République Démocratique Populaire Lao
Paix Indépendance Démocratie Unité Prospérité
_********

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DES FORETS

PROGRAMME DE CAPITALISATION EN APPUI A LA POLITIQUE DE DEVELOPPEMENT RURAL

POINT D'APPLICATION DES BOLOVENS

GUIDE TECHNIQUE POUR LE MAINTIEN DE LA FERTILITE DES SOLS ET LA FERTILISATION DES CAFEIERS

B. Sallée,
Assistant technique PAB
05/2006

Quelques principes de base

La conservation de la fertilité du sol, et son amélioration, dans la caféière, est un des éléments les plus importants de la réussite de la caféiculture.

Le sol procure au caféier :

- Les éléments essentiels pour son développement et sa production ; ces éléments sont appelés « nutriments ».
- Un milieu de stockage et approvisionnement en eau,
- De l'oxygène pour la respiration des racines,
- Un support mécanique pour l'ancrage du caféier.

Pour qu'un sol permette une production, il doit avoir :

- Une capacité adéquate de rétention de l'eau,
- Une bonne aération,
- Une bonne quantité de matière organique en décomposition,
- Une quantité appropriée de nutriments et
- Une grande capacité d'échange cationique.

La fertilité d'un sol c'est la capacité que possède ce sol de fournir les quantités nécessaires de nutriments aux cultures, sous une forme facilement absorbable.
La fertilité d'un sol dépend en grande partie du type et quantité d'argile et de matière organique (M.O.), da sa texture et structure.

Les fertilisants ce sont toutes les substances ou matériaux solides, liquides ou gazeux qui contiennent au moins un élément essentiel pour la plante.

La fertilisation c'est la pratique d'application des fertilisants, d'amendements organiques ou à base de calcaire.

La fertilisation est avec la taille, l'une des 2 composantes techniques les plus importantes pour assurer une bonne production de café que ce soit pour le *Coffea arabica* comme pour le *Coffea canephora.*

La fertilisation n'est rentable que si la caféière est bien entretenue et taillée. Elle est inutile dans une économie de cueillette.

Le type de fertilisation et la quantité épandue dépendent :

- Du sol dont on connaît les caractéristiques par l'analyse,
- Du climat,
- De l'espèce et la variété cultivée,
- De la densité de plantation,
- Du rendement attendu.

L'idéal est de pratiqué une fertilisation organique à base de compost et engrais organiques. Malheureusement ce n'est pas toujours possible et il est possible de recourir à une fertilisation mixte : minérale et organique.

Le sol est vivant et fragile. Dans un hectare de prairie fertile, on compte un milliard d'insectes, 2 milliards d'acariens, 100 milliards de nématodes, plusieurs millions de lombrics. Dans chaque gramme de terre on compte un million d'algues et près d'un milliard de bactéries qui sont les organismes les plus nombreux.

Les organismes vivants de la terre se classent en 3 catégories :

a) la macrofaune
b) la mésofaune et
c) les micro-organismes.

La macrofaune, ce sont les animaux (saprophages[1]) que l'on peut voir à l'œil nu : lombrics, mille-pattes, fourmis, termites, larves de coléoptères, escargots, autres insectes, etc. Leur rôle fondamental est de transformer la matière organique en humus qui est utilisé par des organismes plus petits.

La mésofaune, ce sont les animaux de taille intermédiaire entre macrofaune et organismes microscopiques : nématodes[2], collemboles[3] et acariens[4], principalement. Ils contribuent aussi à la transformation de la M.O. en humus.

Les micro-organismes sont les principaux agents de décomposition de la M.O. dans le sol. Ils sont microscopiques et, en grande majorité, unicellulaires. Ils sont classifiés en 5 groupes : les bactéries, les champignons, les actinomycètes[5], les protozoaires et les algues. Les micro-organismes transforment l'humus et la M.O. en éléments assimilables par la plante. Ils ont beaucoup d'autres fonctions (comme par exemple la fixation de l'azote de l'air par les bactéries *Rhizobium*) et sont totalement fondamentaux dans la relation sol-plante. L'action de l'homme (herbicide, sarclage du sol, feu, etc.) sont extrêmement néfastes pour les micro-organismes. L'utilisation d'engrais chimiques détruit aussi une grande partie de ceux-ci comme de la méso- et macrofaune.

Nom	*Classification*	*Activité*
Lombric Mille-pattes Larves de coléoptères Larves de lépidoptères (papillons), Escargots, Fourmis, Termites, Etc.	Macrofaune. (visible à l'œil nu)	Trituration de la M.O., Action mécanique dans le sol (mélange, aération), Production d'humus et autres aliments pour des organismes plus petits.
Acariens, Gastéropodes, Collemboles, Nématodes.	Mésofaune. (taille intermédiaire)	Décomposition de la M.O. Production d'enzymes Décomposition des composés organiques, Régulation des populations de bactéries et champignons, Parasites de la macrofaune Parasites des cultures (nématodes en particulier)
Bactéries, Champignons, Actinomycètes, Prtozoaires (amibes) Algues.	Micro-organismes.	Dégradation de tous les composés organiques et mise à disposition de la plante, Interface entre monde biotique et abiotique, Parasites de macrofaune, mésofaune et micro-organismes,

[1] Saprophage : Se nourrissant de matière en décomposition.

[2] Les Némathelminthes (ou Nématodes) (appelés couramment "vers ronds") sont des eumétazoaires ecdysozoaires pseudocoelomates, représentés presque uniquement par la classe des nématodes

[3] Les collemboles (Collembola) sont un ordre d'euarthropodes hexapodes. Ils sont parfois considérés comme des insectes primitifs (ils sont aptères et amétaboles c'est-à-dire dépourvus d'ailes et ne passant pas par une phase larvaire). Ils se nourrissent de matières végétales décomposées, de champignons, de pollens, etc.

[4] Petits arachnides (araignées).

[5] Les actinomycètes (Actinobacteria Lynn Margulis, 1974) sont un groupe de bactéries Gram-positives. La plupart d'entre elles se trouvent dans le sol, et elles comprennent quelques-uns des principaux acteurs de la vie du sol, y jouant un rôle important dans la décomposition des matières organiques, comme la cellulose et la chitine.

		Régulation des populations dans toutes les chaînes alimentaires.

Les besoins du caféier

Le sol ne peut apporter que ce qu'il possède. On peut le comparer à un réservoir d'éléments nutritifs. Si l'on enlève des éléments avec les récoltes, le réservoir se vide (le sol s'appauvrit).

Le producteur qui n'apporte pas d'éléments nutritifs dans sa caféière appauvrit son sol : la production de café baisse et il laissera à ses enfants une caféière non rentable avec un sol presque stérile.
Dans une caféière arabica de 3 ans qui produit une tonne (1000 kg) de café marchand par hectare, les demandes en éléments nutritifs sont les suivants (en kg d'élément/ha/an) :

ARABICA	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Racines et tronc	15,4	5,0	31,4	13,2	3,6
Branches	14,3	4,6	22,8	8,4	5,5
Feuilles	52,9	22,9	54,2	26,3	11,3
Cerises (récolte)	29,5	5,9	41,4	4,6	5,5
Total	**112,1**	**38,4**	**149,8**	**52,5**	**25,9**

On a à peu près les mêmes chiffres pour le café robusta, pour une production de une tonne de café marchand :

CANEPHORA	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Cerises (récolte)	33,4	6,1	44,0	5,4	4,2

Si l'on considère les besoins de croissance du caféier, on a un bilan annuel suivant pour un rendement de une tonne de café marchand par hectare et par an

Besoins annuels Café	N	P_2O_5	K_2O
Kg d'éléments	135	34	145

L'analyse de sol

Une bonne fertilisation ne peut se calculer qu'à partir des résultats d'analyse de sol.

Le système racinaire du caféier est composé essentiellement d'un pivot, de racines latérales profondes d'ancrage, avec peu de chevelu et de racines latérales superficielles très ramifiées. Ces dernières sont les plus nombreuses et forment un abondant chevelu qui explore tout l'horizon de sur face. On considère que 80 à 90% des racines du caféier se trouvent dans les 20 premiers centimètres du sol[6]. C'est donc ces 20 premiers centimètres qu'il faut analyser et éventuellement corriger.

Dans une caféière en production, il faut prélever au moins 20 « carottes » (sur 20 cm de profondeur) de sol réparties sur toute la surface de la caféière. Il faut prélever 1/3 des carottes sous la jupe des caféiers et 2/3 dans l'interligne. Les carottes de sol doivent être mélangées très soigneusement avant de prélever un échantillon d'environ 1 kg.

[6] La présence du tissu racinaire du caféier en superficie impose aussi de ne jamais remuer le sol lors des sarclages. Les sarclages à l'aide de longues machettes qui attaquent le sol sont très néfastes pour le caféier.

Les résultats peuvent être interprétés suivant les critères suivants :

Paramètres	*Niveau*		
	Bas	*Moyen*	*Haut*
pH (H_2O)	4,5	5,5	6,5
P total (Phosphore) en % P_2O_5	0,5	1	1,5
P assimilable en ppm[7] (méthode Olsen Dabin)	30	45	60
P assimilable en ppm (méthode Troug)	15	22	30
CEC[8] en meq[9]/100g	5	10	25
Pourcentage de saturation en bases	40	60	100

Pour calculer la saturation :

$$\text{Saturation en \%} = \frac{\Sigma\ K + Mg + Ca \text{ en meq/100g (Somme des bases échangeables)}}{\text{CEC en meq/100g}}$$

Pour la matière organique et les bases, les niveaux dépendent de la texture du sol et particulièrement du pourcentage d'éléments fins (somme des pourcentages d'argile + limons)

Rappel :

	Taille des particules
Argile	0 à 2 microns
Limon fin	2 à 20 microns
Limon grossier	20 à 50 microns
Sable fin	50 à 200 microns
Sable grossier	200 à 2000 microns

Un micromètre (symbole µm ; il est couramment appelé micron) est égal à
1 µm = 10^{-6} m = 0,000 001 m = 0,001 mm

Pour un **pourcentage d'éléments fins de 18%**

Paramètres	*Niveau*		
	Bas	*Moyen*	*Haut*
Matière Organique M.O. (en %)	1,43	2,40	3,61
K en meq/100g	0,10	0,18	0,46
Ca en meq/100g	2,08	4,09	7,91
Mg en meq/100g	0,37	0,63	1,03
Somme des bases en meq/100g	2,55	4,90	9,40

Pour un **pourcentage d'éléments fins de 28%**

Paramètres	*Niveau*		
	Bas	*Moyen*	*Haut*
Matière Organique M.O. (en %)	2,17	3,50	7,17
K en meq/100g	0,14	0,35	0,85
Ca en meq/100g	2,61	5,35	12,57
Mg en meq/100g	0,45	0,95	1,58
Somme des bases en meq/100g	3,20	6,65	15,00

[7] Partie par million
[8] Capacité d'échange cationique
[9] Milli équivalent

Pour un **pourcentage d'éléments fins de 41%**

Paramètres	*Niveau*		
	Bas	*Moyen*	*Haut*
Matière Organique M.O. (en %)	3,09	4,50	9,81
K en meq/100g	0,24	0,42	1,08
Ca en meq/100g	3,03	5,88	18,67
Mg en meq/100g	0,68	1,20	2,25
Somme des bases en meq/100g	3,95	7,50	22,00

De plus, pour le caféier, les rapports entre bases échangeables sont importants (antagonisme entre bases)

Les limites sont les suivantes :

Rapport	*Limite inférieure*	*Limite supérieure*
Mg / K	2	5
Ca / K	3	14
Mg / Ca	0,2	0,8

Matière organique et fertilité du sol

La matière organique (M.O.) est fondamentale pour le sol. La fertilité du sol et particulièrement le taux de matière organique sont essentiels pour assurer une caféiculture durable.

Par exemple, dans une caféiculture intensive avec emploi de fertilisants minéraux et désherbage chimique (herbicide), le taux de M.O. tend à baisser, les relations entre bases échangeables sont déséquilibrées. Le sol se lessive plus vite, s'érode et à tendance à se compacter. A moyen terme la production de la caféière baisse (ce qui oblige à utiliser plus de fertilisants minéraux entraînant une accélération du phénomène) et les caféiers deviennent susceptibles aux maladies du sol (nématodes, *Fusarium*, *Rosellinia*, etc.).

Pour maintenir la fertilité du sol et le taux de matière organique, les pratiques suivantes sont importantes :

- Maintenir un ombrage dans la caféière (robusta et arabica), de préférence de Légumineuses (Erythrines, *Leucaena*, *Mimosa*, *Glericidia*, *Inga*, etc.),
- Couvrir le sol au moins au pied des caféiers avec du paillage (à la fin de la saison des pluies)
- Apporter du compost régulièrement,
- Protéger le sol (plantes de couverture comme : *Pueraria*, *Mucuna*, *Flemingia congesta*, *Arachis pintoi*, *Leucaena*, etc.)
- Dans le cas de sols pentus utiliser la plantation en courbes de niveau et les barrières anti-érosives,

Dans tous les cas, il faut aussi :

- Interdire l'usage d'herbicides,
- Limiter au maximum l'utilisation de fertilisants minéraux,
- Interdire de toucher au sol,
- Interdire les plantations sans ombrage.

Les 3 maîtres mots d'une conduite de caféière durable sont : **OMBRAGE**, **PAILLAGE** et **COMPOST**.

L'**ombrage** (caféières robusta et arabica)

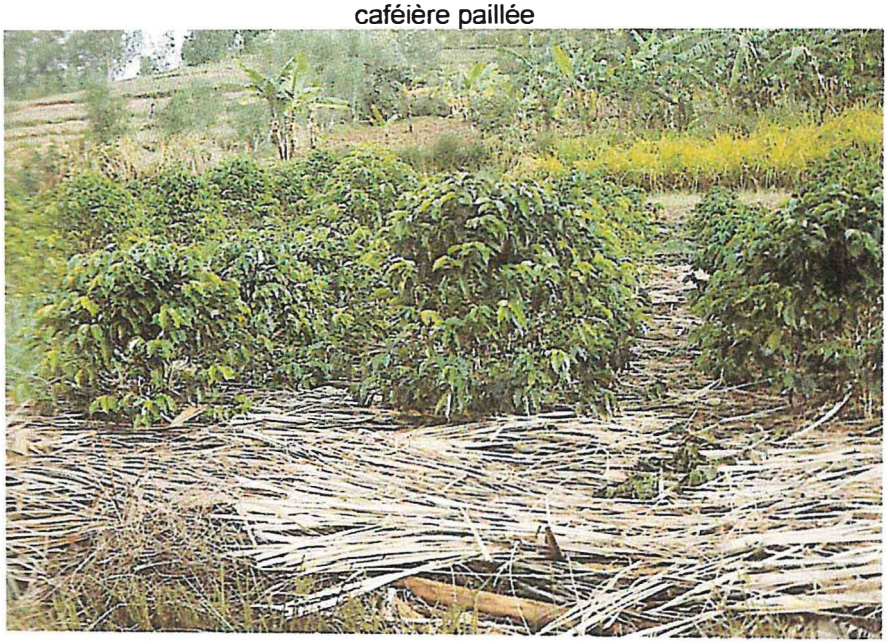
- Limite la croissance des adventices, donc réduit les coûts de désherbage,
- Réduit l'oxydation et donc l'appauvrissement en matière organique (M.O.),
- Améliore la floraison du caféier,
- Enrichit le sol en M.O. (feuilles, fruits, etc.)
- Les Légumineuses fixent l'azote de l'air et donc enrichissent le sol en azote,
- Protège contre les fluctuations brusques de température,
- Protège contre les risques de gel et les vents violents,
- Limite l'impact des pluies et donc l'érosion,
- Améliore la qualité du café (augmentation de la durée entre floraison et maturation)

Le **paillage** :

- Elimine l'effet d'impact de la pluie sur le sol, donc limite l'érosion et le tassement du sol,
- Régule la température du sol,
- Limite l'évaporation du sol et retient l'humidité du sol (particulièrement important en saison sèche)
- Réduit la croissance des adventices (végétation naturelle) et donc réduit le coût de désherbage et empêche la competition,
- Augmente le pH du sol,
- Améliore la texture du sol,
- Apporte de la matière organique du sol,
- Apporte des éléments minéraux,
- Améliore la qualité du café

Paillage de jeunes caféiers et culture intercalaire de haricots

caféière paillée



Le **compost** :

- Améliore la rétention d'eau du sol,
- Diminue les effets d'érosion,
- Améliore la pénétration de l'eau,
- Améliore la texture du sol,
- Apporte des éléments nutritifs pour le caféier,
- Rend assimilables les éléments du sol,
- Corrige la toxicité du sol,
- Améliore le pH du sol,
- Améliore la rétention des éléments minéraux par le sol,
- Améliore, en général, la fertilité du sol
- Augmente le nombre de micro et macro organismes du sol.

La fertilisation organique : le compost

Le compost est le résultat de la dégradation d'un mélange de matières organiques par des micro-organismes.

Dans le compost, la décomposition des résidus organiques est réalisée par une fermentation aérobie (avec de l'air). Cette fermentation est réalisée par des bactéries, des champignons et autres micro-organismes qui transforme la M.O. (métabolise la M.O.) en éléments assimilables pour la plante..

Les facteurs importants pour la réalisation du compost sont :

- La relation C/N (carbone sur azote) des matériaux employés,
- L'oxygène,
- L'eau (humidité),
- La température.

La relation C/N.

Pour un bon compost, il faut que cette relation soit comprise entre 20 et 30.

La majeure proportion de carbone se trouve principalement dans les résidus végétaux secs, restes de maïs, résidus de riz (pailles), herbes sèches, etc. La source d'azote (N) se trouve principalement dans les fumiers et lisiers animaux, les feuilles vertes (légumineuses surtout), les résidus de culture maraîchère, etc.

Si la relation C/N est au dessus de 30, le processus d'humification de la M.O. s'arrête et la décomposition de la M.O. est lente. Si la relation C/N est trop basse, en dessous de 20, les micro-organismes libèrent une partie de l'azote dans l'atmosphère sous forme d'ammoniaque.

La relation C/N de quelques résidus organiques est la suivante :

Matériau	*Relation C/N*
Sciure de bois	500/1
Résidus de maïs, de riz	70/1
Fougères	43/1
Graminées vertes	12/1
Urine	0,8/1
Fumier de vache	18/1
Lisier de porc	12/1
Fumier de chèvre	10/1
Fumier de volailles	7/1

L'oxygène

L'oxygène est essentiel pour la fermentation et la transformation de la M.O. par les micro-organismes.

Pour bien oxygéner le compost, il faut le retourner, environ 1 mois après l'avoir monté.

La température

Dans la fermentation aérobie, quand le compost est bien humide (voir plus loin) et oxygéné, la température monte rapidement (en 1 ou 2 jours) jusqu'à 75°C. A cette température, les graines des adventices et les germes pathogènes sont détruits. Elle reste élevée pendant un certain temps puis redescend vers 40°C avant de se stabiliser à température ambiante.

L'humidité

L'humidité est essentielle dans le processus de fermentation. La compost ne doit être ni trop humide, ni trop sec (voir le moyen de le vérifier dans la partie suivante). Si les matériaux de départ sont trop secs, il faut les humidifier en montant la pile de compost.

Réaliser un compost. Les étapes

1) **Réunir les matériaux**. On réunit les matériaux organiques à sa disposition en tas, autour de l'endroit où l'on va monter le compost. Dans la zone du plateau, on peut citer : pulpes de café, coque de café, bouses de vache, de buffle, lisier de porc, herbes, feuilles, déchets de récoltes, restes de choux, de haricots, mauvaises herbes de la caféière, cendres de bois, déchets de cuisine, balles et pailles de riz, restes de bananiers, fumier de poules, éventuellement sciures, etc. Il faut veiller à ne pas mettre de bois ou de branches. Les matériaux grossiers (troncs de bananiers, grosses feuilles de teck, etc.) doivent être réduits en petits morceaux.

Matériau	*% N*	*% P*	*% K*	*% Ca*	*% Mg*
Fumier de bovins	0,7	2,5	4		
Lisier de porcins	1,1	0,5	0,7		
Fumier de poules	4	3	1		
Pulpe de café	2	0,19	3	1,5	0,25
Cendres de bois	0	1,8	5,5	23,3	2,2
Feuilles de ricin	5,5	2,5	1,25	1,28	0,28
Feuilles de *Gliricidia sepium*	2	0,18	2,25	0,68	0,21
Feuilles d'érythrine	4,9	0,29	1,5	1,45	0,25

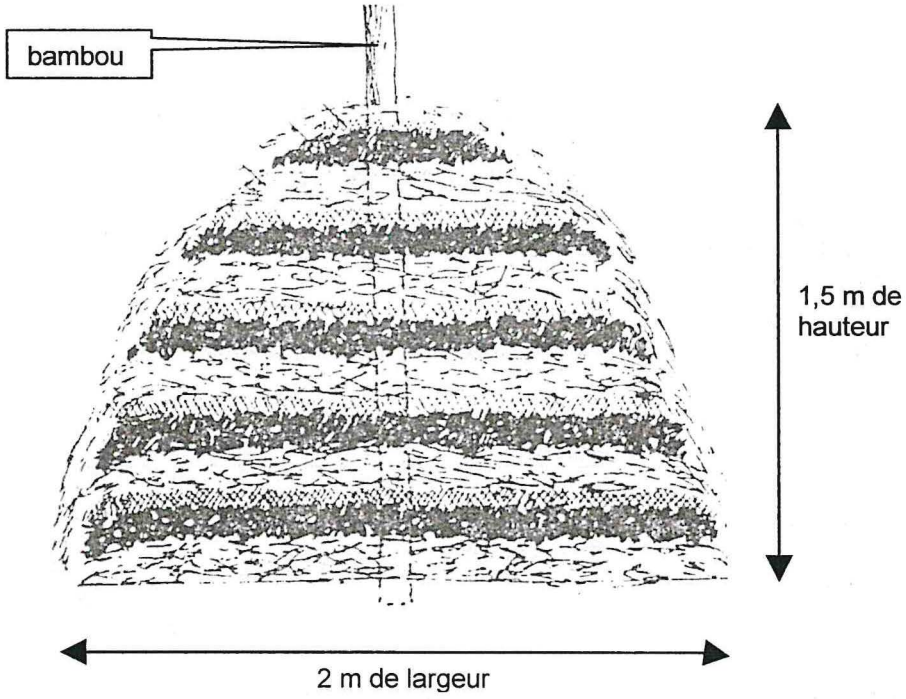
2) **Calculer les bonnes dimensions**. Durant le processus de fermentation, le volume de compost va se réduire des 2/3 (il ne restera qu'un tiers du volume). Une pile de compost de 3 m^3 se réduit ainsi à 1 m^3. 1 m3 de compost est à peu près équivalent à 600 kg de matière. Si l'on décide d'apporter 2 kg de compost par caféier, dans une caféière de 1 100 pieds de *Coffea canephora* (robusta) par hectare (plantés à 3m X 3m), alors il faut :

   - Poids de compost nécessaire/ha : 2 kg x 1100 = 2200 kg
   - Volume de compost fermenté : 2200 kg / 600 kg = 3,66 m^3
   - Volume de la pile de compost au départ : 3,66 m^3 x 3 = 11 m^3
   - Soit une pile de 2 m de largeur en bas, 1,5 m de largeur en haut (forme trapézoïdale), 1,5 m de hauteur et environ 4,20m de longueur.

3) **Tracer les dimensions au sol**. A l'aide d'un cordeau, on trace les dimensions nécessaires à la pile de compost.

4) **Mettre des poteaux de bambou**. On place au centre de la pile en largeur et tous les m en longueur, des bambous de 2m de haut. Ces bambous serviront pour l'oxygénation et l'infiltration d'eau (éventuellement, l'arrosage).

5) **Monter la pile de compost**. Les matériaux se mettent par couche. On commence par une couche d'herbe ou de feuilles. Les matériaux sont arrosés si ils sont trop secs. Quand on a atteint la hauteur requise (environ 1,5 m), on couvre la pile soit avec du plastique, soit avec des feuilles de bananiers et des fougères, soit avec un peu de terre (1 à 2 cm) et des feuilles de bananiers.



6) **Surveiller la température et l'humidité**. Pour cela, deux jours après avoir monté la pile de composte, on enfonce une machette dans la pile pendant 5 minutes. Si la machette sort humide et froide, le compost est trop humide et les micro-organismes travaillent mal. Il faut donc retourner la pile. Si la machette sort sèche et chaude, cela veut dire que le compost chauffe trop et qu'il faut ajouter de l'eau par les trous des bambous. Si la machette sort sèche et froide, le compost est trop sec et il n'y a pas assez d'azote (fumier). Si la machette sort chaude et humide, cela veut dire que la fermentation va bien.

Test de la machette

	Froide	*Chaude*
Sèche	Pas assez d'eau Pas assez d'azote (fumier, lisier, herbes vertes). Refaire la pile.	Pas assez d'eau Arroser la pile et introduire de l'eau par les trous des bambous.
Humide	Trop d'eau. Retourner la pile en incorporant des herbes sèches ou des feuilles.	Bien. La fermentation se produit correctement.

7) **Retourner la pile**. La fermentation du compost étant aérobie, il faut aérer régulièrement la pile. On retournera la pile une ou deux fois toutes les 3 semaines.

8) **Le compost est mûr**, prêt à l'emploi en 2 ou 3 mois, quand il a une couleur noire et qu'il sent l'humus, la terre forestière.

Voici, à titre d'exemple, la composition de certains composts. C'est un exemple car il est bien évident que les teneurs en nutriments du compost dépendront totalement des matériaux utilisés.

	% N	*% P*	*% K*	*% Ca*	*% Mg*
Compost	1,5	0,7	1,6	4,7	0,45
Lombricompost	2,9	0,6	0,14	1,72	0,38

Le **compost de lombric** ou **lombricompost** est particulièrement intéressant et bénéfique pour les plantes. Il s'agit d'utiliser les lombrics (particulièrement le lombric rouge californien *Eisenia foetida*) pour la transformation de la matière organique. On utilise beaucoup cette technique en Amérique Latine pour la transformation de la pulpe de café.

Le compost étant de décomposition lente, il est apporté au pied des caféiers une fois par an. La meilleure époque est avant la fin des pluies, fin octobre. Le compost qui sera recouvert d'un paillage permettra de conserver l'humidité dans le sol et le caféier résistera mieux à la saison sèche.

Quand le compost est utilisé comme seule fertilisation, voici les doses recommandées par caféier :

Conditions	*Quantité/caféier/an*
Jeune plant d'arabica (sol fertile)	1 kg
Plants de 0 à 2 ans dans un sol érodé	2 kg
Caféiers en production, bien taillés, sol fertile	1 à 2 kg
Caféiers en production sol pauvre et érodé	3 kg
Caféiers en production, feuillage jaunâtre, taches rouges et noires	2 kg

Si la fertilisation est mixte (organique et minérale) on apportera un minimum de 1 kg par caféier.

Dans une caféière arabica plantée à 2mx1m, soit 5 000 pieds/ha, le fait d'apporter un kg de compost par ha et par an donne le bilan suivant

	kg N	*kg P*	*kg K*	*kg Ca*	*kg Mg*
Apport par hectare et par an	75	35	80	235	22,5

Il est très important d'insister énormément sur la **fertilisation organique** et la **fabrication de compost**. Les effets sur le sol et la production sont spectaculaires sur le moyen et long terme. L'utilisation de compost est une des clefs de la **caféiculture durable**.

La fertilisation minérale

La fertilisation minérale peut être bénéfique si, et seulement si, elle est raisonnée. La fertilisation raisonnée est une fertilisation calculée en fonction a) de la nature du sol et son contenu en éléments minéraux, b) des besoins du caféier et c) des objectifs de production.

Il est important le rôle de chaque nutriment dans le café. En distinguant macro- et micro-éléments. Les macroéléments sont : azote (N), Phosphore (P), potasse (K), calcium (Ca) et magnésium (Mg). Les micro-éléments importants pour le caféier sont : le zinc (Zn), le Bore (Bo), le soufre (S), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu) et le fer (Fe). Le rôle de l'aluminium (Al) sera analysé à part.

L'azote (N)

L'azote est essentiel pour la croissance végétative du caféier. Il augmente le développement des branches et feuilles. Il influence directement la production par l'augmentation le nombre de fleurs et fruits et par l'allongement de la vie des feuilles.

Au niveau moléculaire, l'azote fait partie de la chlorophylle. Il intervient dans tout le processus de formation des tissus de la plante. C'est un constituant des acides nucléiques, donc de l'information génétique.

L'azote est l'élément qui a le plus d'importance dans la production du caféier (voir tableau de la réponse des essais d'engrais dans différents pays, plus loin).En caféiculture, les recommandations varient entre 60 et 200 kg d'azote par hectare et par an.

Le *Coffea canephora* a moins besoin d'azote que l'arabica. Les déficiences en azote sont beaucoup plus fréquentes pour les caféières en plein soleil. Lors d'une déficience en azote le feuillage du caféier devient jaune pâle et il est plus sensible aux maladies.

L'azote apporté en fin de saison des pluies permet au caféier de mieux résister à la sécheresse.

Le potassium (K)

C'est le deuxième élément le plus important pour le caféier. Le potassium est particulièrement important pour le développement et le mûrissement des cerises de café. Il améliore le poids et la qualité de la récolte.

Le potassium est bien présent dans les sols volcaniques et les sols paillés.

Le potassium est antagonique du calcium et magnésium. Un sol riche en potassium montre souvent des déficiences en calcium et magnésium, et réciproquement. De même, un excès de potassium inhibe l'effet positif de l'azote donc limite la production du caféier.

L'équilibre K :Ca :Mg est très important pour le caféier. L'optimum est 6 :76 :18%.

C'est seulement avec une analyse de sol que l'on peut décider des apports en potassium.

La déficience en potassium se traduit par des taches marrons, avec des limites bien marquées, sur le bord des feuilles adultes (vieilles).

Déficience en potassium.

Le phosphore (P)

Le caféier n'est pas exigeant en phosphore. Beaucoup d'essais de fertilisation avec du phosphore n'ont pas donné de résultats significatifs.

Cet élément est cependant important pour le développement des racines et du jeune bois. Les essais d'apport de phosphore dans le trou de plantation se sont révélés très positifs. Pour les sols très acides on recommande 200g de phosphate tricalcique (superphosphate triple) par trou. 100g dans les autres cas.

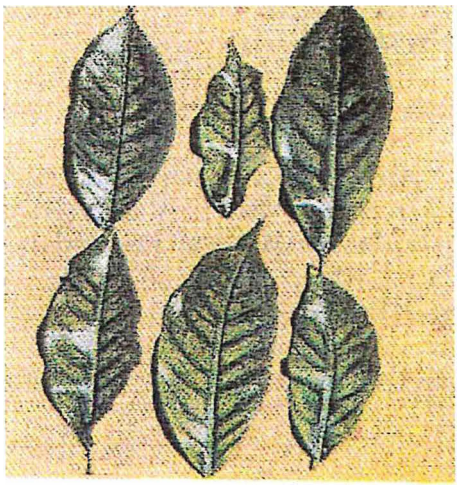
Le phosphore est antagonique du zinc. La déficience en zinc étant fréquente en caféiculture, il faut faire attention avec les apports en phosphore.

Si l'on utilise la fertilisation organique à base de compost, aucun apport de phosphore supplémentaire n'est nécessaire.

Calcium (Ca) et Magnésium (Mg).

Le calcium est important pour la formation des bourgeons et des fleurs. Le magnésium est un des constituants de la chlorophylle et donc important pour la photosynthèse.

La déficience en magnésium est fréquente chez le caféier et facilement reconnaissable sur les feuilles (l'espace entre les nervures devient pâle vert olive et les nervures restent vert foncé)



Déficience en magnésium

Les déficiences en calcium et magnésium affectent la qualité du café. Les recommandations d'application en calcium et magnésium sont casées sur l'analyse de sol et, en particulier, sur l'analyse des rapports K :Ca :Mg.

Les apports en Calcium sont nécessaires en cas d'acidité forte du sol et de toxicité de l'aluminium (voir plus loin)

Bore (B)

Les déficiences en bore sont fréquentes chez le caféier. En général, les bourgeons terminaux meurent, provoquant une importante ramification, et la bout de la branche prend une apparence de « balai ».

Zinc (Zn)

La déficience en zinc est aussi fréquente chez le caféier. Les jeunes feuilles deviennent étroites, petites, perdent leur couleur (sauf les nervures).

Calculer la fertilisation minérale

Souvent, dans les essais de fertilisation, seul l'azote a une réponse positive.
Dans le tableau ci-dessous sont répertoriées les réponses des caféiers aux trois macroéléments N, P et K dans des essais menés par différents chercheurs, dans des sols divers.

Pays	*Réponse à*		
	N	*P*	*K*
Angola	+	x	x
Brésil	+	x	+
Brésil	+	x	+
Colombie	+	x	+
Costa Rica	+	x	+
Costa Rica	+	x	-
El Salvador	+	+	-
Philippines	+	0	-
Philippines	+	0	-
Inde	+	0	0
Kenya	+	x	x
Porto Rico	+	x	+
Porto Rico	+	x	+
Porto Rico	+	x	x
Tanzanie	+	x	x

Dans ce tableau, on peut conclure trois règles :

a) la **réponse à l'azote est toujours positive**, quel que soit le sol,
b) la **réponse au phosphore est souvent non significative** parce que le caféier n'est pas exigeant pour cet élément. Une réponse est parfois positive lorsque le sol est très pauvre en phosphore.

c) La **réponse au potassium dépend du sol**. Elle est positive lorsque le sol est pauvre et déséquilibré en bases échangeables. Elle n'est pas significative lorsque le sol est riche en potasse. Elle peut être négative par antagonisme avec l'azote.

Donc, en l'absence d'analyse de sol, privilégier l'azote N

Pour la quantité d'azote on peut s'appuyer sur le tableau suivant :

Conditions	*U N/ha/an*	*Observation*
Robusta non taillé, peu entretenu, rendement : 100 à 300kg/an	0	La fertilisation n'est pas rentable dans ces conditions.
Robusta entretenu, rdt : 400 à 700 kg/an, densité 1100 pieds/ha	60 à 100	
Arabica jeune (0 à 2 ans), 5000 pieds/ha	40 à 70	L'année de plantation 40 U, les années suivantes entre 60 et 70
Arabica jeune en fertilisation mixte (organique et minérale)	30	Plus 500 g de compost par plant et par an
Arabica adulte, intensif, rendement supérieur à 1000 kg de parche/an	120 à 200	La quantité dépendra du rendement.
Arabica adulte en fertilisation mixte (organique et minérale), rendement > 1t	60 à 125	Plus 1 kg de compost par plant et par an

Les quantités sont données en Unités d'Azote par hectare et par an, c'est-à-dire en kg d'azote/ha/an.

Pour savoir quelle quantité d'urée on doit appliquer, le calcul est le suivant :

Dans une caféière entretenue de robusta, je veux appliquer 60 UN/ha/an
L'urée contient 46% de N

La quantité d'urée par hectare et par an est donc : Q = 60 / 0,46 = 130 kg d'urée

Si je l'applique en 2 épandages (début et fin des pluies) et que la densité de plantation est de 1111 pieds /ha (3m x 3m), la quantité épandu par épandage et par caféier est la suivante (en grammes) :

q = 130 000 / (2 x 1111) = 58,5 g / caféier/ épandage (soit à peu près 60 g)

Le coût de cette fertilisation est de 515 000 Kips (prix de l'engrais en mai 2006). Donc, je dois attendre une augmentation de production d'au moins 51,5 kg au prix de vente du kg de robusta à 10 000 Kips/kg.

Pour le phosphore, en l'absence d'analyse de sol, on se contentera du programme suivant :

100 à 200 g de superphosphate triple, dans le trou de plantation.
30 unités de phosphore par hectare et par an uniquement pour les jeunes plants de 1 et 2 ans.

Pour la potasse, il est difficile de se prononcer sans analyse de sol. Par précaution, on apportera la moitié des quantités d'azote par ha et par an, surtout à partir de la 3^{e} année.
Si l'on pratique la fertilisation mixte, avec apports de compost, on n'apportera pas de potasse. De même si l'on paille les caféiers.

En résumé, nous présentons quelques programmes de fertilisation.

Programme pour une nouvelle plantation d'arabica Catimor de 5000 pieds par ha (2m x1m)

A la plantation (dans le trou)	100 g de super triple (48% de P)	Si possible 500 g de compost bien mûr/trou
Année de plantation (octobre)	15 g d'urée par pied	Plus 500 g de compost/pied
Année 1 et 2 (avril et octobre)	20 g/pied de 15-15-15 en avril 10 g/pied d'urée en octobre.	Plus 500 g de compost/pied en octobre. Plus paillage des jeunes plants.
Année 3 et suivantes	20 g/pied d'urée en avril et octobre.	Plus 1 kg de compost/pied en octobre

Caféière arabica industrielle en fertilisation minérale uniquement (Catimor à 5000 pieds/ha), sans analyse de sol (ce cas est peu recommandable)

A la plantation (dans le trou)	100 g de super triple (48% de P)
Année de plantation (octobre)	30 g/ pied de 15-15-15
Année 1 et 2 (avril et octobre)	30 g/pied de 15-15-15 en avril 20 g/pied d'urée en octobre.
Année 3 et suivantes	40 g/pied d'urée en avril et octobre. 30 g/pied de chlorure de potasse KCl (60% de K)

Caféière robusta en cours de régénération plantée à 1 100 pieds par ha (taille sévère et recépage sur 2 ou 3 ans). L'objectif est de produire 1 tonne de café marchand/ha.

Années de taille	70 g/caféier d'urée en avril	Plus 1 kg de compost/pied en octobre
Années suivantes	70 g/pied d'urée en avril et octobre.	Plus 1 kg de compost/pied en octobre

Dans tous les cas, la meilleure époque pour la fertilisation est à la reprise de végétation (début de saison des pluies, soit avril ou mai, cela dépend de l'altitude) et en fin de saison des pluies.

Il faut toujours fertiliser après une grosse pluie, lorsque le sol est très humide et en l'absence de risque prochain de pluie (pour éviter la perte du fertilisant par lessivage)

Si le sol est nu, il faudra enfouir légèrement le fertilisant. Si le sol est jonché de feuilles, restes de paillages on épandra le fertilisant à la volée sous la jupe du caféier. Si l'on pratique la fertilisation mixte, on épandra l'engrais minéral et immédiatement après le compost.

Les sols acides : le chaulage

Souvent les sols des caféières sont très acides. On peut le savoir grâce à l'analyse de sol, en mesurant le pH (inférieur à 4,5) et surtout en dosant l'aluminium échangeable en milliéquivalents pour 100g.

Une forte concentration en aluminium est toxique pour le caféier. Il faudra donc pratiquer un chaulage avec de la chaux agricole ou de la dolomie (si il existe un déséquilibre en magnésium).

La quantité à apporter est la suivante

CaO (en kg/ha) = 1.5 x 28,1 x 1,4 X 20 x meq Al = 1 180,2 x meq Al

Dans cette formule:

1,5	c'est la quantité de meq Ca nécessaire pour neutraliser 1 meq d'Al
28,1	c'est le nombre de mg de CaO pour obtenir 1 meq de Ca
1,4	c'est la densité moyenne de la terre en g/cm^3
20	c'est la profondeur du sol à corriger en cm
meq Al	est donné par l'analyse de sol

Pour corriger la toxicité de l'aluminium, les quantités de chaux à appliquer sont importantes. On pourra la fractionner sur plusieurs années en réalisant des analyses de sol pour suivre les effets.

Le chaulage est souvent nécessaire mais délicat en caféiculture. Le caféier aime les sols acides. En général on assiste à un effet positif après le chaulage puis, quelque temps après, à un effet négatif sur le caféier.