RAPPEL DES PRINCIPES Page II
L'ANALYSE DE SOL Page III
LES BONNES PRATIQUES DE FERTILISATION Page IV
LES FORMULES D'ENGRAIS DISPONIBLES en N/P/K Page V
ORIGINE ET COMPOSITION DES CENDRES DE BAGASSE Page VI
USAGE ET EFFETS DES CENDRES DE BAGASSE Page VII
EVALUATION DE L'EFFET CHAULAGE DE L'APPORT DE CENDRES Page VIII







cahier technique
la canne N°2 septembre 2003

La fertilisation



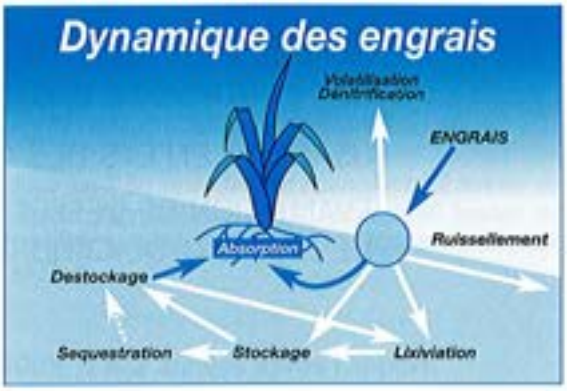
RAPPEL DES PRINCIPES

Quels sont les besoins de la canne ?

La canne a besoin de certains éléments minéraux pour sa croissance. C'est une culture assez exigeante en azote-phosphore-potasse (N/P/K), dont une grande partie est exportée avec la récolte. En plus de ces exportations, des pertes résultent de :

- L'érosion du sol.
- Du lessivage des éléments solubles, par l'excès de pluie ou d'arrosage.

Pour maintenir le potentiel de production, ces éléments minéraux doivent être remplacés par des apports d'engrais.



Quels sont les symptômes de déficience visibles sur la canne ?

- **Déficience en azote**

Feuilles vert-clair jaunissantes, mort prématurée des vieilles feuilles.

- **Déficience en phosphore**

- Feuilles étroites ayant une couleur vert foncé bleuissant.
- Vieilles feuilles jaunissantes avec bouts et bords secs.
- Développement racinaire réduit.

- **Déficience en potassium**

- Jaunissement et dessèchement caractéristiques des bords et des bouts des feuilles, provoquant finalement un brunissement total de la feuille.
- Symptômes plus évidents sur les feuilles plus âgées.
- Tiges minces et molles.
- Les plantes souffrant de carences en K présentent un faible nombre de feuilles par tige.

- **Déficience en calcium**

- Jeunes feuilles jaunes, possibilité de mort du fouet.
- Points jaunes devenant brun, avec dessèchement de la partie centrale sur les feuilles plus âgées.

- **Déficience en magnésium**

- Jeunes feuilles vert-clair, puis jaunissantes.
- Vieilles feuilles avec des point jaunes, puis bruns orangé.

Quelles sont les conséquences des excès ?

- **Excès en azote**

Cycle allongé et mauvaise qualité des jus, baisse de la richesse.

- **Excès en phosphore**

Peut bloquer l'absorption d'oligo-éléments tels que zinc, cuivre et fer.

- **Excès en potassium**

Surconsommation perdue car sans apport supplémentaire pour la canne.

L'ANALYSE DE SOL

Pourquoi faire une analyse de sol ?

Faire une analyse de sol permet de juger de la fertilité d'une parcelle et de proposer une fumure adaptée. La validité d'un conseil de fumure d'entretien ou de correction est donc indissociable de l'analyse des sols. Les fertilisants appliqués, ajoutés aux réserves du sol, doivent permettre une production optimale en fonction du milieu (ensoleillement, eau, température). Ce qui est important, ce n'est pas la quantité d'engrais apportée, mais la quantité d'unités fertilisantes. L'objectif est de faire un apport en N/P/K en rapport avec la teneur en N/P/K du sol.
Les résultats obtenus après des apports raisonnés en fonction de l'analyse de sol, ont un effet très significatif sur le rendement au bout de 4 à 5 ans.

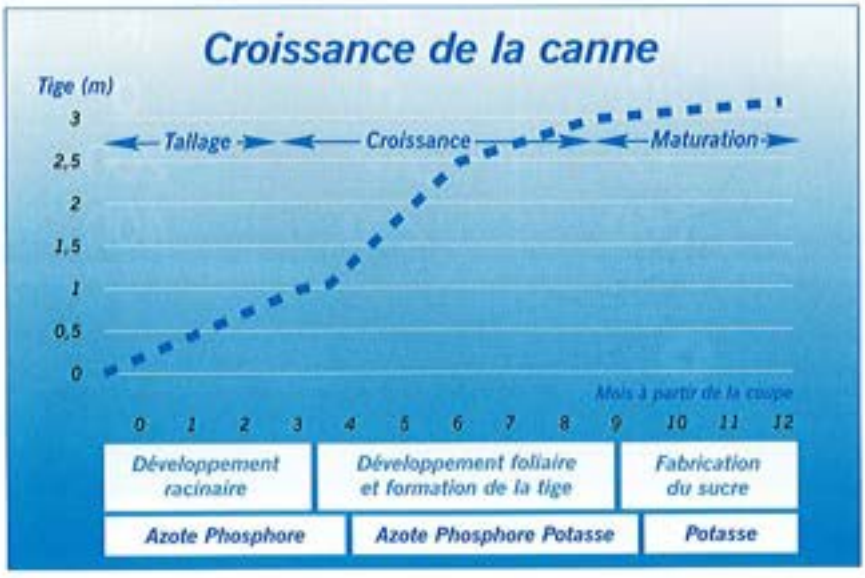
Que faire pour qu'une analyse de sol caractérise bien la fertilité de la parcelle ?

- Le prélèvement doit être effectué sur un sol propre, c'est à dire juste après la coupe.
- Le prélèvement doit être représentatif de la parcelle.
- La parcelle où est prélevé l'échantillon doit être bien localisée.

Quand demander l'analyse de sol ?

Le plus tôt possible avant la replantation, le mieux étant de le faire l'année précédant la replantation, afin de pouvoir appliquer, dans les meilleures conditions, les recommandations de correction du sol.

Quand faut-il apporter l'engrais ?



Il faut mettre l'engrais suffisamment tôt, c'est à dire dès la fin de la coupe de la parcelle, car les besoins de la canne sont très importants pendant les premières semaines de croissance.
Or, l'engrais répandu va mettre un certain temps avant d'être absorbé par la plante. Il faut donc tenir compte de ce délai et apporter l'engrais au plus tôt.

Note :
Les expérimentations réalisées chez les agriculteurs ont montré des gains de production de plus de 5 % quand l'engrais est apporté dès la fin de la coupe de la parcelle.

LES BONNES PRATIQUES DE FERTILISATION

Quels sont les différents types de fertilisation ?

On différencie la fertilisation de correction du sol de celle d'entretien annuel de la culture.

1/ La première, destinée à corriger les carences du sol, doit être incorporée au moment de la replantation. Elle est calculée pour maintenir la fertilité pendant la période entre deux replantations.



Stock d'échantillons de sol à analyser. Lorsque les demandes d'analyse s'accumulent, les délais peuvent atteindre plusieurs mois

2/ La seconde doit permettre de restituer au sol, tous les ans, les éléments exportés par les cannes livrées à l'usine.

Note

- **Le conseil ne peut être extrapolé.**
- **L'agriculteur crée sa propre fertilité par de bonnes pratiques culturales.**
- **Une fois les carences éventuelles corrigées par la fumure de correction, l'équilibre 12/7/20 de N/P/K est conseillé dans plus de 40% des cas. Mais utiliser cette formulation dans les autres conditions conduit à des baisses de production.**
- **Le CIRAD œuvre pour l'obtention d'une appellation engrais-canne correspondant à la combinaison 12/7/20 et souhaite créer un label «engrais-canne renforcé en phosphore», «engrais-canne renforcé en potassium» et «engrais-canne renforcé en azote».**

Quelles sont les préconisations générales ?

L'analyse de sol permet de faire un diagnostic de la fertilité selon trois niveaux, à condition d'avoir identifié le type de sol grâce à une localisation précise de la parcelle.

Ces trois niveaux sont qualifiés de sol riche, normal ou carencé. En fonction de ces niveaux, le conseil est apporté pour les trois éléments N/P/K selon le tableau suivant :

**Une fumure de correction en phosphore amène le sol à un niveau de fertilité normale qui correspond à un conseil de 70 unités pour l'entretien.*

	Azote (N)	Phosphore (P)	Potassium (K)
Sol riche	80	0	0
Sol normal	12	70*	200
Sol carencé	160	200	400

ATTENTION

Le conseil pour la fumure d'entretien est établi pour un rendement de 80 à 100 tonnes de cannes à l'hectare. Il est donc impératif d'adapter la dose au rendement espéré de la parcelle concernée.

Exemple : Conseil Laboratoire : 800 kg pour 100 tonnes de cannes à l'hectare.

Rendement espéré : 120 tonnes de cannes à l'hectare - dose à appliquer : 1000 kg d'engrais

Lors d'une replantation, compte tenu du délai de mise en place de la culture, l'apport en Azote (N) peut être différé.

LES FORMULES D'ENGRAIS DISPONIBLES en N/P/K

• Il existe deux fabricants d'engrais à La Réunion : CANAVI/BOTANICA et SIER.

• Chacun dispose de quatre formulations qui correspondent à plus de 75% des équilibres conseillés par l'analyse de sol, faite par le laboratoire du CIRAD.

• Le tableau ci-dessous vous donne, en fonction du fabricant, pour un rendement de 100 t/ha, la formulation et la dose à épandre pour ces quatre équilibres.





Laboratoire d'analyse des sols du CIRAD. Chaque analyse de sol demande plusieurs heures de manipulation.

Préconisation du CIRAD		CANAVI		SIER	
Appellation	Unités préconisées pour 100 t/ha	Formulation	Dose d'engrais par ha	Formulation	Dose d'engrais par ha
Engrais Canne	120 - 70 - 200	16 -10 - 26	750 kg	17 - 12 - 28	700 kg
Engrais Canne renforcé en azote	160 - 70 - 200	16 - 7 - 20	1000 kg	20 - 9 - 27	900 kg
Engrais Canne renforcé en phosphore	120 - 200 - 200	12 - 19 - 20	1000 kg	13 - 24 - 24	900 kg
Engrais Canne renforcé en potassium	120 - 70 - 400	11 - 7 - 37	1100 kg	17 - 7 - 39	1000 kg

Dans la plupart des autres cas, qui représentent 25% des conseils, l'agriculteur sera obligé d'utiliser deux engrais différents pour s'approcher de l'équilibre préconisé.

EXPERIMENTATION

ORIGINE ET COMPOSITION DES CENDRES DE BAGASSE

D'ou viennent les cendres de bagasse ?

Elles sont issues de la combustion de bagasse des centrales thermiques de Bois-Rouge et du Gol. Ce sont des produits fins de granulométrie limoneuse, qui sont essentiellement des phytolithes (particules de cristaux), issus de la concentration en silice par la canne à sucre. Une part minoritaire vient de particules de sol rentrant dans l'usine avec les tiges usinables.

Quelles sont leurs caractéristiques physiques ?

Analyse Cirad sur les cendres du Gol de 1999

- 8 % de sables	> 200µ
- 40% de sables fins	200 à 50µ
- 52 % de limons et limons fins	< 50µ

Quelles sont leurs caractéristiques chimiques ?

Les caractéristiques chimiques moyennes de la dernière campagne sont résumées dans le tableau ci-contre.

- Teneur élevée en calcium et magnésium
- Riche en phosphore et potassium
- Présence d'ETM (Eléments Traces Métalliques)

	Bois-Rouge	Le Gol
C%	12,7	17,8
N g/kg	1,8	2,7
bases		
CaO%	5,4	4,4
MgO%	2,8	2,9
K2O%	2,1	2,7
Na2O%	0,5	0,4
somme des bases%	10,8	10,5
P2O5 %	1,8	1,5
S g/kg	1,4	2,9
matrice		
SiO2%	39,1	45,1
Fe2O3%	11,8	6,6
Al2O3%	16,2	11,6
TiO2%	2,8	1,8
somme des métaux	30,8	19,9
oligoéléments métalliques		
Mn mg/kg	2,0	1,4
Cu mg/kg	69,8	62,8
Zn mg/kg	294,0	164,0
métaux lourds		
Ni mg/kg	84,3	84,5
Cr mg/kg	140,3	163,5
Process d'extraction	humide	sec*

**Les cendres produites par l'usine du Gol sont humidifiées avant épandage.*

Dossier réalisé avec le concours du CIRAD, du CPC et du CICM.

EXPERIMENTATION

USAGE ET EFFETS DES CENDRES DE BAGASSE

Quelles sont les différences entre les cendres de Bois-Rouge et du Gol ?

• Le brûlage de la bagasse est plus poussé à Bois-Rouge qu'au Gol où les résidus de carbone sont plus importants (carbone = 18% de la matière sèche au Gol, contre 13% à Bois-Rouge).

• La matrice des cendres reflète bien les types de sols sur lesquels pousse la canne par bassin :

- plus de silice et moins de métaux (aluminium et fer) au Gol où les sols sont plus jeunes (sols bruns).
- moins de silice et plus de métaux à Bois-Rouge qui couvre les plus vieux sols de l'île (sols ferrallitiques du Nord-Est).

• La somme des bases est à peu près la même dans les deux cas : 10,5% de la matière sèche. La cendre a de ce fait un pH très basique de l'ordre de 9.5.

• Pour les Eléments Traces Métalliques (ETM), on remarque qu'il y a plus de zinc à Bois-Rouge, sans doute pour les mêmes raisons que le fer et l'aluminium. Par contre, pour les métaux lourds ETM nickel et chrome, il y a peu de différence. Les teneurs des cendres sont comparables à celles de la moyenne des sols.

• Les normes d'admissibilité des "déchets industriels spéciaux" sont cependant dépassées pour le chrome et le nickel (la limite est de 50 ppm). Mais classer ces cendres issues de canne à sucre comme "déchets industriels spéciaux" n'est pas justifié, car leur composition granulométrique et chimique est proche de celle des sols dont elles sont issues. Il faudrait donc plutôt les considérer comme des produits épandables, au même titre que les boues ou les matières organiques (limite 1000 ppm pour Cr et 250 ppm pour Ni). Des tests ont montré que les ETM des cendres n'étaient pas plus disponibles que ceux contenus dans le sol. Des études spécifiques à ce sujet sont actuellement en cours.

Quels sont les éléments utiles aux cultures ?

• Les principaux éléments apportés utiles à la canne sont le potassium, puis le phosphore.

• Le calcium et le magnésium sont les plus représentés et auront un effet chaulage, au delà des besoins propres aux cultures.

• On peut considérer que 50 tonnes de cendres sèches/ha, lors des plantations tous les 7 à 10 ans, est une dose recommandée compte tenu de différents critères, dont ceux environnementaux, en prenant une marge de sécurité concernant les apports de minéraux solubles et d'ETM aux sols. Cette dose apporte 5 tonnes de bases, capables de faire remonter le pH des sols. Du fait de la cuisson à haute température, une partie de ces bases (surtout le magnésium) est peu soluble. Il faut compter sur 50% d'entre elles pour une action rapide de chaulage dans le sol, soit un équivalent chaulage d'environ 2.5 tonnes de CaO/ha pour 50 tonnes de cendres apportées.

• La libération de ces bases est ensuite progressive et l'efficacité à moyen terme est bonne d'après les études en Guadeloupe (efficacité de 90 à 100% de l'apport).

• Cette dose amène environ 1200 unités de potasse et 800 unités de phosphore, soit une très forte fertilisation minérale, qu'il ne faut pas dépasser pour des problèmes de nutrition et de capacité de rétention du sol.

Quels sont les effets des cendres sur les propriétés physiques du sol ?

- Un effet chaulage par apport de calcium et de magnésium pour les sols acides.
- Un fort effet de fertilisant en potassium et en phosphore.
- Un effet complexe par l'apport de divers éléments utiles à la canne dont les oligoéléments.
- Un ameublissement du sol.
- L'amélioration de la rétention d'eau.

EXPERIMENTATION

EVALUATION DE L'EFFET CHAULAGE DE L'APPORT DE CENDRES

Pour juger de l'effet de l'apport de cendres sur les sols acides, huit échantillons de sols ont été prélevés en juin 2003 (cf tableaux ci-dessous) dans des champs amendés, lors de replantations en 2001, 2002 et 2003.
Ces champs avaient un pH très acide, et l'analyse préconisait un chaulage pour améliorer leur état avant la replantation.

Les résultats d'analyse de sol avant et après apport, mettent en évidence le rôle des cendres sur les caractéristiques chimiques du sol.

Pour avoir un amendement équivalent à 2 tonnes de chaux magnésienne, il faut épandre 80 tonnes de cendres humides, soit environ 50 tonnes de cendres sèches.

Comparaison des pH de sols prélevés en juin 2003, 1 à 2 années après l'apport, en comparaison des pH d'avant apport et avant replantation (2000 ou 2001).

Nom du Champ	Plantation de début	Conseil de chaulage pour ces champs (en t/ha)	PH avant apport de cendres (50 t/ha)	PH en juin 2003
Tamarin	2001	2 t/ha	pH : 4,2	pH : 6,2
Ravinette haut	2001	2 t/ha	pH : 4,5	pH : 5,5
Saline bas	2001	2 t/ha	pH : 5	pH : 6,0
Route ouest haut	2002	1,5 t/ha	pH : 4,2	pH : 6,3
Ravinette bas	2002	2 t/ha	pH : 4,3	pH : 5,7
Saline milieu	2002	1,5 t/ha	pH : 4,3	pH : 6,0
Route ouest bas	2002	1,5 à 2 t/ha	pH : 4,9	pH : 5,8

Autres comparaisons d'analyses du complexe d'échange des sols analysés, après et avant apport de cendres.

	Ca/Mg après apport en 2003	Ca/Mg avant apport	K échangeable avant/après
Tamarin	6.69/2.52	1.66/0.89	1.41 / 0.9
Ravinette haut	3.88/1.34	2.26/1.46	1.47 / 0.79
Saline bas	7.12/3.26	2.15/1.61	0.77 /1.18
Route ouest haut	6.78/3.05	2.6/2.86	1.32 / 0.98
Ravinette bas	4.2/2.33	0.65/0.68	0.96 / 0.72
Saline milieu	7.12/3.26	4.0/2.56	1.67 / 1.31
Route ouest bas	5.49/2.18	2.6/2.86	1.32 / 0.78
Moyenne	5.97/2.69	2.27/1.85	1.18 / 0.98

Les sols ayant reçu des cendres ont maintenant un pH satisfaisant, supérieur à 5.5, valeur minimale à atteindre pour un chaulage efficace et durable.
Ceci est confirmé par la forte augmentation du calcium et du magnésium, dont les teneurs deviennent aussi satisfaisantes. Par contre, on ne note pas d'enrichissement en potasse, probablement en raison de la forte pluviométrie du début 2003.