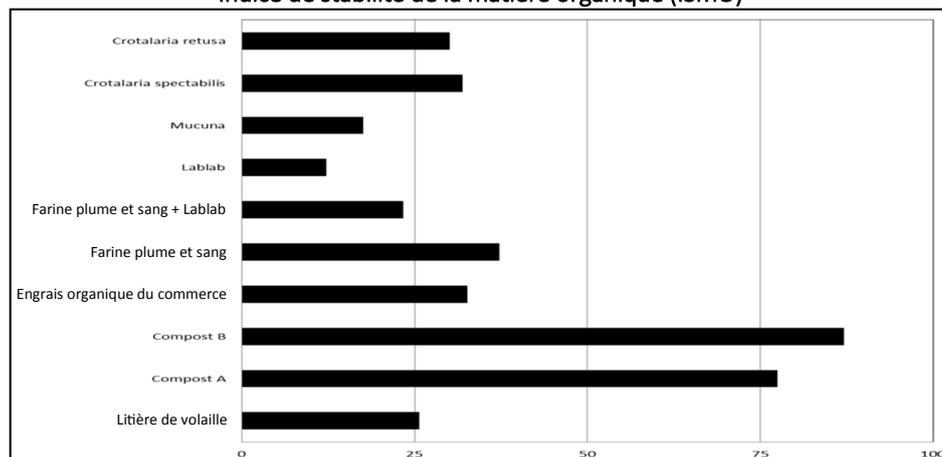
Jachère broyée et enfouie

Les tests *in situ* au champ ont été réalisés sur deux fermes pilotes (Bassin Martin zone Sud et Hauts du Cratère, zone Est) et sur la station expérimentale de Bassin Plat (zone sud), soit **3 parcelles au total**. Sur le site d'expérimentation, un **témoin** (fertilisation minérale classique) et **3 matières organiques** sont testés sur une même parcelle en la subdivisant de façon aléatoire (expérience en bloc de Fisher). Sur les fermes pilotes seul un engrais organique est testé sur la parcelle. Une **jachère de légumineuses** (choisie grâce aux résultats des travaux précédents) est tout d'abord mise en place sur la parcelle (sans travail du sol préalable). Elle sera broyée **et enfouie en fin de cycle** (4 mois après sa mise en place), avant la plantation de la culture d'ananas. On estime l'apport en éléments fertilisants de la jachère en fonction de la biomasse récoltée. On calcule ensuite les **apports complémentaires si nécessaire en azote et potassium** de la matière organique choisie, qui seront **apportés en une seule fois dans le sillon de plantation**. Les apports de matières organiques sont calculés sur la base de **300 kg d'azote/ha et 450 kg de potassium/ha**. Après chaque récolte d'ananas, on mesure le **rendement**, la **teneur en sucre** et **l'acidité des fruits**. L'acidité est mesurée par dosage colorimétrique avec de la soude et un indicateur coloré. La teneur en sucre (exprimée en °Brix) est mesurée grâce à un réfractomètre. C'est le **rapport sucre/acidité (E/A)** qui va déterminer la **qualité gustative du fruit**. Plus ce rapport est élevé meilleur est le fruit, il doit toujours être supérieur à 1.

LES RÉSULTATS

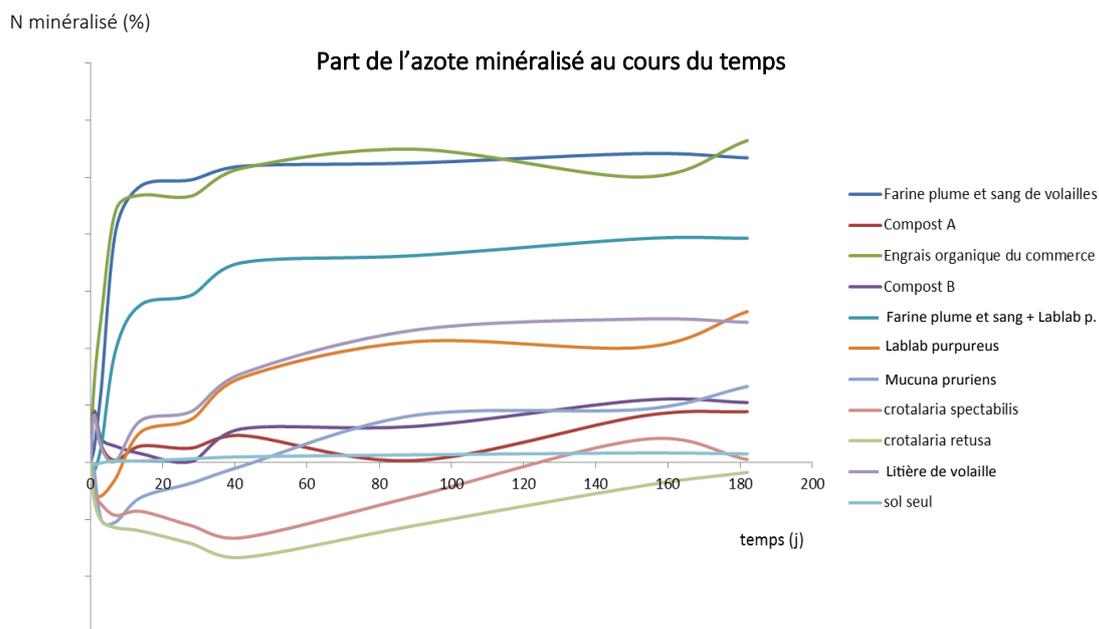
Les résultats des **profils de minéralisation de l'azote et des indices de stabilité** des matières organiques testées au laboratoire ont permis de déterminer les matières organiques les plus intéressantes pour la culture d'ananas. L'indice de stabilité (voir graphique ci-dessous) reflète la part de matière organique carbonée résistante à la minéralisation après un an au champ mais potentiellement minéralisable à long-terme. Les **matières les plus stables** se sont révélées être les **composts**, ce seront de **bons amendements organiques**. Dans une moindre mesure, les autres matières conservent au moins 30 % de carbone au bout d'une année.

Indice de stabilité de la matière organique (ISMO)

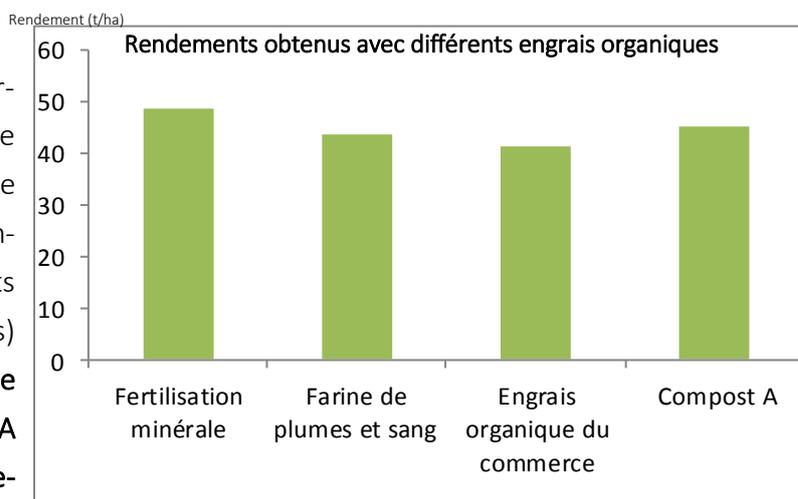


Les **profils de minéralisation de l'azote** au cours du temps pour chaque matière sont visibles sur le graphique ci-dessous. L'**engrais organique du commerce** et la **farine de plumes et de sang** se sont révélés être des **engrais organiques** à libération rapide et en quantité d'azote minéral dans le temps. Le **mélange farine de plumes et sang + lablab purpureus** donne également de bons résultats en ce sens. Le **compost B** en revanche ne se révèle pas intéressant pour la fertilisation de la culture, il est pauvre en azote et se minéralise peu. Il reste toutefois un **très bon amendement** pour le sol. Les deux engrais verts *Lablab purpureus* et *Mucuna pruriens* semblent intéressants en terme **d'apport azoté** pour la culture malgré un bref effet « faim d'azote », c'est-à-dire que les microorganismes vont dans un premier temps puiser dans l'azote du sol pour décomposer la matière organique carbonée. Les racines de l'ananas se développant qu'à partir de la troisième semaine après plantation cela n'affectera pas négativement la culture. En revanche, les engrais verts *Crotalaria var. spectabilis* et *retusa*, très pauvres en azote, induisent une « faim d'azote » prolongée et n'offrent ainsi pas vraiment de bonnes perspectives comme engrais. Cependant, les faims d'azote observées en laboratoire ne sont pas toujours observées en conditions réelles. Il faudra tout de même faire attention à leur utilisation sur un sol pauvre en azote.

Il faut cependant prendre ses résultats avec précautions car pour le test en laboratoire le sol a été tamisé, gardé à humidité constante et à une température de 28°C jour et nuit. Or, en conditions réelles, le sol est sous forme de congglomérats de terre plus ou moins importants, l'humidité et la température varient en permanence. Toutes ces variations peuvent ralentir voir stopper le processus de minéralisation (surtout en cas de baisse de température et de période de sécheresse prolongée).



Les essais au champ sur le site expérimental de Bassin Plat, ont permis de tester après une jachère de *Mucuna pruriens*, la farine de plumes et de sang, l'engrais du commerce et le compost A. Les résultats montrent (voir graphique ci-après) qu'une fertilisation avec de la **farine de plume et de sang** ou le **compost A** permettent d'obtenir **des rendements similaires** à une fertilisation



minérale classique. En revanche, l'engrais organique du commerce ne donne pas d'aussi bons résultats, le rendement obtenu est inférieur à celui du témoin minéral. Les essais sur les fermes pilotes ont permis de tester la farine de plumes et de sang après respectivement, une jachère de *Mucuna pruriens*, et une jachère de *Vigna unguiculata*. Les résultats chiffrés ne sont pas encore disponibles, mais semblent aller dans le même sens que sur le site d'expérimentation.

En conclusion, ces premiers essais permettent d'entrevoir **deux résultats majeurs** : il est possible de **substituer totalement les engrais chimiques** par certains engrais organiques **sans baisse de rendement**. De plus, les **doses d'azote et potassium** actuellement préconisées semblent être **surestimées**. Des **travaux antérieurs** sur la station de Bassin Plat avaient en effet montré que **la réduction de moitié des doses d'engrais minéraux** (sans jachère) n'induisait **pas de baisse de rendement**. Une **poursuite de l'ensemble de ces travaux** serait de tester à nouveau **l'association jachère de légumineuse et engrais organique** mais sur une **base de calcul d'1/2 dose de fertilisation**. Dans l'idéal, les **suivi des cinétiques de l'azote et du carbone** devraient s'effectuer en **plein champ** plutôt qu'en laboratoire afin de pouvoir ensuite calculer précisément les doses d'azote et de potassium à apporter à la culture. Ces changements techniques vont entraîner au-delà de la **réduction des impacts** de la culture d'ananas **sur l'environnement**, des **baisses du coût de production** et des **temps d'intervention** non négligeables pour les agriculteurs. Ils offrent également de bonnes perspectives quant à la faisabilité d'une production d'ananas biologique.

Toutefois, il faut bien noter que les parcelles choisies étaient toutes dans de bonnes conditions hydriques soit de façon naturelle (zone Est) soit par un dispositif d'irrigation. Or, le premier facteur limitant du rendement de la culture d'ananas est l'eau. En effet, pendant la phase végétative, si l'alimentation en eau est insuffisante surtout dans les premiers mois, on observe une croissance et un rythme d'émission foliaire plus faible. Le maintien d'une bonne humidité est indispensable à une bonne adsorption des éléments minéraux par les racines. L'impact peut être d'autant plus important que le stress arrive tôt dans le développement de la plante. Les besoins restent encore mal connus mais les besoins en eau de l'ananas sont estimés entre 50 et 100 mm par mois.

QUELLES PRÉCONISATIONS POUR LES PRODUCTEURS D'ANANAS POUR UN ITINÉRAIRE TECHNIQUE 100 % ORGANIQUE ?

1-Choisir les jachères

La jachère se choisit en fonction de la durée disponible dont peut disposer le couvert avant plantation de la culture d'ananas, le type de sol (si sol pauvre préférer une espèce à fort pouvoir humigène par exemple), les problèmes sanitaires (adventices, nématodes etc.). Le tableau ci-dessous permet de visualiser rapidement les caractéristiques principales des jachères étudiées.

| | <i>Mucuna pruriens</i> | <i>Lablab purpureus</i> | <i>Vigna unguiculata</i> | <i>Crotalaria</i> |
|--|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| Durée d'occupation du sol par le couvert | 1.5 mois | 6 à 8 mois | 2 à 5 mois | |
| Pouvoir couvrant (compétition avec les adventices) | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Pouvoir fertilisant à court-terme | ++ | ++ | ++ | + |
| Biomasse produite (carbone) | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Valorisation économique (comestible) | - | + | + | - |
| Lutte contre problème sanitaire | + | - | - | ++ |

2-Les apports de potassium

L'apport de potassium est essentiel à l'élaboration du rendement et à la qualité des fruits. La préconisation est de toujours respecter un rapport potassium/azote au minimum de 1,5. Lorsque l'apport de potassium n'est pas couvert par la fertilisation organique, le producteur peut amener en un seul apport sous billon à la plantation, de la vinasse de distillerie (à raison de 25000 L/ha maximum), de la cendre de bagasse (15 à 20t/ha maximum en fonction de la cendre) ou encore de la potasse ou du Patentkali®. Actuellement il est difficile pour le producteur de se procurer les matières issues des usines sucrières à cause du coût et des obligations de transport (camions bâchés obligatoires pour la cendre). Hors période cannière, ces matières ne sont pas disponibles car il n'est actuellement pas possible de les stocker. En agriculture biologique le complément en potassium ne pourra se faire que par un apport de vinasse, cendres ou Patentkali®.

3-Choisir les matières organiques

Les matières organiques se choisissent en fonction de leur disponibilité, transportabilité, coût, et des besoins en azote et carbone après prise en compte des apports de la jachère.

| | N | P | K | ISMO |
|--------------------------|------|-----|-----|------|
| Compost type A | 3,7 | 1,4 | 2,0 | +++ |
| Engrais organique | 8,0 | 2,0 | 6,7 | + |
| Farine de plumes et sang | 13,8 | 0,6 | 0,4 | + |

Il est important de bien noter qu'il n'y a pas un itinéraire technique mais plusieurs. Les choix des jachères, matières organiques et des apports potassiques seront fonction des conditions pédoclimatiques de la parcelle (teneur en éléments minéraux du sol, climat, pluviométrie etc.), des contraintes techniques (mise en place hors période de canne, disponibilité et transport des matières organiques, durée du cycle de la culture etc.) ou encore économiques.

POUR EN SAVOIR PLUS

Chabalier P., Saint Macary H., Van de Kerchove V. Guide de la fertilisation organique à la Réunion. Co-éd. Cirad, Chambre d'agriculture de la Réunion (2007).

Marie Rothé : marie.rothe@cirad.fr



Ce document a été rédigé par Sarra Poletti dans le cadre du transfert des travaux du projet ECOFRUT.
CIRAD - EPLEFPA Saint-Paul - Armefflor. Mars 2015.