

GUIDE PRATIQUE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

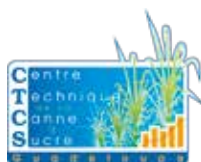


PISTES POUR UNE FERTILISATION ORGANIQUE RAISONNÉE AUX ANTILLES



Ce guide pratique a pu voir le jour grâce :

- à l'appui scientifique de Marc Dorel (CIRAD)
et de Jorge Sierra (INRAE) ;
- aux échanges constructifs avec les producteurs
déjà dans une démarche d'intégration de la
composante organique dans leurs stratégies de fertilisation ;
- à la participation des fournisseurs,
distributeurs et responsables des sites de production
que nous remercions pour leur accueil et leur contribution ;
- au soutien financier du programme INTERREG IV, pour l'édition 2013 ;
- au soutien financier du FEADER dans le cadre des projets
SOLORGA et PBD3, pour l'édition 2022 ;
- à la contribution des différents partenaires de ces projets.



DIRECTEUR DE PUBLICATION :
Patrick AUBERY (IT²)

DIRECTEUR DE RÉDACTION :
Marcus HERY (IT²)

CHARGÉS DE RÉALISATION :
Loïc NORMAND (IT2), Fredy GROSSARD (CTCS),
Chloé QUIMEBY (IT2), Benoît HEUGUET (IT2)

CONCEPTION : l'Arcaïbleu - lanolibreu@gmail.com - 2^{ème} édition mai 2022



EDITO



Patrick AUBERY
Président de l'IT²

Composant capital de la fertilité d'un sol, la matière organique est aujourd'hui au centre des préoccupations des agriculteurs désireux d'améliorer la qualité de leurs sols et donc de leurs cultures.

Issue des cycles naturels et utilisée depuis la nuit des temps pour améliorer les propriétés chimique, physique et biologique des sols, la matière organique reste pourtant difficile à définir simplement tant ce terme peut désigner des substances différentes et hétérogènes. Il n'y a pas une matière organique mais des matières organiques avec des caractéristiques et des propriétés distinctes.

L'ambition de ce guide est de permettre une meilleure compréhension de ce qui se cache derrière la notion de matière organique et d'expliciter son rôle prépondérant dans le bon fonctionnement d'un sol vivant.

Les différentes sources de matières organiques disponibles localement vous seront aussi présentées sous formes de fiches techniques afin de vous aider à choisir celles les plus adaptées à vos besoins.

Bonne lecture !

Patrick AUBERY
Président de l'IT²

SOMMAIRE

1- LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

1.1 Types de matière organique	p7
1.1.1 La matière organique vivante	
1.1.2 La matière organique fraîche	
1.1.3 La matière organique labile	
1.1.4 La matière organique stable : l'humus	
1.2 Évolution de la matière organique	p8
1.2.1 La minéralisation	
1.2.2 L'humification	
1.3 Rôles de la matière organique	p10
1.3.1 Source d'énergie	
1.3.2 Amélioration des propriétés physiques	
1.3.3 Nutrition des plantes	
1.4 Caractérisation de la matière organique par l'analyse de sol	p10
1.4.1 Le taux de MO du sol	
1.4.2 Le rapport C/N	
1.4.3 La biomasse microbienne	
1.4.4 Le fractionnement de la matière organique	
1.4.5 La minéralisation du carbone et de l'azote	

2- LA FERTILISATION ORGANIQUE

2.1 Les grands types de produits organiques	p12
2.2 La caractérisation des produits organiques	p12
2.2.1 Le taux de Matières Sèches (MS)	
2.2.2 Le taux de Matière Organique (MO)	
2.2.3 Le rapport Carbone sur Azote (C/N)	
2.2.4 ISB, CBM et ISMO	
2.2.5 La teneur en éléments fertilisants	
2.2.6 La concentration en Éléments Traces Métalliques (ETM)	
2.2.7 La proportion d'inertes	
2.2.8 La granulométrie	
2.3 Principes de mise en œuvre	p13
2.3.1 Choisir le type de produit	
2.3.2 Estimer la quantité à apporter	
2.3.3 A quelle période faire les apports ?	

CONCLUSION	p17
-------------------	------------

BIBLIOGRAPHIE	p18
----------------------	------------

1- LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

Le sol est constitué d'une fraction minérale (argiles, limons, sables, calcaire, etc.) et d'une fraction organique essentielle à son bon fonctionnement et à l'expression de sa fertilité.

Comme nous allons le voir maintenant, cette fraction ou matière organique se trouve sous différentes formes dans le sol et les rôles qu'elle y joue sont multiples.

1.1-Types de matière organique

1.1.1 La matière organique vivante

Elle regroupe l'ensemble des organismes vivants du sol et peut représenter jusqu'à plusieurs dizaines de tonnes de matière fraîche par hectare.

LA BIOMASSE MICROBIENNE

Elle est constituée de champignons, de bactéries et d'algues. Les champignons interviennent dans la dégradation des débris végétaux. Les mycorhizes (champignons associés aux plantes) ont un rôle essentiel dans la nutrition des plantes. Leur pouvoir d'absorption de nutriments est supérieur à celui des cultures pour certains éléments (phosphore, azote).

Les bactéries participent aux processus de transformation des matières organiques (minéralisation et humification). Elles sont indispensables aux cycles du carbone et de l'azote du sol (bactéries fixatrices d'azote). Les algues accélèrent la dégradation de la roche-mère.

Champignons sur feuilles de banane - Photo IT²



Champignons sur écartis de tri en décomposition - Photo IT²



Champignons sur feuilles de banane - Photo G. Guida

LA FAUNE DU SOL

Elle regroupe les animaux vivants sur et dans le sol : fourmis, termites, vers de terre, iules, scolopendres, nématodes,... A eux seuls, les vers de terre représentent plus de la moitié de la biomasse animale (500 kg à 5 t/ha).



Fourmis et œufs - Photo G. Guida



Termites et larves - Photo G. Guida



Iule - Photo G. Guida



Vers de terre dans sa galerie - Photo IT²



Scolopendre - Photo IT²



Vers de terre - Photo IT²

L'activité de la faune du sol permet :

- la fragmentation des matières organiques fraîches : dégradation accélérée des débris végétaux ;
- un labour biologique : mélange des matières organiques avec la terre, création de porosité, formation d'agrégats stables (structure grumeleuse).

LA BIOMASSE VÉGÉTALE

Dans le sol, la biomasse végétale est constituée par les racines. La production de racines contribue à l'apport de matière organique au sol (racines mortes et exsudats racinaires). Pour exemple, la canne à sucre produit chaque année 7 t/ha de matière sèche de racines. Les exsudats racinaires peuvent représenter eux jusqu'à plusieurs dizaines de tonnes par hectare.

De composition variée (sucres, acides aminés, acides organiques, vitamines, hormones, enzymes...), ils constituent la nourriture des micro-organismes vivant autour des racines, micro-organismes ensuite impliqués dans divers mécanismes comme la nutrition des plantes et la protection des racines contre les agents pathogènes.

Racines - Photo IT²Racines - Photo IT²

1.1.2 La matière organique fraîche

Elle regroupe la litière (débris végétaux à la surface du sol) mais aussi, les racines mortes, les exsudats racinaires, les déjections et les cadavres d'animaux. Cette matière organique fraîche va servir de support et d'aliment à la faune et à la biomasse microbienne. Les résidus végétaux constituent la première source de matière organique des sols.

Litière sous forêt - Photo IT²Résidus de feuilles de banane - Photo IT²Litière de Brachiaria - Photo IT²

1.1.3 La matière organique labile

Aussi appelée matière organique transitoire, elle résulte de la décomposition de la matière organique fraîche. La majeure partie des nutriments issus de la minéralisation de la matière organique provient de cette fraction. Elle a donc une forte importance agronomique car **elle assure la fertilité à court terme (cycle d'une culture)**.

1.1.4 La matière organique stable : l'humus

L'humus provient de l'assemblage de certains produits transitoires et de matières minérales en de nouvelles molécules de plus en plus complexes. L'humus est en fait un mélange de molécules : acides créniques, acides hymatomélaniques, acides fulviques, acides humiques et humines. La matière organique stable représente couramment plus de 80% de la matière organique totale d'un sol. **Elle assure la fertilité du sol à moyen et long terme.** La teneur en matière organique donnée par l'analyse de sol correspond en grande partie à cette forme : l'humus.

LES DIFFÉRENTES FORMES DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

MO FRAÎCHE

Feuilles et racines mortes, déjections et cadavres d'animaux, composts, fumiers, engrais organiques,...



MO VIVANTE

Faune du sol

Insectes, vers de terre, iules, scolopendres, fourmis, nématodes,...

Fragmentation

Labour biologique

Biomasse microbienne

Champignons, bactéries, algues.



1.2- Évolution de la matière organique

La matière organique évolue suivant deux processus : la minéralisation et l'humification.

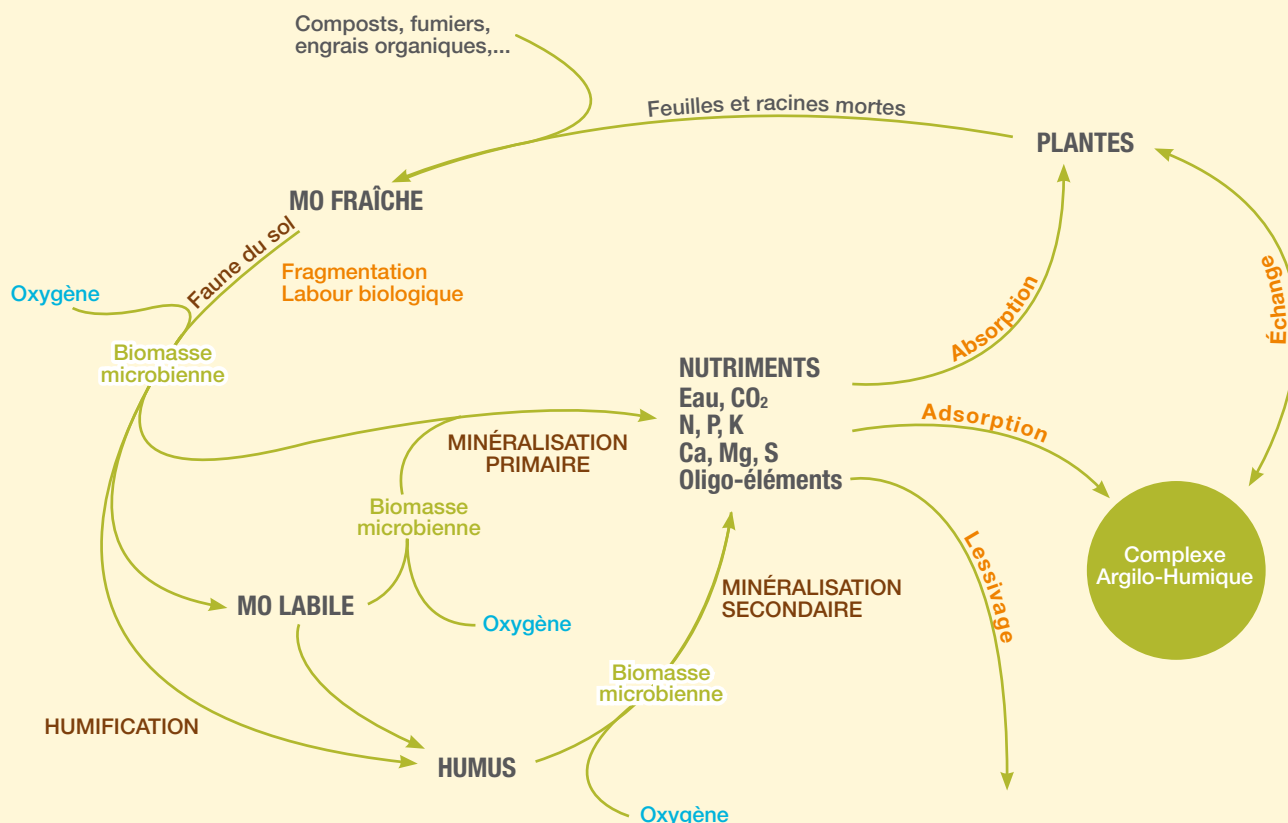
1.2.1 La minéralisation

Deux types de minéralisation ont lieu simultanément. La matière organique fraîche est découpée en petits morceaux et mélangée à la fraction minérale par la faune du sol. Ensuite la biomasse microbienne va transformer cette matière organique en dioxyde de carbone (CO₂), en eau et en éléments nutritifs : c'est la **minéralisation primaire**. Cette minéralisation fournit des quantités de nutriments très variables selon la nature et la quantité de matière organique apportée au sol (résidus de culture, litière des arbres et des arbustes, amendements et engrais organiques...).

La **minéralisation secondaire** correspond à la dégradation de l'humus. Cette minéralisation lente fournit une quantité d'éléments nutritifs régulière et assez indépendante des apports récents. Elle ne dépend que de l'activité de la biomasse microbienne. **La minéralisation secondaire correspond à une perte (ou une sortie) de l'humus du sol** (cf. schéma page suivante).

De nombreux facteurs ont un effet sur la minéralisation. Ces facteurs ont une action sur la minéralisation parce qu'ils agissent sur le développement et/ou l'activité des organismes vivants du sol.

SCHEMA GÉNÉRAL DE L'ÉVOLUTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS LE SOL



LA TEMPÉRATURE

Une faible température diminue l'activité des microorganismes du sol et par conséquent, limite la minéralisation. L'activité des microorganismes est à l'optimum pour une température comprise entre 25°C et 40°C. Sous nos climats, la minéralisation est rapide du fait des températures élevées.

L'HUMIDITÉ DU SOL

L'eau est essentielle au développement de la vie. Toutefois un excès d'eau empêche la circulation d'oxygène nécessaire à la respiration de la biomasse microbienne. De la même façon, un sol desséché réduit fortement l'activité et les populations des microorganismes.

Sol inondé - Photo IT²Sol desséché - Photo IT²

LA TENEUR EN OXYGÈNE

Tout comme nous, la très grande majorité des micro-organismes du sol a besoin d'oxygène pour vivre. Le manque d'oxygène réduit l'activité de la biomasse qui ne dégrade plus ou très peu la matière organique. Elle s'accumule et les éléments nutritifs ne sont pas disponibles pour les plantes. L'oxygène utilise la même voie de circulation que l'eau : la porosité. **Une bonne structure est donc favorable à la minéralisation.**

LE PH DU SOL

L'activité de la biomasse microbienne est favorisée pour un pH autour de la neutralité (6-7). Dans les sols très acides (pH = 4) la minéralisation est fortement réduite et la matière organique s'accumule en se dégradant très lentement.

LA COMPOSITION DU SOL

La teneur en matière organique, en éléments nutritifs (azote, phosphore), le type de sol, vont faire varier l'intensité de la minéralisation. La matière organique est la source alimentaire des microorganismes du sol. Plus il y en a, plus il y a "à manger". La minéralisation est plus importante dans les sols riches en matière organique. S'il manque de l'azote ou un autre élément, les microorganismes ne peuvent dégrader la matière organique. Dans les andosols, une partie de la matière organique est protégée par les allophanes. La biomasse microbienne ne peut attaquer la matière organique qui va s'accumuler. Dans ces sols, des teneurs élevées en matière organique (6 %) ne sont donc pas forcément synonymes de fertilité.

LA TENEUR EN CALCAIRE ACTIF

Une forte teneur en calcaire actif favorise la minéralisation primaire (structure grumeleuse) mais réduit la minéralisation secondaire. Le calcium du calcaire protège l'humus contre l'action des microorganismes.

LES PRATIQUES AGRICOLES

Le travail du sol, l'irrigation, la fertilisation, l'apport d'amendements calco-magnésiens et organiques, l'utilisation de produits phytosanitaires, les cultures mises en place vont modifier les facteurs présentés et ainsi affecter la minéralisation de la matière organique.

Le travail du sol est la pratique agricole qui a le plus d'impact sur l'évolution de la matière organique des sols :

- l'accès à la matière organique par les microorganismes est facilité dans un sol fragmenté ;
- l'activité de la biomasse est stimulée dans un sol aéré (augmentation de la teneur en oxygène).

Pulvérisateur à disques
("Rome Plow", herse) - Photo IT²



Parcelle labourée - Photo IT²



Chaque opération de travail du sol (hersage, décompactage, labour, roto-bêche, etc.) accélère la minéralisation, ce qui fait diminuer la quantité de matière organique du sol. Les Techniques Culturelles Simplifiées (TCS) et le Semis Direct (SD) permettent de limiter les perturbations au niveau du sol et ainsi l'appauvrissement en matière organique.

Semis direct sur mulch - Photo TranQuoc@cirad



1.2.2 L'humification

La matière organique végétale qui n'a pas été complètement décomposée va s'assembler pour former l'humus. Ce processus de formation de nouvelles molécules résulte de l'activité de microorganismes et de réactions chimiques complexes.

L'humification correspond à une entrée d'humus dans le sol. Comme pour la minéralisation, de nombreux facteurs ont un effet sur l'humification. Par exemple elle sera faible dans un sol très acide, dans un sol très humide ou dans un sol tassé.

1.3 Rôles de la matière organique

Pilier de la fertilité des sols, la matière organique a trois rôles majeurs :

- elle constitue une source d'énergie pour la vie du sol ;
- elle améliore les propriétés physiques du sol ;
- elle favorise l'alimentation des plantes cultivées.

1.3.1 Source d'énergie

La majorité des organismes vivants du sol tirent leur énergie du carbone de la matière organique. Elle est donc indispensable à leur développement.

Les apports de matière organique ont pour premier objectif de nourrir la vie du sol. Ce rôle est fondamental car sans vie dans le sol, il n'y a pas d'évolution de la matière organique (minéralisation et humification).

1.3.2 Amélioration des propriétés physiques

La matière organique vivante permet l'apparition d'une structure grumeleuse stable et idéale au développement des racines. Les racines fissurent, divisent et granulent la terre. La faune du sol fragmente la matière organique et la mélange avec la terre. La biomasse, en dégradant la matière organique, sécrète des substances collantes qui vont favoriser la formation d'agrégats stables (meilleure résistance à l'érosion). **C'est principalement la vie du sol qui crée la structure d'un sol.**

L'association de l'humus et de l'argile forme le complexe argilo-humique (CAH) qui permet de retenir certains éléments nutritifs. La matière organique améliore la capacité de rétention en eau du sol. Cette amélioration est particulièrement intéressante dans les sols sableux et filtrants.

1.3.3 Nutrition des plantes

La minéralisation libère de façon continue les éléments nutritifs contenus dans la matière organique. L'humus va favoriser l'alimentation des plantes en oligo-éléments en évitant le blocage de ces derniers dans le sol. La matière organique va fournir également des activateurs de croissance aux cultures.

1.4 Caractérisation de la matière organique par l'analyse de sol

Les analyses de sol réalisées en laboratoire ont pour objectif d'évaluer la fertilité des parcelles d'une exploitation. Réalisées de manière régulière, ces analyses permettent de juger si les pratiques de l'agriculteur améliorent ou dégradent la fertilité de ses sols.

Cependant l'analyse de sol traditionnelle ne renseigne que sur le taux de matière organique présent dans le sol. Des analyses complémentaires sont possibles pour caractériser plus précisément cette matière organique.

Prélèvement de sol pour analyse - Photo IT²



1.4.1 Le taux de MO du sol

Il est mesuré indirectement via la teneur en carbone organique du sol. On estime en effet que le taux de MO correspond à 1,72 fois le taux de carbone organique total mesuré au laboratoire. Le taux de MO aide à la gestion des apports de matière organique. Pour chaque type de sol, une valeur minimale a été définie (cf. tableau 1 page 12).

1.4.2 Le rapport C/N

C'est le rapport entre la teneur en carbone (C) organique et la teneur en azote (N) organique du sol. Il donne une information sur l'activité biologique du sol et sur le degré d'évolution de la matière organique.

On estime que la vitesse de décomposition de la matière organique est satisfaisante dans un sol avec **un rapport C/N compris entre 9 et 11**. En dessous de cette valeur, la matière organique se décompose rapidement avec un risque de lessivage des nutriments libérés par la minéralisation (matière organique très labile). Au dessus, l'activité biologique est réduite. La minéralisation est alors limitée, libérant peu d'éléments nutritifs pour la culture (matière organique très récalcitrante).

Laboratoire d'analyse - Photo IT²



1.4.3 La biomasse microbienne

Cette analyse permet une évaluation de la masse des bactéries et des champignons présents dans le sol. Pour rappel, c'est grâce à l'action de ces micro-organismes (qui dégradent la matière organique) que le sol fournit naturellement les éléments nutritifs aux plantes cultivées. L'analyse de la biomasse microbienne a surtout un intérêt en situation de comparaison : une parcelle avec des pratiques nouvelles par rapport à une parcelle avec des pratiques conventionnelles ; voir l'effet des rotations et des monocultures sur la vie du sol. On mesure alors l'impact des pratiques culturales sur la fertilité biologique du sol.

L'analyse doit être faite sur sol frais, donc rapidement après le prélèvement. De plus, celui-ci doit être effectué hors périodes de sécheresse et d'excès d'eau et autres perturbations (apports de matières fertilisantes, travail du sol...).

1.4.4 Le fractionnement de la matière organique

Comme nous l'avons vu précédemment, il existe différents types de matière organique. Le fractionnement permet de séparer la matière organique labile de la matière organique stable. Cette séparation se fait généralement selon la taille :

- > 0,05 mm, la matière organique labile (décomposition rapide, rôle alimentaire) ;
- < 0,05 mm, la matière organique stable (décomposition lente, amélioration des propriétés physiques du sol).

En fonction de la répartition des deux fractions, cette analyse permet de choisir le produit organique le plus adapté à apporter au sol. Par exemple, pour un sol avec une fraction stable importante, il est préférable d'apporter un produit organique à dégradation rapide (fientes, engrais organiques ou couverts végétaux en jachère).

Cependant, les références pour nos types de sol sont à consolider. Il faut donc faire attention à l'interprétation des résultats de cette analyse.

1.4.5 La minéralisation du carbone et de l'azote

La mesure de la vitesse de minéralisation du carbone permet d'estimer la quantité de matière organique qui peut être minéralisée chaque année, c'est-à-dire les réserves alimentaires disponibles pour la vie du sol. De cette manière on peut déterminer la quantité et le type de produit organique à apporter. Des valeurs faibles indiquent de faibles réserves : "les microorganismes ont faim". Ils ont du mal à survivre et à se développer. Il faut apporter un produit organique facilement dégradable pour stimuler l'activité biologique (fientes, lisier, engrais organique,...).

Pour l'azote, on obtient la quantité potentielle d'azote minéral fournie naturellement par le sol chaque année. Ceci permet ensuite d'ajuster la fertilisation azotée. Cependant, cette mesure est à utiliser avec prudence car, comme il a été cité ci-dessus (§1.2.1 La minéralisation), de nombreux facteurs agissent sur la minéralisation de l'azote.



Amendement organique avant épandage - Photo IT²

2- LA FERTILISATION ORGANIQUE

Pour augmenter ou entretenir le taux de matière organique de ses sols, l'agriculteur peut apporter des produits organiques d'origines diverses. Pour bien utiliser ces produits organiques, il faut connaître leur composition, leur intérêt agronomique et être en mesure de prévoir leur comportement dans le sol. Il faut également connaître le cadre réglementaire qui permet de limiter les risques environnementaux et sanitaires liés à leur utilisation.

2.1 Les grands types de produits organiques

Les produits organiques sont classés en trois catégories selon leur action sur le sol :

- amendements organiques ;
- engrais organiques ;
- engrais organo-minéraux.

Les amendements organiques permettent d'entretenir le compartiment humique du sol. Ils améliorent les caractéristiques agronomiques du sol :

- meilleure capacité de stockage des éléments nutritifs ;
- amélioration de la structure du sol et sa stabilité structurale ;
- rétention en eau augmentée.

Ils ont un effet à moyen et long terme.

Ce sont principalement des **produits d'origine végétale** ou en mélange avec des produits d'origine animale ou industrielle, mais la part végétale est majoritaire. Leur C/N est généralement élevé (15 à 20).

Compost de déchets verts - Photo IT²



Les **engrais organiques** et **organo-minéraux** apportent des éléments fertilisants aux cultures et favorisent l'activité biologique du sol. Leur action est de courte durée et ils n'enrichissent pas durablement le sol en humus. Leur C/N est faible (4 à 12). Ces produits se dégradent plus rapidement dans le sol.

- Les engrais organiques sont majoritairement des produits **d'origine animale et industrielle**, parfois associés à une base végétale.
- Les engrais organo-minéraux sont des engrais organiques mélangés à des engrais minéraux pour augmenter leur valeur fertilisante.

LA CENDRE DE BAGASSE

La cendre de bagasse est un sous-produit de la valorisation de la bagasse pour la production d'électricité. C'est un produit minéral, sans matière organique, qui contient du silicium, du potassium, du phosphore et du calcium. Il n'y a donc pas d'azote dans la cendre de bagasse.

Plusieurs indicateurs permettent de caractériser les produits organiques et de les comparer entre eux.

2.2 La caractérisation des produits organiques

2.2.1 Le taux de Matières Sèches (MS)

Ce taux permet de déduire la teneur en eau d'un produit organique. Par exemple, un produit à 35 % de MS contient 350 kg de MS par tonne de produit brut et... 650 kg d'eau ! Plus les teneurs en MS sont élevées, plus le produit sera sec, concentré et riche en éléments fertilisants par tonne épandue. Le taux de MS est un élément essentiel dans le choix du matériel d'épandage.

2.2.2 Le taux de Matière Organique (MO)

Le taux de MO est un indicateur important. La proportion de matières minérales (sels, sables,...) est parfois non-négligeable dans un produit organique, ce qui diminue sa teneur en MO. Si on cherche surtout à apporter de la matière organique au sol (et non des éléments fertilisants à la culture) on choisira un produit avec le taux de MO le plus élevé possible.

2.2.3 Le rapport Carbone sur Azote (C/N)

Ce rapport est souvent utilisé pour juger de l'aptitude d'un produit organique à se décomposer plus ou moins rapidement dans le sol. Il est généralement admis qu'un produit à C/N faible (entre 4 et 12) va être minéralisé rapidement en fournissant de l'azote. A l'inverse, un produit à C/N élevé (supérieur à 15) va se décomposer lentement en prélevant de l'azote au sol (risque de faim d'azote pour la culture). Cependant des études montrent que le rapport C/N ne traduit pas dans tous les cas la vitesse de décomposition. Il faut alors tenir compte de l'ensemble de la caractérisation afin de prévoir cette décomposition.



Prélèvements de produits organiques pour analyses - Photo IT²

2.2.4 ISB, CBM et ISMO

L'indice de stabilité biologique (ISB) et la caractérisation biochimique de la matière organique (CBM) sont réalisés en laboratoire pour prédire la biodégradabilité des produits organiques apportés au sol.

L'ISB est exprimé de 0 à 1 ou de 0 à 100 % et donne le rendement potentiel en humus d'un produit organique.

La CBM permet de classer les produits organiques selon leur biodégradabilité et donc selon leur usage agronomique.

L'ISMO est l'indice le plus récent et communément utilisé. Il est similaire à l'ISB. Il s'exprime en pourcentage et donne le rendement potentiel en humus. Par exemple, un compost avec un ISMO de 70 % veut dire que 70 % de la matière organique (taux de MO) du produit donneront potentiellement de l'humus.

2.2.5 La teneur en éléments fertilisants

Certains produits organiques ont une valeur fertilisante non négligeable pour un ou plusieurs éléments : azote (N), phosphore (P), potassium (K), magnésium (Mg), calcium (Ca), soufre (S), oligo-éléments. Ces valeurs sont généralement exprimées en ‰ (1 ‰ = 1 kg/tonne).

La valeur fertilisante d'un élément donné (N, P, K, Mg, Ca, S, etc) dans un produit organique est estimée par son coefficient d'équivalent-engrais (CE), exprimé en %. Ce coefficient correspond à la quantité de l'élément qui est directement assimilable par la culture. Par exemple, 40 tonnes d'un compost qui dose à 9 kg N/tonne avec un CE de 10 % fournira $40 \times 9 \times 10\% = 36$ kg d'azote directement utilisable par la culture. Le reste sera libéré plus tard, au fur et à mesure de la minéralisation.

2.2.6 La concentration en éléments traces métalliques (ETM)

Certains produits organiques contiennent des ETM dont l'accumulation dans le sol peut provoquer une toxicité pour la culture et pour l'environnement. Les ETM pris en compte sont l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le sélénium (Se) et le zinc (Zn).

La réglementation a fixé des concentrations maximales en ETM dans les produits organiques qui sont à respecter ainsi que des quantités maximales d'apports par année et sur 10 ans.

2.2.7 La proportion d'inertes

Les inertes correspondent aux éléments très peu ou non biodégradables qui peuvent être présents dans certaines sources de matière organique et qui vont persister durablement

Compost de déchets verts - Photo SITA



dans les sols après épandage. Il s'agit du verre, des métaux, des plastiques et des textiles.

2.2.8 La granulométrie

Cette information n'est pas toujours disponible. Cependant la granulométrie ainsi que la structure du produit (sous forme de bouchons par exemple) influent sur la vitesse de minéralisation : plus le produit est grossier, plus il va mettre du temps à se décomposer.

2.3 Principes de mise en œuvre

Les produits organiques ont deux actions agronomiques :

- une **action amendante** : apport de matière organique pour l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol ; l'objectif est d'augmenter ou de maintenir la teneur en MO du sol.
- une **action fertilisante** : apport d'éléments nutritifs à la plante.

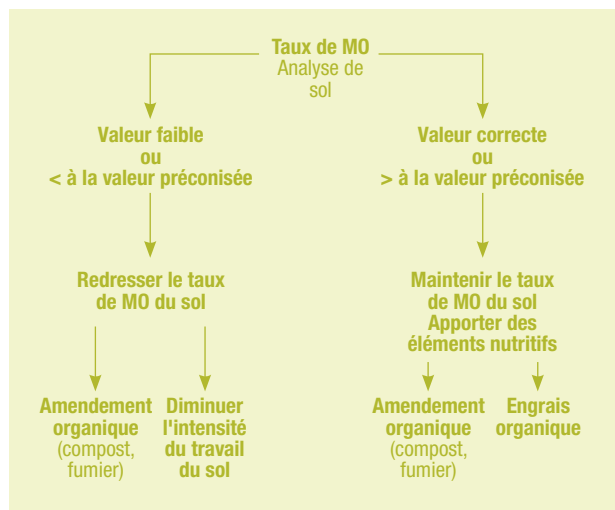
Ils seront alors utilisés pour l'une ou l'autre de ces actions, voire les deux.



Épandage mécanisé de compost sur jeune plantation de bananiers - Photo SOBANOR

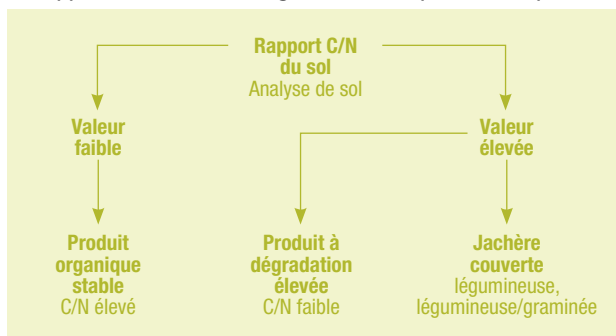
2.3.1 Choisir le type de produit

Le taux de MO déterminé par l'analyse de sol renseigne sur l'état organique du sol. La valeur de ce taux permet de raisonner l'apport d'un produit organique.



SCHEMA SIMPLIFIE DU RAISONNEMENT DE L'APPORT D'UN PRODUIT ORGANIQUE A PARTIR DU TAUX DE MO DU SOL

Le rapport C/N du sol doit également être pris en compte.



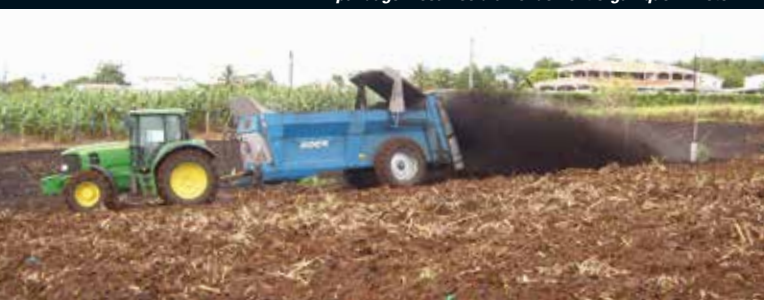
SCHEMA SIMPLIFIE DU RAISONNEMENT DE L'APPORT D'UN PRODUIT ORGANIQUE A PARTIR DE LA VALEUR DU C/N DU SOL

Le fractionnement des matières organiques du sol et le C/N de chaque fraction permettent d'avoir un autre niveau de précision pour le choix du produit organique à apporter :

- pour un sol où la fraction de MO labile est majoritaire, avec un C/N de 15, on pourra apporter un produit organique stable de type compost de déchets verts qui saura être dégradé dans ce sol ;
- pour un sol où la fraction de MO labile est majoritaire, avec un C/N de 40, on choisira plutôt d'apporter un produit à dégradation rapide (fientes, guano, lisiers) ;
- pour un sol où la fraction de MO stable est très importante avec un C/N de 9, on choisira un produit organique à dégradation progressive tel qu'un engrais organique élaboré, sur base végétale de type tourteaux.

L'objectif d'une fertilisation organique ne doit pas être d'augmenter le stock de matière organique du sol mais de mettre en circulation cette matière organique en améliorant les propriétés physiques, chimiques et biologiques. Cette amélioration est liée majoritairement aux flux de matière organique dans les sols (résidus, apports de produits organiques) et non à la quantité stockée.

Épandage mécanisé d'amendement organique - Photo IT²



2.3.2 Estimer la quantité à apporter

Comme on a pu le voir précédemment, de nombreux facteurs influent sur le fonctionnement du sol et sur la vitesse de dégradation de la matière organique. L'estimation des quantités à apporter à une culture est donc un exercice difficile et doit être basé sur un objectif précis.

2.3.2.1 Redresser le taux de MO

Il faut apporter la quantité d'humus nécessaire pour avoir un taux de MO correct.

a) Calculer la valeur d'augmentation de taux à atteindre :

$$\text{VALEUR D'AUGMENTATION DU TAUX DE MO (\%)} = \text{Taux de MO optimal (\%)} - \text{Taux de MO de l'analyse de sol (\%)}$$

Type de sol	Matière Organique (%)	C/N
Andosol perhydraté	> 10	9 - 11
Andosol	> 7	
Andosols sur tufs et Bruns andiques	> 5	
Andosols sur ponces	> 3	
Peu évolués sur ponces	> 3	
Brun rouille à halloysite	> 3,5	
Ferrallitiques et Ferrisols	> 3,5	
Vertisols	> 3,5	
Alluvions à montmorillonite	> 3	

TABLEAU 1. VALEUR OPTIMALE DU TAUX DE MO POUR CHAQUE TYPE DE SOL

EXEMPLE :

- . Dans un andosol l'analyse de sol donne un taux de MO = 5,8 %.
- . Le taux optimal est 7 % (cf. tableau 1).
- . Valeur d'augmentation du taux de MO = 7 % - 5,8 % = 1,2 %

Dans notre exemple, il faut augmenter le taux de MO de 1,2 % pour atteindre un taux optimal.

Amendement organique épandu sur sol nu - Photo IT²



Épandage de lisier de porc - Photo IT²

b) Déterminer la quantité d'humus à apporter pour atteindre le taux de MO optimal :

$$\text{QUANTITÉ D'HUMUS À APPORTER (T/HA)} = \text{Masse de terre fine (t/ha)} \times \text{Valeur d'augmentation taux MO (\%)}$$

avec

$$\text{MASSE DE TERRE FINE (T/HA)} = \text{Densité apparente} \times 3\,000 \text{ t/ha}^*$$

*Valeur pour l'analyse de sol pour une profondeur de 30 cm.

Densité apparente	Type de sol
0,9	Andosol sur tufs
0,5	Andosol sur ponces
0,65	Andosol perhydraté
0,8	Andosol
1,2	Sols peu évolués sur ponces
0,9	Brun andique
1	Brun rouille et ferrallitique
1,25	Ferrisols
0,95	Alluvions à montmorillonite
1,05	Vertisol

TABLEAU 2. DENSITÉ APPARENTE MOYENNE DES DIFFÉRENTS TYPES DE SOL

Épandage mécanisé d'amendement organique - Photo IT²**AVEC L'EXEMPLE PRÉCÉDENT :**

- . En andosol, la densité apparente est de 0,8 (cf. tableau 2).
- . Masse de terre fine = $0,8 \times 3\,000 \text{ t/ha} = 2\,400 \text{ t/ha}$
- . Quantité d'humus à apporter = $2\,400 \text{ t/ha} \times 1,2 \% = 28,8 \text{ t/ha}$

Pour redresser le taux de MO de notre exemple au taux optimal, il faut apporter 28,8 t/ha d'humus.

c) Déterminer la dose produit à apporter :

Pour cette étape, il faut connaître les caractéristiques du produit choisi soit par les fiches de ce guide ou en les demandant au fournisseur du produit.

Premièrement, on estime le potentiel humigène du produit (kg d'humus/tonne de produit) :

$$\text{POTENTIEL HUMIGÈNE DU PRODUIT (KG/T)} = \text{Taux de MO du produit (kg/t)} \times \text{ISMO (\%)}$$

Deuxièmement, on déduit la quantité de produit à apporter :

$$\text{QUANTITÉ DE PRODUIT À APPORTER POUR REDRESSER LE TAUX DE MO (T/HA)} = \frac{\text{Quantité d'humus à apporter (kg/ha)}}{\text{Potentiel humigène du produit (kg/t)}}$$

Plateforme de compostage
- Photo Holdex Environnement

Paillages de courgette - Photo Cirad

AVEC L'EXEMPLE PRÉCÉDENT.

- Nous avons choisi un compost de déchets verts à 250 kg/t de MO sur MB (matière brute) et à un ISMO de 70 %.
- . Potentiel humigène du produit = $250 \text{ kg/t} \times 70 \% = 175 \text{ kg d'humus/tonne de produit}$.
 - . Quantité de produit à apporter pour redresser le taux de MO = $28\,800/175 = 164,57 \text{ t/ha}$.

Pour redresser le taux de MO à une valeur optimale (augmentation de 1,2 %), il faut apporter 165 t/ha du compost de déchets verts choisi.

Avec ce calcul, la quantité de produit à apporter est considérable (coût élevé). Aussi, l'apport d'une telle quantité peut induire des problèmes de faim d'azote. L'apport peut être étalé sur plusieurs années (40 t/ha tous les 2 à 3 ans).

Notre méthode de calcul ne prend pas en compte l'humus apporté par la culture (ou la plante de couverture) ni les pertes par la minéralisation de la matière organique.

En banane, les résidus (feuilles, pseudo-troncs, racines) peuvent restituer jusqu'à 4 t/ha/an d'humus. **Une partie de l'apport d'humus pourra être assurée plus facilement et à un moindre coût par le recours à des plantes de couverture en jachère à forte production de biomasse**, le Brachiaria par exemple.

La simplification du travail du sol permet de limiter considérablement les pertes d'humus. Associée à l'apport de matières organiques et à l'utilisation de plantes de couverture, ces techniques permettent d'améliorer le taux de MO du sol.

Il est plus facile de stabiliser et de maintenir le taux de matière organique existant dans le sol que d'essayer de le ramener à ce qu'il était avant. Votre première action à réaliser est de faire attention à la vie qui existe dans vos sols.

2.3.2.2 Maintenir le taux de MO

Les apports de matières organiques effectués pour maintenir un taux de MO à une valeur optimale compensent les pertes d'humus par minéralisation.

Ces pertes annuelles peuvent être très variables suivant les sols et leurs historiques culturaux, mais peuvent être estimées par calcul. Pour cela, il faudra calculer la perte annuelle en MO par minéralisation, en appliquant le pourcentage annuel de minéralisation du sol (coefficient de minéralisation, K2) à la masse de terre fine (t/ha).

$$\text{PERTE ANNUELLE EN MO PAR MINÉRALISATION (T/HA/AN)} = \text{K2 (\%)} \times \text{MASSE DE TERRE FINE (T/HA)}$$

La perte annuelle calculée correspond ainsi à la quantité d'humus à apporter (t/ha). Enfin, pour déterminer la dose de produit à apporter pour maintenir le taux de MO, le raisonnement est le même que pour redresser le taux de MO (cf. 2.3.2.1, encadré c), p13).



Apport de BRF sur concombre - Photo Cirad

Mulch de crotalaire en maraîchage - Photo Cirad

En banane, des apports de l'ordre de 40 à 60 t/ha d'amendement organique (composts, fumiers) avant plantation ou 15 t/ha chaque année suffisent à maintenir le taux de MO du sol.

Avec l'introduction de jachères couvertes et la réduction de l'intensité du travail du sol, ces apports peuvent être réduits.

2.3.2.3 Apporter des éléments nutritifs à la culture

Dans cet objectif, on choisira des produits organiques de type engrais organique. Leur minéralisation rapide fournit des éléments nutritifs facilement assimilables par la culture.

On peut estimer la quantité d'éléments nutritifs apportés par un produit organique disponible l'année de l'apport.

$$\begin{aligned} &\text{QUANTITÉ DE L'ÉLÉMENT NUTRITIF} \\ &\text{DIRECTEMENT ASSIMILABLE (KG/HA) =} \\ &\text{Quantité élément nutritif du produit organique (kg/t)} \\ &\quad \times \\ &\text{Coefficient équivalent-engrais de l'élément pour ce produit (\%)} \\ &\quad \times \\ &\text{Quantité de produit organique apporté (t/ha)} \end{aligned}$$

Coefficient équivalent-engrais (CE)	Valeurs
CE-N et CE-S	60 % : lisiers, fientes 10 % : composts
CE-P ₂ O ₅	100 % : fumiers de bovins, caprins, porcs, cheval – lisier de bovin 85 % : lisier de porc et composts dérivés - boues de STEP 65 % : lisier de volailles - lisier de lapin - fientes, fumiers, composts de volailles
CE-K ₂ O, MgO et CaO	100 % pour toutes les matières organiques

TABLEAU 3. COEFFICIENTS ÉQUIVALENT-ENGRAIS SELON LES TYPES DE MATIÈRES ORGANIQUES (Guide de la fertilisation organique à la Réunion - CIRAD et Chambre d'Agriculture de la Réunion, 2006)

EXEMPLE : FIENTES DE POULES PONDEUSES

Élément nutritif	N	P205	K20
Teneur en kg/t	10,5	27,3	13,5

Pour un apport de 20 t/ha de ces fientes :

Quantité d'azote (N) directement assimilable =
10,5 kg x 60 % x 20 t/ha = 126 kg/ha
Quantité de phosphore (P205) directement assimilable =
27,5 kg x 65 % x 20 t/ha = 358 kg/ha
Quantité de potassium (K20) directement assimilable =
13,5 kg x 100 % x 20 t/ha = 270 kg/ha

L'apport de compost ne doit pas être raisonné en fonction des éléments nutritifs qu'il contient. Seulement 10 % de l'azote est directement assimilable. Les 90 % restant seront libérés lentement sur plusieurs années.

La dose conseillée dépend de nombreux facteurs. Et, il manque encore des connaissances et des références pour proposer une méthode de calcul précise. **Il est donc nécessaire d'adapter cette dose à votre situation et à votre objectif.**

2.3.3 A quelle période faire les apports ?

Par rapport au climat, il est déconseillé de faire des apports :

- **En période très sèche** (février - mars), sauf si la parcelle est irriguée, car l'humidité n'est pas suffisante pour le développement des microorganismes. Le produit organique se dégrade lentement et les éléments nutritifs ne sont pas ou très peu valorisés par la culture.
- **En période très pluvieuse** (septembre à novembre) pour les produits de types engrais (lisiers, fientes). Le risque de perte d'éléments nutritifs par lessivage est élevé durant cette période.

Les apports de produits organiques doivent se faire de la façon la plus homogène possible sur toute la surface de la parcelle et sans enfouissement (sauf contrainte réglementaire). Enfouie profondément, la matière organique se décompose mal et consomme l'oxygène du sol, au détriment des racines.

Avant plantation faites des apports de produits de type amendement (composts, fumiers). Ces apports sont généralement importants (40 à 60 t/ha). Des apports d'amendements organiques peuvent se faire aussi en cours de cycle pour les cultures pérennes et semi-pérennes.

En cours de culture, préférez les produits de type engrais (lisiers, fientes, engrais organiques du commerce).

Préférez l'apport d'effluents d'élevage (fumier, lisier, fientes) en jachère couverte :

- le passage des engins sera plus facile et le tassement réduit ;
- les éléments nutritifs seront rapidement mobilisés par le couvert qui produira plus de biomasse et limitera les pertes par lessivage.

L'apport de lisiers ou de fientes sur sol nu n'a pas de sens. Ces produits apportent surtout des éléments nutritifs et peu d'humus. S'il n'y a pas de plantes pour capter ces éléments, ils seront perdus ! Optez donc pour un apport au plus proche de la plantation ou sur jachère couverte.

APPORT DE MO PAR LA JACHÈRE COUVERTE

Les plantes de couverture en jachère ont pour rôles principaux d'assainir la parcelle et d'améliorer la structure du sol. Ces plantes sont aussi une source importante d'apport de matières organiques au sol. Cet apport se fera en surface mais aussi en profondeur par la dégradation des racines. La culture d'un couvert végétal va stimuler la vie du sol et ainsi permettre de «débloquer» l'évolution des matières organiques de certains sols.



Couvert de Brachiaria - Photo IT²

CONCLUSION

Même si l'intégration des matières organiques (en articulation avec une fertilisation classique) dans les pratiques de fertilisation agricole va dans le sens d'une meilleure fertilité des sols, il n'y a évidemment pas de réponse ou d'itinéraire technique miracle. Intégrer une composante organique dans un système de production agricole passe par la compréhension fine des processus en cours au niveau du sol de chaque parcelle. Comme dans le cas de la lutte phytosanitaire, les capacités d'observation, d'analyse et d'adaptation des pratiques à son propre contexte de production, sont les meilleures armes du producteur.

Mélange Brachiaria et Crotalaires - Photo IT²



BIBLIOGRAPHIE

- **Cahurel Jean-Yves, 2012.** *Raisonnement de la fertilisation organique en viticulture biologique, Journées Techniques Légumes et Cultures Pérennes Biologiques* - 11-13 décembre 2012 - Avignon.
- **Cécile Waligora, 2010.** *Racines et sol : un monde de communications et d'équilibres*, TCS n°57, mars/avril/mai 2010, p18-28. Consultable en ligne : <http://agriculture-de-conservation.com/Racines-et-sol-un-monde-de.html>
- **Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin, 2011.** *La fertilité des sols : L'importance de la matière organique* - décembre 2011.
- **Chambre d'Agriculture de Gironde, 2009.** *Questions/ Réponses sur les amendements organiques*. Brèves n°34, décembre 2009. Consultable en ligne : http://www.vinopole.com/uploads/tx_vinoexperimentation/Amendements_organiques.pdf
- **Chambre d'Agriculture du Languedoc-Roussillon, 2011.** *Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon*, Guide technique, Tome 1 et 2 - novembre 2011.
- **Chambre d'Agriculture de Picardie, Agro-Transfert Ressources et Territoires, 2007.** *Sols et Matières Organiques*. Consultable en ligne : http://www.agro-transfert-rt.org/index.php/fr/component/docman/doc_download/219-memento-sols-et-matiere-organique-2007
- **Chambre Régionale d'Agriculture de Provence-Alpes-Côte d'Azur, 2012.** *Adapter les Apports Organiques au sol, Les Sols Vivants Bio, Matières Organiques*, Fiche n°3, septembre 2012. Consultable en ligne : http://www.cas-asso.com/uploads/rte/File/DossiersPresse/Les%20sols%20vivants%20Bio/3_Adapter_les_apports.pdf
- **CIRAD et Chambre d'Agriculture de la Réunion, 2006.** *Guide de la fertilisation organique à la Réunion*.
- **Galan Marie-Béatrice, 2009.** *État des lieux concernant la gestion des effluents d'élevages monogastriques en Guadeloupe*. Propositions de valorisation agronomique des effluents, Chambre d'Agriculture de la Guadeloupe - novembre 2009.
- **Geoffroy F., 1985.** *Utilisation de la banane par les ruminants*. Revue de l'Élevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux 38, 92-96 in Archimède.
- **H., Gourdine J.-L., Fanchone A., Alexandre G., Marie Magdeleine C., Calif E., Fleury J., Anais C., Renaudeau D., 2011.** *Le bananier et ses produits dans l'alimentation animale, Innovations Agronomiques*, vol. 16, pp. 181-192.
- **Institut de l'Élevage, ITAVI, ITCF, ITP, 2001.** *Fertiliser avec les engrais de ferme*.
- **ITAB, 2001.** *Guide des matières organiques*, Tomes 1 et 2, deuxième édition.
- **ITV France.** *La matière organique*, fiche 3. Consultable en ligne : http://www.vignevin.com/fileadmin/users/ifv/publications/A_telecharger/Fich3_MatierOrgan.pdf
- **Marie Philippe, 1996.** *Références sol/plante pour la nutrition minérale et hydrique du bananier aux Antilles*, CIRAD-FLHOR - novembre 1996.
- **Sierra Jorge et Simphor Axelle, 2011.** *Caractérisation biochimique et estimation du potentiel humique des composts de Sita Verde (Guadeloupe)*, INRA Antilles-Guyane, Université des Antilles-Guyane, Rapport de stage Master 2 - mai 2011.
- **Soltner Dominique, 2005.** *Les bases de la production végétale*, Tome 1 *Le sol et son amélioration*, 24^{ème} édition, Sciences et techniques agricoles.
- **Institut Technique Tropical, 2013.** *Petit guide pratique de la matière organique*, Édition 1 (Martinique et Guadeloupe).



it²

INSTITUT
TECHNIQUE
TROPICAL

C/o BANAMART | Bois Rouge - 97224 DUCOS
☎ 0596 42 43 44

www.it2.fr

