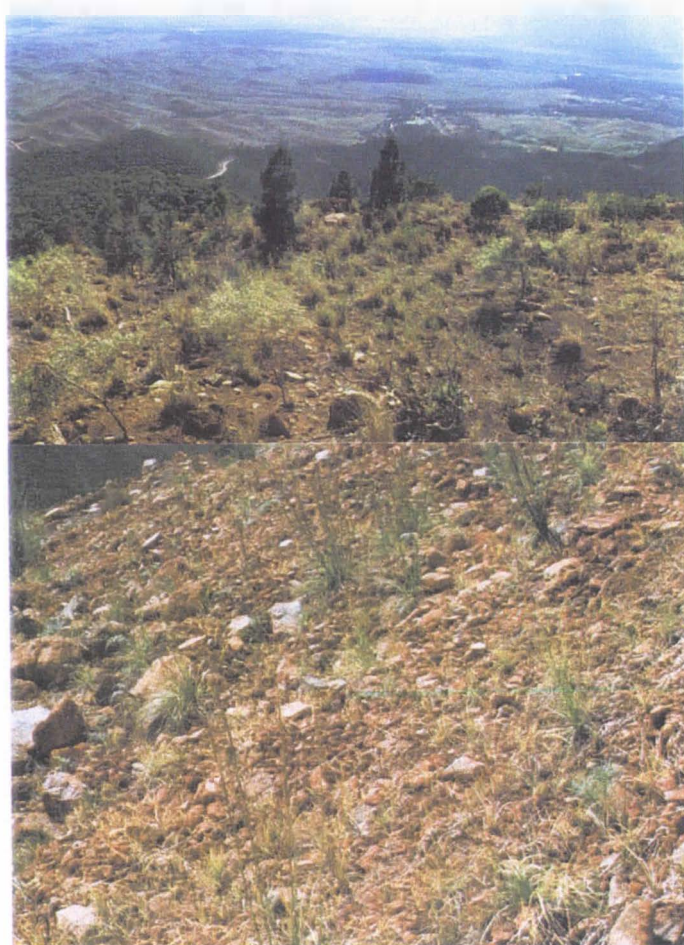


**REVEGETALISATION DES SITES MINIERES AU MOYEN  
D'HERBACEES**



**JM SARRAILH**

**Juillet 2000**

## 1 - INTRODUCTION

Dès la mise en place des premières expérimentations sur la revégétalisation des sites miniers le CIRAD\* (ex CTFT\*), a testé deux types de graminées (Chiendent et Kikuyu) pour couvrir rapidement les talus, enrayer l'érosion et préparer l'installation d'espèces ligneuses. Le manque de pérennité du système a conduit à l'arrêt rapide de ces essais. Cependant en 1985, lors de la mise en place d'un essai d'espèces d'ombrage à Ouénarou, plusieurs graminées et légumineuses herbacées ont été testées.

Par la suite, à la vue de la recolonisation naturelle des espaces miniers dégradés par les Cypéracées endémiques, les essais ont porté sur ces espèces, soit en plantation alternées avec les ligneux (plantations en conteneurs plastiques), soit par hydroseeding manuel (essai de Thio).

Devant les difficultés et le coût rencontré par la collecte des graines de Cypéracées, et les premiers résultats d'hydroseeding, des essais sur le comportement des graminées du commerce ont été entrepris sur terrains miniers et sur les stériles du projet INCO.

Nous avons été amené à suivre de près les travaux de revégétalisation de l'entreprise Equilibres, qui a mis au point une technique de semis sur micro-terrasses en utilisant des mélanges de graminées et de légumineuses. Elle utilise aussi le vétiver en plantation, en courbe de niveau, pour stabiliser les talus.

Ce document fait la synthèse de ces différents travaux afin de proposer différentes techniques de revégétalisation par les herbacées.

### 1 – Essais sur le chiendent – *Cynodon dactylon*- et le Kikuyu – *Pennisetum clandestinum*

Les essais ont été menés dans la région de Prony (Essai 127-1) en 1975, Thio (Essai 277) en 1979, Poro (Essai 278) et Kouaoua (Essai 279) en 1979.

1.1 Essai 127 : au nord de Prony, un essai d'enherbement sur décharge latéritique a été mis en place avec deux graminées :  
CYNODON DACTYLON – Chiendent  
PENNISETUM CLANDESTINUM – Kikuyu

L'essai se trouve à une altitude de 180 m, pour une pluviométrie moyenne annuelle de 2 500 m. Deux sites ont été utilisés :

**Site 1** : décharge latéritique, provenant d'une exploitation à la « drag-line » présentant une pente de 70 % ; de 30 m x 60 m divisée en 16 parcelles de 100 m<sup>2</sup> plantées à la densité de 50 cm (entre les plants) et 2 m entre les lignes – 8 parcelles en *Cynodon dactylon* et 8 en *Pennisetum clandestinum*. La moitié de l'essai a eu un arrosage permanent pendant 3 mois et une moitié a eu un apport de curasol. (le curasol est une résine fixatrice du sol, utilisée à 3.5 kg de produit pour 100 m<sup>2</sup>)

**Site 2** : décharge latéritique présentant une pente légère, divisée en 36 parcelles de 100 m<sup>2</sup> - la moitié est recouverte d'éléments de surface (présentant une maigre matière organique) et de la cuirasse de fer assurant une certaine protection du sol. La densité est de 2m x 2m.

La fertilisation de départ épanchée à la volée est de 60 N-200 P-100 K kg /ha.

Le semis a été fait à la volée, en décembre 1975, après avoir mélangé les graines à du sable à raison de 100g/are (10 kg /hectare, 100 graines au m<sup>2</sup>) pour le chiendent (avec seulement 23% de germination), et 20 g/are (2kg/ha, 500 graines au m<sup>2</sup>) à 90% de taux de germination.

Résultats : les graines ont levé au bout de 4-5 jours.

A 1 mois, les levées étaient homogènes et le chiendent avait 1 cm sur les parcelles de latérites et 3 cm sur celles ayant reçues des éléments de surface. Le Kikuyu était mieux réussi avec 4 cm de hauteur.

A 9 mois, la hauteur des deux graminées est identique (15/20 cm), mais le chiendent commençait à sécher, alors que le Kikuyu restait plus vert et plus abondant.

A 18 mois le chiendent reste stationnaire tandis que le Kikuyu s'était développé et étalé. Les plantations de ligneux sont alors réalisées sur les parcelles.

A 30 mois (2 ans et demi), le chiendent commence à disparaître, alors que le développement du Kikuyu continue.

A 10 ans, le chiendent a disparu, mais il reste quelques taches de kikuyu.

A 20 ans, l'ensemble herbacées + ligneux a donné une végétation très diversifiée, sauf quand la densité de plantation (1m x 1m) et le développement des arbres ne permet pas l'installation de la régénération faute de lumière.

Conclusions : les germinations ont été bonnes, les graminées se développent bien au début, puis finissent par disparaître. **Leur présence a nettement limité l'érosion et stabilisé les talus.** Le paillage a eu un effet positif, de même que les éléments de surface. Le rôle positif des graminées semées en préalable à la plantation semble avérée sur la croissance des arbres. Cette plantation dense (10 000 tiges/ha), est aujourd'hui largement couverte d'une végétation diversifiée.

**La zone semée uniquement de graminée est presque nue**, autant que celle n'ayant rien reçue. Ce qui signifie que, dans les conditions de l'essai, le semis de graminées n'a servi à rien. L'apport d'engrais minéral seul ne permet pas le développement satisfaisant de ces espèces.

**Aucun impact négatif par envahissement de la végétation environnante n'a été observé.** C'est bien l'inverse qui se produit.

Au vu des résultats décevants du chiendent, les deux autres essais ont été menés avec uniquement le Kikuyu.

### 1.2 Essai 277 : Thio

sur un site situé à 650 m d'altitude, pour une pluviométrie de 2 500 mm, une décharge minière peu pentue, non compactée, a été ensemencée à la volée en *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu), à raison de 25 kg de graines à l'hectare après un rippage du sol et une fertilisation de 400 kg par hectare de NPK 12-12-20.

La graminée a bien germée et s'est correctement développée les deux premières années. A 10 ans elle couvre encore 25 à 30 % de la surface, mais elle est mal venante. Quelques fougères se sont installées dans les raies de sous-solage, mais on ne peut pas réellement parler de régénération naturelle.

### 1.3 Essai 278 : Poro

Ce site se trouve sur la côte est, à plus de 200 m d'altitude, près du littoral (2000 mm de pluie). Le substrat est une décharge de stériles non compactée provenant de l'exploitation minière. L'essai d'enherbement a porté en août 1979, sur deux parcelle de 2500 m<sup>2</sup> chacune avec du *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu). La fertilisation a été de 500 kg par hectare NPK.

L'essai a germé et a occupé le terrain pendant les deux premières années, pour disparaître au bout de 4 ans sans avoir permis l'installation de la régénération naturelle.

### 1.4 Essai 279 : Kouaoua

Situé à Kouaoua à 200 m d'altitude, pour 2000 mm de pluie, cet essai d'enherbement a été réalisé avec 3 espèces, en Août 1979.

Un semis de *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu) a été réalisé sur une plate-forme de décharges de 1100 m<sup>2</sup>, présentant une pente faible de 5 à 10%. La fumure NPK a été apportée à raison de 500 kg/ha.

Une plantation de boutures d'*Arundo donax* (Canne de Provence) et de *Pennisetum purpureum* (Herbe à éléphant) a été effectuée en bordure de l'essai en plantes ligneuses, avec une fumure de 150 kg/ha de NPK, autour de chaque plant.

La plantation ayant été suivie d'un épisode sec, cet essai est un échec.

### Conclusions des essais sur le chiendent – *Cynodon dactylon*- et le Kikuyu – *Pennisetum clandestinum*

- le Kikuyu donne de bons résultats, avec une fertilisation correcte, l'apport de matière organique (paillage) améliorant nettement ses performances.
- le Chiendent n'a été essayé qu'à Prony et comme il est apparu peu productif et peu pérenne son utilisation a été abandonnée
- Semé seul, le Kikuyu, finit par périr au bout de quelques années, sans qu'il puisse enclencher le processus de recolonisation naturel de la végétation.
- Cette installation provisoire stabilise le talus et diminue l'érosion.
- Si une plantation de ligneux est réalisée sur l'engazonnement, celle-ci profite de l'apport de matière organique par la graminée

## **2 – Essais sur Graminées et Légumineuses**

En 1985, sur le site de Ouenarou (Bois du sud), il a été procédé à un test de plantes de couverture.

- Parcelle 1 : sur de légers sillons d'écartement de 1 m on a installé des stolons provenant de graminées ayant colonisées naturellement la station voisine. Ce sont 3 graminées :  
*Axonopus compressus*, *Chrysopogon aciculatus*, *Stenotaphus dimidiatus*.
- Parcelle 2 : des mottes d' *Axonopus compressus*, *Chrysopogon aciculatus* ont été plantés à espacement réguliers de 3m x 3m
- Parcelle 3 : essai de semis de graines sur des lignes de 5 m de longueur, distantes de 1.5 m.  
Légumineuses : *Calopogonium coerruleum*, *Centrosema pubescens*, *Glycine javanica*, *Stylosanthes guyanensis* (Cook stylo)  
Graminées : *Panicum maximum*

Résultats : sur la parcelle 1 , les espèces ont poussé et couvrent au bout d'un an 30% de la parcelle. On observe cependant qu'elles commencent à sécher.

Sur la parcelle 2, rien n'a poussé.

Sur la parcelle 3, seul l'herbe de guinée (*Panicum maximum*) s'est développée.

Conclusions : la multiplication végétative de graminées « sauvage », n'est pas très intéressante, l'amélioration de la fertilité des sols est un préalable incontournable.

Une nouvelle étude a été menée en 1994 par le CIRAD-Elevage sur le site Bois du sud à Ouénarou, sur l'ancien essai du CTFT abandonné (cf. ci-dessus). Il ne s'agit donc pas d'une décharge ou d'un talus, mais d'un terrain plat sur une ancienne parcelle de maquis défriché. Cette station se situe à 160 m d'altitude et la pluviométrie est d'environ 2000 mm par an. Pour les graminées, 22 cultivars ont été testés, pour 17 espèces tandis que 21 légumineuses ont été testées dont 16 espèces. Une première série n'a reçu aucune fertilisation, alors que la deuxième série a reçu une fumure de fonds (85 N, 180 P, 85 K) par hectare sous forme de NPK 17-17-17 et de superphosphate. Les semis ont été réalisés le 04/09/94 pour la première série et 07/02/95 pour la deuxième. Les résultats indiqués ci-dessous sont ceux observés en juin 2000.

Parmi les graminées, les espèces les plus marquantes, 5 ans après le semis, sont :

- *Brachiaria decumbens* (Signal Grass), qui ne dépasse pas 70 cm de hauteur dans l'essai, mais qui donne un tapis dense, et qui devient envahissant. Cette espèce forme des touffes étalées, produisant beaucoup de feuilles large très longtemps vertes et des tiges fines et discrètes. Cette graminée n'est pas exigeante point de vue sol. C'est une des espèces les plus vendues en Nouvelle-Calédonie et donc les graines sont facile à trouver.

N.B. Nous avons observé un très beau développement de Signal sur une parcelle d'essai à Thio (750 m), à partir du paillage effectué sur la parcelle (nous avons du supprimer les touffes pour ne pas perturber le protocole expérimental).

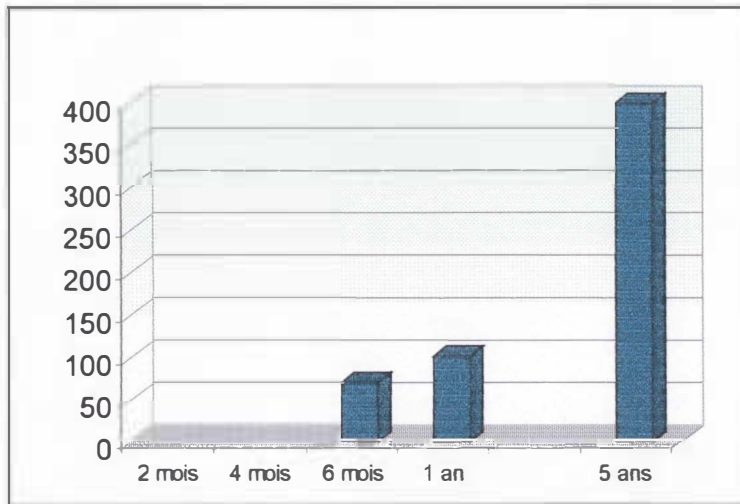


Fig. 1 : Développement en largeur (en cm) du Signal à Ouénarou :

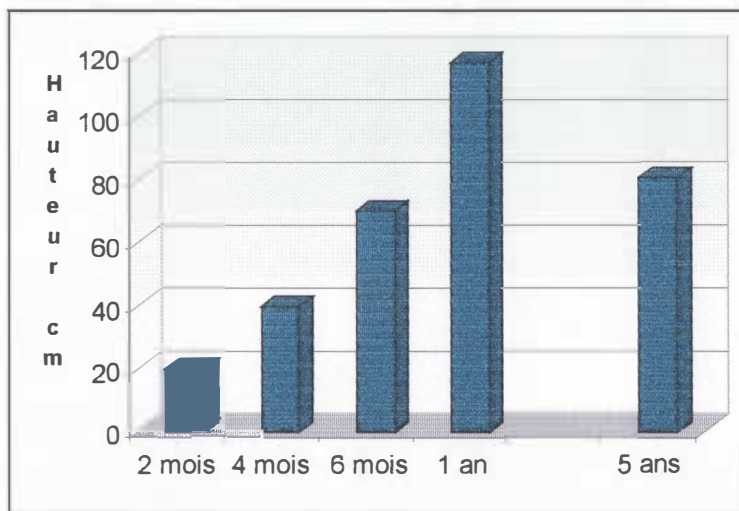


Fig. 2 : Hauteur du Signal (en cm) à Ouénarou

- *Melinis minutiflora* (Melinis ou Molasse grass), dépasse 1 m de hauteur, et envahit la parcelle. Cette espèce est très commune dans la chaîne centrale, et pousse sur les sols bien drainés même très pauvres chimiquement et acides. C'est une plante pérenne à tiges branchues, qui forme un couvert aéré assez haut. Les feuilles sont velues, un peu poisseuses, dégageant une odeur caractéristique. Elle se dessèche en saison sèche, pouvant devenir la proie des feux. Ne supporte pas le mauvais drainage.



<i>Brachiaria decumbens</i> “Signal”	<i>Setaria sphacelata</i> var. Kazungula
<i>Melinis minutiflora</i> “Melinis”	

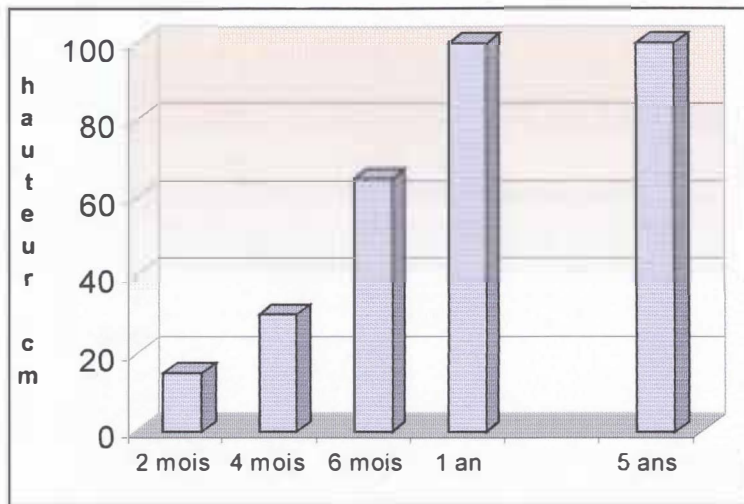


Fig. 3 : Hauteur (en cm) du Mélinis à Ouénarou

- *Setaria sphacelata* (cultivar Kazungula), a le plus grand développement, les tiges dépassent 1.80m de hauteur. Il semble particulièrement vigoureux et apparaît comme légèrement envahissant.

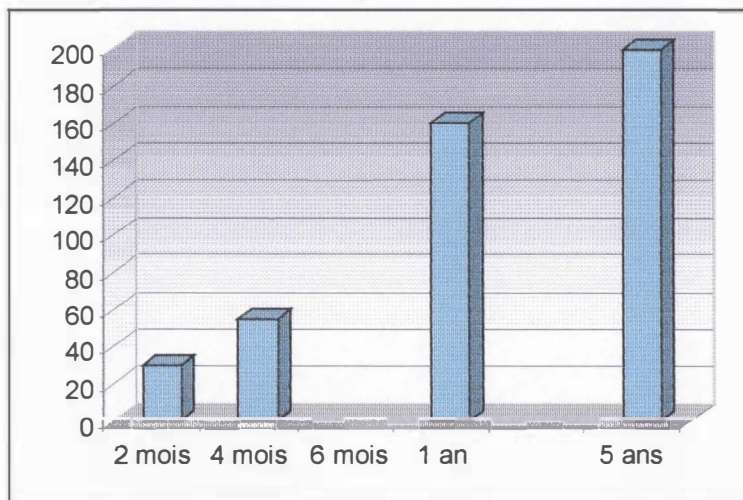


Fig 4 : Développement en largeur (en cm) du Kazungula à Ouénarou

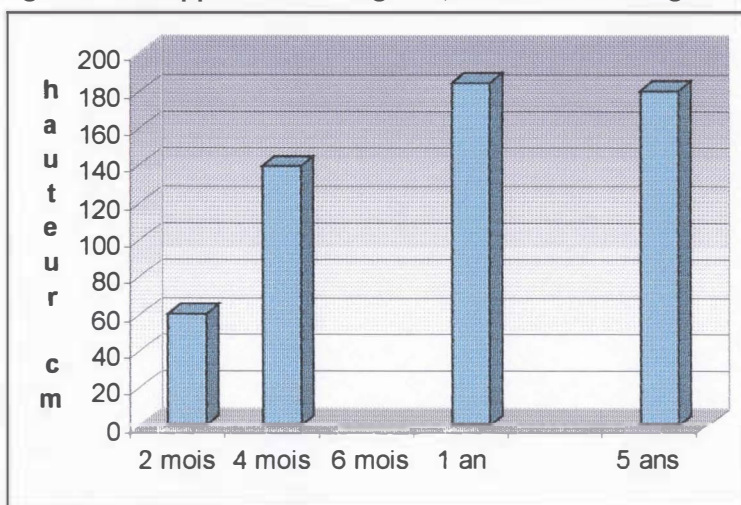


Fig. 5 : Hauteur (en cm) du Kazungula à Ouénarou



C'est une graminée dressée formant de petites touffes et qui se propage par de courts stolons. Ce cultivar est le plus facile à établir, le plus productif, et le plus durable. Il est très adaptés aux lieux humides, même mal drainés. Il se singularise par l'abondance des tiges.

- *Chloris gayana* (Rhodes grass), bien qu'il se soit très bien répandu (, son développement apparaît, au bout de 5 ans, plus limité que d'autres espèces. Il a d'ailleurs la réputation d'être peu durable. C'est une espèce qui forme de petites touffes dressées se multipliant spontanément par ses semences et par ses courts stolons. Il produit beaucoup d'épis. Il est facile à semer, il s'installe très vite et envahit rapidement le terrain. Il est exigeant en fertilité. Les graines sont facilement disponibles.

*Notons un couvert assez dense, mais ras de Chrysopogon aciculatus déjà noté lors de la mise en place de l'essai.*

#### Chez les légumineuses

- *Stylosanthes scabra* (Seca stylo), est la seule espèce encore visible 5 ans après le semis. C'est une plante pérenne avec de jeunes tiges de couleur rougeâtre et des petites feuilles trifoliées bleu vert. Elle a une bonne tolérance aux sols acides et de faible fertilité. De plus elle résiste à la sécheresse. Supporte la compétition avec les graminées. Son principal défaut est son installation assez lente les premières années.

#### Conclusion de cet essai sur l'utilisation des graminées et des légumineuses pour engazonner les sols miniers :

On observe que les graminées et les légumineuses ne se développent sur ce type de sol qu'avec un apport d'engrais et un minimum de matière organique. On constate dans cet essai que 5 ans après le semis certaines espèces ont encore un excellent développement, et qu'elles ont même tendance à envahir les placettes voisines. On constate que ce sont des espèces peu exigeantes au point de vue fertilité, ce qui leur permet de survivre, plusieurs années après la fertilisation (au moment du semis). Ces espèces ne semblent pas subir sur ce milieu de toxicité significative.

5 ans après le semis, les légumineuses ont disparues (seule subsiste une petite tache de stylosanthes).

#### **3 – Essais de comportement d'espèces introduites sur stériles produits lors de l'extraction du nickel et du cobalt par procédé hydrométallurgique.**

Cette étude a porté sur quelques espèces ligneuses et herbacées semées sur les stériles produits par le laboratoire canadien qui préfigurait la future usine INCO de Goro. Les herbacées suivantes avaient été retenues : *Brachiaria decumbens*, *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon*, *Sorgho bicolor*, *Vetiver zizanoïdes* (boutures). Pour apprécier le niveau souhaitable d'amélioration des stériles, divers traitements étaient étudiés :

S1 : stériles

S2 : S1 + latérites rouges

S3 : S1 + gravillons

S4 : S1 + matière organique (10%)

S5 : S2 + matière organique (10%)

S6 : S3 + matière organique (10%)  
S7 témoin (terre de pépinière)

Les meilleurs résultats sont obtenus sur le vétiver (70 à 100 % de survie suivant les traitements), alors que les taux de survie sont de l'ordre de 50 % pour le Rhodes Grass (30% sur le témoin et 80% pour S5) et de 20 à 80 % pour le Signal (20 % pour S4, 80% pour S5). Le chiendent (*Cynodon dactylon*) a souffert d'une mortalité de 100% sur tous les milieux, et le sorgho a des taux de survie compris entre 0 et 30%.

Les conditions très particulières de cette expérimentation doivent insister à la prudence en ce qui concerne l'adaptation des espèces à ces stériles, mais les résultats sont assez conformes à ce que l'on a observé par ailleurs.

Les plants ont été élevés dans des conteneurs de 150 ml, cette petite contenance n'est pas un obstacle si le plant ne reste pas trop longtemps en pépinière.



*Chloris gayana*

Vétiver

#### 4 – Suivi des semis réalisés par la société Equilibres.

La société Equilibres a commencé les semis de graminées sur mines en 1996 sur la mine SMMO 86 près de Poya, suite aux dégâts causés par le cyclone Béti. A partir des résultats obtenus par le CIRAD, la graminée utilisée est le Rhodes grass (*Chloris gayana*). La graminée est semée entre les plantations d'espèces ligneuses (locales ou introduites). Les merlons sont plantés avec du vétiver (boutures), de même que sur les talus des lignes perpendiculaires à la plante sont plantées avec cette espèce.

Sur les merlons le vétiver atteint en un an et demi 2 m de haut pour une touffe de 1.30 m de large. On peut donc envisager de planter sur ce type de milieu à 1m - 1.50 m d'écartement entre les pieds.

Un essai sur une décharge, sur ce même site a permis de montrer l'intérêt d'autres herbacées ; Le mélange mis en place comporte :



Revégétalisation avec Rhodes grass et ligneux  
Bois de fer, Acacia ampliceps ... à Poya



Envahissement naturel d'une parcelle d'essai à Thio  
à partir de paille sur sol fertilisé

Mais cet essai a abouti a un échec complet.

Aussi en 1992, le CIRAD\* en collaboration avec l'ORSTOM\*, a mis en place à Thio, un essai de plantation de Cypéracées, plantées en ligne en alternance avec les ligneux. Cinq espèces ont été testées (*Beaumea pancheri*, *Lepidosperma perteres*, *Costularia comosa*, *Schoenus neocaledonicus*, *Schoenus juvenis*).

*Beaumea pancheri* est la Cypéracée qui colonise le plus facilement les parties meubles des terrains miniers. Cette Cypéracée affectionne les lieux humides. Bien qu'elle ait une production de graines irrégulière, la collecte est aisée (de même type que pour du riz). La germination de cette Cypéracée est difficile et demande une abrasion de la cuticule (passage au tumbler pendant 36 heures), ainsi qu'un trempage dans du KMNO<sub>3</sub>. Il faut compter entre 60 et 100 jours pour que cette espèce germe. (De ce fait elle est peu utilisée en hydroseeding).

*Lepidosperma perteres* est une Cypéracée rhizomateuse, qui résiste bien au feu. Par contre on ne sait pas produire des quantités de graines suffisantes pour l'hydroseeding. On sait la multiplier par éclat de souches.

*Costularia comosa* produit de nombreuses graines sur de longues hampes florales assez faciles à récolter (fructification en Janvier). Le temps de germination varie entre 3 à 5 semaines, et les taux de germination varient de 40 à 80 % suivant les lots.

*Schoenus spp.* Ils produisent moins de graines. La production de graines a lieu de décembre à janvier. Le temps de germination est de 3 à 5 semaines et les taux varient de 15 à 80%.

On sépare les graines des Cypéracées par tamisage, celui-ci n'effectuant la séparation qu'imparfaitement, sans que cela n'ait d'impact sur la germination.

Sur le même site, on a expérimenté un semis hydraulique avec un mélange de Cypéracées et de ligneux (au total 22 espèces), pour tester les possibilités d'hydroseeding avec les espèces du maquis. L'ensemencement a été effectué avec un mélange de semences, à raison de 25-30 g au m<sup>2</sup> (250 kg/ha). L'ensemencement s'est fait avec de la colle organique Terravest (300kg/ha) et de l'engrais sous la forme de « Marin granulé » (colloïde naturel à base d'algue) à raison d'1 tonne/ha et du « Bio engrais » à la dose de 500 kg/ha. Faute de matériel adapté, l'ensemencement s'est effectué à l'arrosoir.

Dans le cas de la plantation, la réussite est presque totale, pour *Costularia comosa* et pour les espèces de *Schoenus*. Elle est moyennement réussit pour *Baumea deplanchei* et *Lepidosperma perteres*. mais le coût du plant en grand pochon est très élevé par rapport au semis. L'hydroseeding expérimental a donné de bon résultat dans les talus où la pierrosité est élevée et les matériaux meubles, ce qui permet de fournir un ancrage et un abri aux jeunes plantules. On trouve aussi des plantules le long des zones d'écoulement des eaux. Sur latérite rouge compactée les résultats sont médiocres. Dans les deux cas les germinations sont étalées car on observe une première vague rapide de germination dans le mois qui suit l'hydroseeding, mais la deuxième vague de germination ne se manifeste que 200 jours après le semis, avec le retour des pluies. En dehors de *Costularia comosa* et *Schoenus spp* (Cypéracées) – 10 à 15 plantules au m<sup>2</sup>, c'est *Dodonea viscosa* (Sapindacée) qui germe le mieux. Cette espèce de ligneux, facile à récolter, et qui pousse relativement vite, n'est pas à

dédaigner. On observe aussi des germination de *Grevillea exul* et de *Gymnostoma*. On notera l'absence de germination de *Carpolepis laurifolia* et de *Xanthostemon*.

Cet essai a montré les possibilités d'utilisation d'herbacées endémiques en hydroseeding, gage de la pérennité de l'implantation. La médiocre réussite sur terrains compacts tient en partie au manque de matière organique apporté par le mélange. Il fait apparaître la lenteur de la germination pour les espèces du maquis, un taux de reprise assez faible et donc l'intérêt de coupler les espèces natives avec des espèces introduites plus rapides à s'installer.

## 6 - L'hydroseeding

Malgré le peu d'information qui filtrent des sociétés utilisant l'hydroseeding, on peut tirer quelques observations des pratiques en cours.

Eau : 1 litre par m<sup>2</sup> soit 10 m<sup>3</sup> à l'hectare.

Les graines : après quelques tâtonnements Siras-pacifique utilise un mélange de 50% d'espèces endémiques (essentiellement des Cypéracées) et 50% de graines du commerce, graminées et légumineuses. Les quantités utilisées varient entre 50 à 100 kg par hectares de graines soit par exemple 40 kg Cypéracées et 40 kg commerciales.

Bien entendu ce ratio dépend de la stratégie que l'on veut suivre, et des moyens financiers que l'on peut mettre dans l'opération (10 000 à 30 000 CFP le kilo de graines de Cypéracées par rapport aux graminées 1000 à 3000 CFP le kilo), et des stocks disponibles.

Les graminées ont une germination rapide et donc vont jouer rapidement **le rôle primordial de fixateur du talus**. De plus on aura rapidement un impact visuel. On s'accorde cependant à penser que la pérennité d'un seul couvert graminéen n'est pas assuré et qu'il est souhaitable d'y adjoindre des espèces du maquis minier. Ce complément peut être envisagé de façons différentes :

- soit on incorpore dans le mélange de l'hydroseeding ces espèces. On a vu que parmi les espèces qui avaient une germination facile on trouvait *Dodonea viscosa*, *Grevillea exul*. L'amélioration de fertilité qu'apporte l'hydroseeding va apporter un regain de développement aux quelques plants déjà sur place et va faciliter la germination des graines apportées par le vent ;
- on plante directement après le semis des espèces endémiques
- soit on attend que la graminée soit devenue moins agressive, et l'on procède à une plantation d'espèces endémiques.
- on peut aussi planter en courbes de niveau des graminées fixatrices de talus, comme le vétiver, ou des Cypéracées.

Au vu des quantités nécessaires de graines, et en l'absence de résultats probants sur la multiplication végétative, il est apparu nécessaire en collaboration avec SIRAS-Pacifique de mettre en place des champs semenciers de Cypéracées, soit en améliorant des sites naturels aisés d'accès et productifs, soit en en créant de toute pièce (projet Sysmine).

Engrais minéral : les graminées nécessitent un apport d'engrais, tandis que les Cypéracées semblent sensibles à un excès de fertilisants. De ce fait on utilise un engrais complet de type NPK à raison de 400 à 600 kg/ha (qu'il conviendrait de reprendre, si nécessaire). Dans le cas où le pH est acide, l'apport de calcaire améliore nettement la germination des espèces

commerciales. De plus les sols sont souvent déséquilibrés pour le rapport Ca/mg, et l'apport de calcium va rétablir un ratio convenable pour les plantes.

Engrais organique : on utilise différents types, suivant les possibilités, ou les prix. Ce peut être de la pulpe de cellulose, et/ou de la paille ou du foin haché finement, et/ou du compost ou du lisier. Des alginates utilisées à raison de 100 à 300 kg par hectare agissent comme stabilisateurs chimiques, apports de matière organique et fixateurs. On admet comme dose moyenne d'engrais organiques, 2 à 3 tonnes à l'hectare.

On a remarqué que la qualité du compost est très variable et qu'il convient de le tester avant toute utilisation en grande quantité (traces d'hydrocarbure, salinité...).

De même avec le lisier, qu'il faut bien mélanger pour ne pas brûler les plants.

Autres éléments : on peut incorporer au mélange des activateurs biologiques, des fixateurs du sol et des acides humiques. Si on veut augmenter la réserve en eau du talus, on peut envisager de répandre manuellement sur le talus du rétenteur d'eau sec, de granulométrie fine. Dans la mesure du possible, il peut être envisagé de répandre de la terre de surface (top-soil) ou d'alluvions, sur le talus, afin d'en améliorer les qualités physico-chimiques.

Un des problèmes qui se pose est que l'on demande souvent de revégétaliser des talus qui n'ont pas été conçus pour cela (pentes trop fortes, hauteur trop importante). La pose de toiles peut permettre de fixer le mélange, mais le coût en est très élevé.

#### L'expérience de la Koné-Tiwaka.

Cette réalisation sur la transversale Koné-Tiwaka, a été une des premières en hydroseeding en Nouvelle-Calédonie. Bien qu'effectué sur des sols différents (schistes et serpentines), et à une altitude maximale de 380 m, le suivi de ce travail est plein d'enseignements.

Deux sociétés ont participé : Siras-pacifique et Espace vert, avec des résultats très différents. Siras a pu réaliser le semis fin avril, tandis qu'Espace-vert n'a pu travailler que fin juin. Or à cette époque de l'année, les températures froides n'ont pas permis une levée satisfaisante des graines. Avant que les plantules n'aient pu s'ancrer dans le substrat, une très forte averse a entraîné les graines (mal fixées ?). De plus un long épisode sec a ruiné les germinations réussies.

On constate cependant que, même si les techniques sont appropriées, il ne faut pas que le talus dépasse une certaine compacité. Au contraire des talus meubles, avec des cailloux permettant d'abriter les semences sont particulièrement aptes à la végétalisation.

C'est le Rhodes grass qui colonise le plus vite les talus. L'utilisation des légumineuses a aussi bien réussi, que ce soit le siratro ou le stylosanthes mais le résultat s'est fait attendre, surtout pour le Stylo. Les graines de légumineuses plus lourdes sont facilement entraînées vers le bas, si le fixateur (colle organique, alginates) n'est pas efficace.

Dans la deuxième tranche de travaux, Siras a travaillé début juillet, mais des circonstances météo plus favorables ont permis la réussite de l'opération.

Dans tous les cas, il ne faut guère espérer que le jet de produit liquide dépasse 30-40 m de hauteur.

Les marchés ont été passés pour des coûts de 160 à 220 CFP le m<sup>2</sup>, pour des superficies de l'ordre de l'hectare (par société et par tranche de travaux). Dans l'ensemble les entreprises n'ont pas trouvé ce marché rémunérateur.

#### Les microorganismes

Dans le cadre de la thèse soutenue par Sylvia Mercky sur les rhizobactéries natives de Nouvelle-Calédonie, promotrices de la croissance des plantes, on a pu constater l'extrême richesse de la flore bactérienne associée aux racines et fixatrices d'azote (302 souches isolées). Tout aussi bien sur les Cypéracées natives que sur les graminées introduites. Certaines ont des activités qui stimulent la croissance des plantes (natives ou introduites), ainsi que sur le taux de germination et ont pu être isolées. Certaines bactéries isolées de terrains miniers montrent de bonnes résistances au nickel, alors que des souches introduites (utilisées classiquement comme activateur) y sont très sensibles. Dans l'ensemble ces bactéries ont besoin de carbone pour se développer, d'où l'importance de la matière organique. De même on constate l'importance des mycorhizes dans l'adaptation et le développement des plantes dans le maquis minier. La grande majorité des plantes sont mycorhizées par des endomycorhizes à arbuscule. Chez les Cypéracées il semble que seul le genre *Costularia* soit mycorhizé par ce type. Une expérimentation sur l'effet de mycorhize du commerce (*Trichoderma*) a été entreprise récemment par le IAC (Tomo et Canala), mais il est trop tôt pour en tirer des conclusions.

## CONCLUSIONS

L'utilisation des herbacées dans la revégétalisation, s'avère indispensable pour obtenir rapidement une couverture végétale qui permette la stabilisation des talus et la protection contre l'érosion. On sait en effet que **la couverture végétale joue un rôle primordial lutter contre l'érosion.**

- la pluie qui tombe sur un sol nu arrache les particules du sol en créant une érosion de rejaillissement (effet splash). D'où la nécessité d'un écran végétal ;
- l'apport de matière organique et la cohésion apportée par les racines va augmenter la résistance du sol, augmenter la stabilité structurale et diminuer la détachabilité des particules ;
- le ruissellement qui intervient après l'effet splash, va agir comme agent de transport des particules détachées ; la végétation va permettre d'améliorer l'infiltration et de diminuer la vitesse de l'eau. On considère qu'entre un sol nu et une prairie en bon état, il y a une diminution d'un facteur 100 de l'érosion. (Roose 1977)

Elle permet aussi d'apporter des conditions favorables à l'installation des ligneux, et d'offrir les conditions nécessaires à l'installation des espèces endémiques colonisatrices. Tant que l'on reste à des revégétalisations à petite échelle (quelques milliers de m<sup>2</sup>), on peut envisager de travailler manuellement, mais quand on veut travailler à l'échelle de l'hectare, seul l'ensemencement hydraulique (hydroseeding) est envisageable. Pour des raisons de coût, de rapidité de germination et de disponibilité en graines, l'utilisation de graminées et de légumineuses paraît incontournable.

Les résultats obtenus sur les graminées sont très encourageants ; partout le Rhodes Grass s'installe rapidement et colonise les talus. Cette espèce est assez exigeante et peut disparaître au bout de quelques années si la fertilité n'est pas suffisante. Le Mélinis apparaît aussi comme une espèce très intéressante. Le Kazungula et le Signal semblent les espèces les plus durables. D'autres espèces plus rampantes sont sans doute encore à tester comme le Kikuyu ou *Chrysopogon aciculatus*.

Pour les Légumineuses, on obtient de bons résultats en hydroseeding sur schistes (Talus de la Koné-Tiwaka), au bout d'environ 6 mois à un an, avec le Stylosanthes et le Siratro. Par contre, à ce jour, les résultats sur latérites sont décevants. On doit donc chercher un peu plus les causes de cet échec : apport de matière organique insuffisant, besoin d'apport de calcaire, inoculum mal adapté, cultivars inadaptés. Il doit être possible d'apporter assez vite des réponses au prix d'essais assez simples à réaliser.

Pour les Cypéracées, il semble qu'en l'état des stocks, des prix et des connaissances actuels, une utilisation massive en hydroseeding soit encore peu réaliste. Ces plantes sont pourtant les herbacées les mieux adaptées aux sols, au climat et procurent un impact visuel beaucoup plus proche du milieu naturel que les graminées. Leur utilisation nécessite cependant qu'un certain nombre de contraintes soient levés :

- besoin d'un stock de semences de qualité (tests germinatifs indispensables). Il faut pour cela procéder à des récoltes en décembre, janvier ;
- mise au point de méthode de scarification des graines pour améliorer le pouvoir germinatif des espèces récalcitrantes ;

L'hydroseeding, peut s'accompagner de plantations, y compris d'herbacées. Cela peut être la solution pour les Cypéracées si on a mis au point les méthodes de multiplication végétative pour obtenir des plants rapidement utilisables sur le terrain ; l'utilisation de conteneurs de petites tailles réutilisables (ou non) peut rendre le prix de ce type de plantation réaliste. On a pu constater à Poya (SMMO 86) que la mise en place de vétiver plantés en courbes de niveau, était un moyen remarquable pour stabiliser un talus.

La restauration de la fertilité par l'installation de la couverture herbacée doit permettre le retour vers l'écosystème initial. Il faut pour cela que les conditions du sol soient suffisamment améliorées en terme de conditions physiques, chimiques et biologiques. D'où l'importance de la composition du mélange (cellulose, matière organique, fertilisants, activateurs biologiques) apporté par l'hydroseeding. Il faut aussi que, à proximité immédiate du site à restaurer, se trouvent les semenciers naturels pour que les graines des espèces du milieu naturel puissent recoloniser le talus. A défaut il convient de planter ou de semer les espèces.

#### REMARQUE IMPORTANTE :

L'introduction d'espèces étrangères au maquis minier (graminées et légumineuses), doit être bien évaluée au niveau du risque d'invasion par ces plantes de ce milieu et des dangers que cela pourrait impliquer pour la conservation des espèces endémiques. On observe cependant que les graminées (ou les légumineuses envahissantes de type sensitive), ne gagnent pas les terrains miniers n'ayant pas reçu un apport d'engrais minéral ou organique. Partout où ces espèces se développent, on constate l'intervention de l'homme (anciens campements, apports d'alluvions ...).

Néanmoins, il ne serait pas très contraignant de vérifier sur le terrain si on assiste à un débordement des espèces introduites dans le milieu environnant et de s'engager à détruire le départ de touffes dans ce milieu.

#### RECHERCHES A MENER DANS LE FUTUR

Il est nécessaire de poursuivre ces études sur le comportement des herbacées sur terrains miniers.



- D'abord avec les espèces qui ont marché par ailleurs, dans les conditions du Koniambo.
- D'autres espèces devant être testées sur les sites.
- Ensuite un travail sur les légumineuses doit être entrepris, portant sur les espèces, les inoculums et les moyens de permettre à la vie microbienne de se développer (en association avec l'Université ?).
- Un suivi des espèces semées (densité, recouvrement, hauteur, analyses foliaires ...) doit permettre d'améliorer les conditions de développement des espèces et donc d'améliorer les mélanges utilisés.
- Des recherches sur la multiplication des Cypéracées sont encore nécessaire : techniques de récoltes, scarification des graines, méthodes de multiplication végétative.
- Amélioration des conteneurs : type, taille, substrat

## ANNEXES

1.1 Comparaison d'un talus revégétalisé avec des Cypéracées (Thio par SIRAS), et celui revégétalisé avec des graminées (Tomo par Equilibres)

1.2 Fiches sur les graminées



Talus de la mine SMGM de Tomo semé par l'entreprise Equilibres  
Avec un mélange de Rhòdes, de Kazungula et de Mélinis



Talus à Thio semé en Cypéracées par SIRAS-Pacifique

## Kazungula

*Setaria sphacelata* (Schumac.) stapf & Hubbard ex M.B. Moss

Var. *sericea* cultivar Kazungula

### Botanique :

Famille des Poaceae

Nom commun : Setaria

### Description :

Aspect : plante vivace, en touffe ou plus rarement rhizomateuse, avec des tiges plus ou moins érigées jusqu'à 3 m de haut.

Plante aplatie à la base

Feuilles : le feuillage est vert ou vert bleuté. Les feuilles ont de 10 à 70 cm de long et 11 à 12 mm de large dans la variété *sericea*.

Inflorescence : panicule en forme de faux épis cylindrique long, étroit, raide, hérissé de longues soies jaunâtres.

Les épillets ovales tombant sans les soies, celles-ci restent sur la tige. Les glumelles sont ridées

### Ecologie, distribution :

Le setaria est originaire de l'Afrique

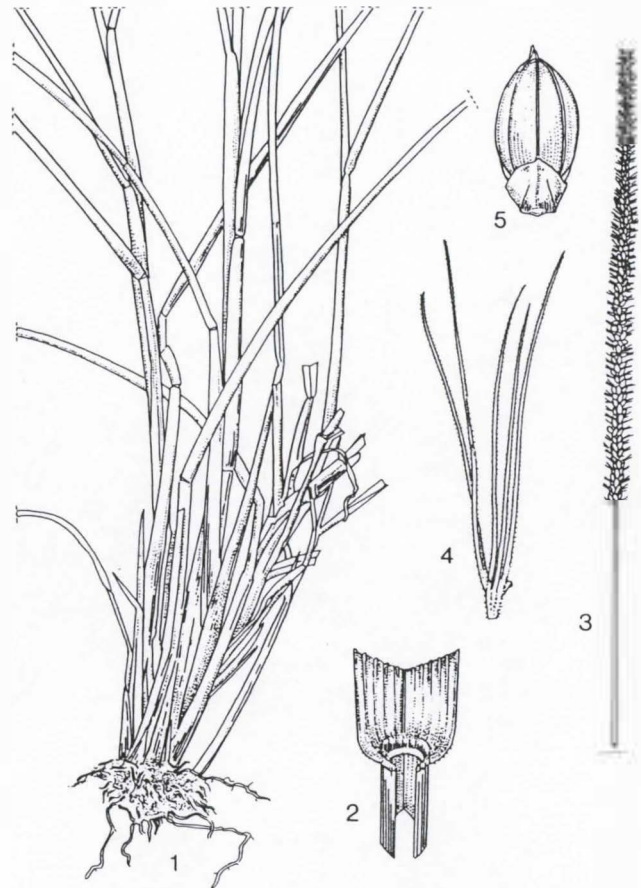
Il est désormais naturalisé dans la plupart des pays où il a été introduit.

Climat : plante bien adaptée aux altitudes élevées, et nécessitent un environnement humide. Pluviométrie supérieure à 1200 mm. Adaptation limitée à la sécheresse.

Sols : cette graminée supporte bien les sols temporairement inondés, y compris argileux.

### Mode d'établissement :

Le setaria se propage par semis, on compte 1200 à 1900 graines par gramme. Il faut compter semer 2kg par hectare.



## MELINIS

*Melinis minutiflora*

### ORIGINE

Afrique tropicale. Introduit à Wallis à Matalaa en 1968.

### DESCRIPTION

Vivace, chaumes genouillés, feuilles couvertes de poils produisant une substance poisseuse et à odeur forte. Inflorescence en panicule légère de couleur rose.

### CLIMAT

Tropical recevant plus de 1 000 mm de pluie, assez résistant à la sécheresse.

### SOL

Acide, filtrant, même s'il est lessivé ou peu fertile.

### MODE D'ETABLISSEMENT

Semis à la dose de 3 à 6 kg/ha.



### UTILISATION

Prairie permanente à exploiter en rotation. Prévoir des temps de repos de 2 mois. Éliminé par le surpâturage. Facilement combustible s'il est un peu sec. Mais repousse très bien après le feu. S'associe bien avec le Stylo.

### COMPORTEMENT EN ESSAI

Approvisionnement : semences commerciales

Vitesse d'installation : 2 à 3 mois

Comportement sur le toafa : vigueur moyenne, pousse lente

Comportement vis-à-vis des adventices : peu envahi

Réponse à l'engrais : positive

Epiaison : mai

Rendement en essai : 12 t/ha avec engrais, 8 t/ha sans engrais

Association avec Stylo : on est arrivé à une proportion intéressante, mais il n'y a pas vraiment de mélange (répartition en taches).

## *Rhodes grass*

### *Chloris gayana* Kunth

#### Botanique :

Famille des Poaceae

Nom commun : Rhodes grass, Herbe de Rhodes

#### Description :

Aspect : Herbacée pérenne, stolonifère, rampante ou occasionnellement en touffe de 0.5 à 2 m de hauteur. La tige est fine et feuillue, érigée ou montante, occasionnellement elle produit des racines aux nœuds inférieurs.

Feuilles : la gaine des feuilles est glabre excepté près du limbe ; la ligule à environ 1 mm de long, avec de longs poils sur le limbe proche de lui. Les bords de la feuille sont grossiers, glabre excepté près de la base, des veines latérales sont fortement développées. La feuille est plate 25-50 cm de long sur 6-15 cm de large.

Inflorescence : racèmes nombreux au sommet de la tige, souples, jaunâtres. Epillets portant une seule arête très courte.

#### Ecologie, distribution

Le Rhodes grass est natif de l'est, central et sud de l'Afrique. Cultivé à l'origine en Afrique du Sud. Introduite en Nouvelle-Calédonie comme plante prairiale, parfois subspontanée.

Climat : on considère généralement que son optimum est de 600-1000 mm de pluie, en Nouvelle-Calédonie on préconise plutôt 1000 à 1500 mm. Il ne faut pas que la saison sèche dépasse 6 mois. L'herbe répond bien à l'irrigation.

Bien que la température optimale pour la photosynthèse de cette plante soit de 35°C, elle supporte une large gamme de température situées entre 0° et 50°C.

Sol : il pousse sur une large gamme de sols, des argiles lourdes aux limons sableux. Son optimum de pH se situe entre 4.5 et 7. Cette graminée supporte des concentrations élevées de sel, et il peut concentrer Na dans ses feuilles sans subir de dommage.

C'est une espèce exigeante en fertilité.

#### Mode d'établissement :

Le Rhodes grass peut être multiplié par graines ou par stolons. C'est le semis qui permet

l'établissement le plus rapide. Les graines sont petites et doivent être semées très serrées, à une profondeur de 25 mm de la surface, recouvertes légèrement et roulées.

Il faut tabler sur un taux de germination d'environ 30-55% et on sème à la dose de 0.5 à 1 kg par hectare.

Elle pousse bien en mélange avec des légumineuses comme le Stylosanthes ou le Siratro.



## Signal

### Brachiaria decumbens Stapf

#### Botanique :

Famille des Poaceae

Nom commun : Signal grass, Signal

#### Description :

Aspect : plante vivace, semi-érigée, rhizomateuse et stolonifère, qui forme un tapis dense au sol. Forte colonisatrice grâce à ses stolons. La tige est prostrée ou ascendante de 30 cm à 1.50 m de haut.

Feuilles : les limbes sont larges, arrondis à la base, terminées en pointe, couverts de poils courts.

Inflorescence : composée de racèmes par 2 à 5, incurvés, sur un axe de 2 à 10 cm de long. Les racèmes ont 1 à 5 cm de long, et apparaissent à presque un angle droit par rapport à l'axe, d'où le nom de la plante « signal ». Rachis plat.

Les épillets sont ovales de 5 mm, par paires, portant des poils raides.

#### Ecologie, distribution :

Le Rhodes grass est originaire de l'Afrique de l'est.

Climat : plante bien adaptée aux régions humides à subhumide. Elle supporte jusqu'à 5 mois de sec mais ne tolère pas plus de 2 jours d'inondation.

Sols : croît bien sur une vaste gamme de sols, pourvu qu'ils soient bien drainés, incluant les sols acides, hautement saturés en aluminium et moyennement fertiles.

#### Mode d'établissement :

Le Signal est facile à installer à partir de graines, à des densités de semis variant suivant la qualité de 2 à 10 kg par hectare.

Les graines fraîches peuvent poser des problèmes de dormance qui disparaissent avec le stockage ou avec une scarification à l'acide sulfurique. Cette graminée peut aussi se multiplier par boutures de tiges. Comme cette plante est très fortement compétitive, il est souvent difficile de l'associer avec des légumineuses.

