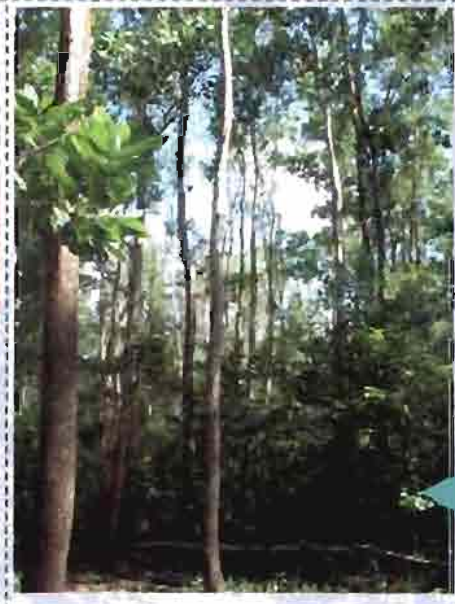
Livret technique pour la conduite de la revégétalisation sur les surfaces minières alluvionnaires de Guyane



IRD
Institut de recherche pour le développement

Convention IRD/EDF n° 2291 - FEDER n° 2406 au titre du DOCUP 94-99

Région n° CP/98.248

Livret technique pour la conduite de la revégétalisation sur les surfaces minières alluvionnaires de Guyane

Août 2002

D. LOUBRY

IRD
Institut de recherche pour le développement

D. Loubry : botaniste ingénieur en environnement,

contractuel de l'IRD au laboratoire d'Ecologie végétale de Cayenne entre novembre 1997 et avril 2000.

Adresse professionnelle actuelle :

Phytotrop Sarl - 9 lotissement Saint-Martin II - 97354 Rémire-Montjoly - Email : loubry.d@wanadoo.fr

Avertissement

Ce document n'est ni un rapport scientifique de plus ni un traité d'agronomie ou d'horticulture à l'usage des amateurs de jardinage. Ce fascicule se veut un simple livret technique pour la conduite d'une revégétalisation efficace des surfaces dégradées. Il est à destination des non-praticiens de l'horticulture pour la production, avec une grande économie de moyens, de végétaux ligneux. Il s'adresse en particulier aux exploitants miniers guyanais qui doivent s'adapter et se conformer à la réglementation en vigueur pour la restauration des surfaces minières exploitées.

Préambule

Le code minier s'étend désormais à l'ensemble des départements d'outre-mer, la réglementation impose l'obligation pour les exploitants miniers de remettre en état les sites après l'extraction du minerai (*Journal Officiel du 22 avril 1998*). Ceci entend un régalage des surfaces, une restauration du réseau hydrique, le retrait des déchets de toute nature et la reconstitution d'une couverture végétale proche de celle d'origine.

Les socioprofessionnels miniers, en particulier ceux du segment 'petites et moyennes entreprises' (***SOMIG*** en 1995 sur les sites Ipoussin et ***Compagnie Minière de Boulanger*** (***CMB***) sur les sites de Central Bief en 1996) ont été les premiers à demander un soutien technique pour la conduite de la restauration des surfaces dégradées.

L'IRD[1] s'est proposé en 1997 de rechercher les modalités de reconstitution de la couverture végétale arborée en privilégiant l'utilisation d'espèces autochtones. Il s'est également fixé pour objectif de rechercher la plus grande simplicité de mise en œuvre accompagnée d'un coût opératoire acceptable afin de conférer un caractère incitatif à la réhabilitation des anciens placers épuisés. L'IRD a été soutenu dans son financement par des fonds régionaux (ACPER[2] et Conseil Régional) et européens (FEDER[3]).

Un chercheur de l'IRD, M. Huttel[4] et un ingénieur en environnement, M. Loubry[5], contractuel, ont été chargés de la conduite de ce travail. Au terme d'une période de trois ans, l'IRD s'est engagé à remettre les éléments techniques afin que les exploitants miniers, ou bien les praticiens de l'environnement, puissent réaliser la réhabilitation des surfaces minières. C'est précisément l'objet du présent document.

Diverses opérations ont été menées pour constituer une base de connaissances : nombreux sites miniers visités ; analyses typologiques des revégétalisations spontanée et assistée ; études botaniques et pédologiques ; chimie des sols et des litières ; constitution d'une pépinière et plantations tests sur le site minier de Central Bief (CMB, piste de Coralie), en juillet 1997, premier semestre 1998 et juin 1999.

Les expérimentations ont permis de montrer les limites mais aussi les potentialités prometteuses qu'offre l'utilisation des espèces locales (environ une centaine d'espèces testées parmi les 350 les plus fréquentes) sur les différents types de substrats présents (sablo-gravillonnaire, argileux, limoneux). Cependant, il s'est révélé indispensable d'établir une phase pionnière avant le rétablissement des espèces locales. A cette fin, l'*Acacia mangium* et plusieurs Légumineuses locales appartenant aux genres *Andira, Clitoria* et *Erythrina* ont été

[1] IRD (ex ORSTOM) : Institut de Recherche pour le Développement, route de Montabo, 97300 Cayenne.

[2] ACPER : Annexes au Contrat de Plan Etat-Région.

[3] FEDER : Fonds Européens pour le Développement Régional

[4] *C. Huttel* : Chargé de recherche en écologie à l'IRD, du Laboratoire d'Ecologie Terrestre BP 4403, Université Paul Sabatier, 31405 Toulouse cedex 4

[5] *D. Loubry* : Botaniste et Ingénieur en Environnement, contractuel IRD de nov. 1997 à avril 2000 au Laboratoire d'Ecologie Végétale, Centre IRD de Cayenne (BP 165 - 97323 Cayenne Cedex).

testées et ces dernières ont révélé des performances remarquables en tant qu'espèces arborescentes pionnières. En effet, les différents essais conduits sur Central Bief ont montré que le succès de l'installation des espèces locales était subordonné à la reconstitution préalable d'un environnement présentant des conditions moins contraignantes que celle d'une surface minière ouverte : la pleine exposition au soleil des jeunes plants se traduisant le plus souvent par une photosensibilité létale à laquelle s'ajoutent les dommages de la dessiccation. La recréation d'une couverture végétale pionnière s'est avérée nécessaire pour la survie et la croissance des plants d'espèces locales installés dans ce nouvel environnement.
L'absence de matière organique dans les substrats se traduit par une très faible fertilité du sol. Les espèces pionnières retenues remplissent ainsi un double rôle de plante protectrice et productrice de matière organique, leur coût de production se révélant peu élevé.

Dans la suite de ce texte, les impacts écologiques de l'exploitation minière sur les lits alluvionnaires sont brièvement rappelés en introduction. Avant d'aborder les procédés de la restauration écologique de ces surfaces dégradées, les modalités d'extraction du minerai et leurs conséquences sur la structure et la qualité des sols sont développées afin de mieux cerner le degré de difficulté à surmonter.

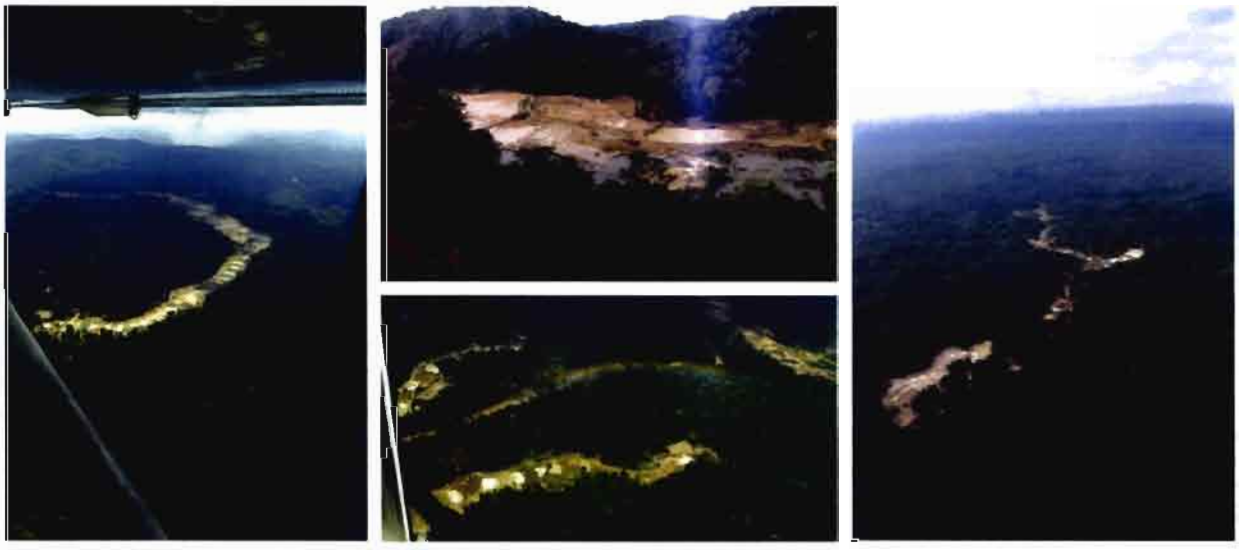
Un protocole de revégétalisation est alors proposé. Il est suivi d'un exposé détaillé des gestes techniques s'appliquant à la production du matériel végétal nécessaire à la réalisation de notre objectif : réunir les conditions minimales qui permettront la reconstitution durable d'un écosystème fonctionnel en adéquation avec le contexte tropical guyanais.

Introduction

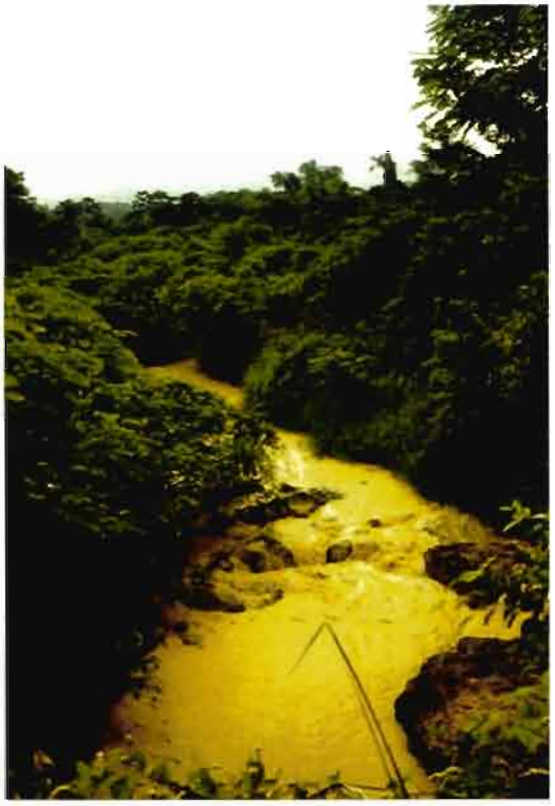
Il serait hors de propos de retracer ici l'historique de l'exploitation aurifère en Guyane depuis la découverte des premiers gisements au XIXème siècle. Rappelons simplement que pendant un peu moins d'une centaine d'années, l'exploitation des gisements alluvionnaires relevait plus de l'artisanat que de l'industrie. Les paysages actuels ont conservé cependant l'empreinte de l'exploitation des anciens placers mais il faut parfois un œil exercé pour remarquer dans la végétation actuelle la marque de leurs impacts passés. Ces derniers sont restés modestes en comparaison de ceux qu'impliquent les moyens mécaniques contemporains : barges, dragline, bulldozers, pelles hydrauliques, pompes à graviers, lances monitor, etc. Les méthodes actuelles d'exploitation, mises au point par les "garimperos" brésiliens, permettent de traiter un volume croissant de sols alluvionnaires mais leur impact est en conséquence plus lourd.

Jusqu'à très récemment aucune réglementation ne s'appliquait à la remise en état des emprises minières, celles-ci étant le plus souvent exploitées sans réelle planification rationnelle. En conséquence, on a constaté d'année en année l'extension du mitage de la forêt guyanaise, sans qu'aucune restauration efficace ne s'opère spontanément.

GARIMPEROS BRÉSILIENS UTILISANT LES LANCES À EAU DANS LA MÉTHODE DU LANCE-MONITORING



SURVOLS D'ANCIENNES ZONES D'EXPLOITATION AURIFÈRE DANS LE FOND DES VALLÉES ALLUVIONNAIRES



REJET DANS LE LIT DE LA CRIQUE DES EAUX BOUEUSES À L'AVAL D'UNE MINE

AMALGAMATION AU MERCURE

Ce mitage, le plus souvent associé à une exploitation minière mal conduite, s'accompagne de la dégradation des sols et de la qualité des eaux à l'aval des zones exploitées. Les eaux boueuses issues de ces espaces miniers et la présence de métaux lourds polluants sont redoutées pour leurs conséquences sur la santé publique.

Dans l'esprit de la réglementation, la restauration des placers miniers, aux sols dégradés, doit se concevoir comme l'effort nécessaire pour que s'établisse l'équilibre entre une activité minière qui tient une place importante dans l'économie locale et la nécessité de maintenir des conditions environnementales respectueuses des besoins de la population. La restauration doit à la fois pouvoir se réaliser dans les limites imposées par la gestion raisonnée de l'entreprise et répondre aux attentes du public de plus en plus sensible à la conservation de la qualité de l'environnement.

Dans notre démarche, la revégétalisation des surfaces minières s'inscrit dans l'effort de la réduction des impacts de cette activité sur l'environnement par une restauration durable pouvant être mise en œuvre sans constituer une surcharge de dépenses trop pénalisante pour les exploitants miniers.

I - Les bases de la restauration des sols dégradés et protocole de revégétalisation

EXPLOITATION MINIÈRE EN COURS

PRÉPARATION DE PLANTS EN PÉPINIÈRE

ETAT DES SURFACES APRÈS EXPLOITATION

SURFACE REVÉGÉTALISÉE APRÈS PLANTATION

I.1. Rappels sur les modalités d'extraction minière et leurs impacts sur les sols[6] alluvionnaires

Bien que l'environnement géologique soit celui du lit des rivières et des terrasses alluvionnaires, les niveaux aurifères recherchés et exploités sont situés juste au dessus de la couche saprolithique[7], c'est-à-dire les niveaux "contemporains" de la dégradation chimique de la roche mère, les horizons supérieurs étant occupés par des alluvions plus ou moins anciennement déposées.

[6] Au sens géologique, le terme "sol" est impropre dans le cas des formations pédologiques alluvionnaires mais nous garderons ce terme pour désigner le substratum avant qu'il ait été remanié et celui de "substrat", les dépôts après extraction et décantation dans les bassins recomblés.

[7] Niveau saprolithique : niveau supérieur de la roche mère où les minéraux ont subi une érosion chimique tout en conservant les aspects de la roche en place.

EXCAVATION EN COURS ET EXPLOITATION DES COUCHES ALLUVIONNAIRES "MINÉRALISÉES"

FOND D'UN BARANQUE ATTEIGNANT LE NIVEAU SAPROLITHIQUE

DÉBOURBAGE DES SÉDIMENTS SOUS JETS D'EAU

L'exploitation aurifère alluvionnaire a donc une limite imposée par le coût d'extraction des matériaux de surface ("les stériles") qui recouvrent un niveau aurifère dont la teneur en or serait comprise entre un à quelques grammes d'or à la tonne de matériaux extraits (teneur inférieure, déclarée limite par les exploitants en terme de rentabilité).

Pour atteindre ce niveau "minéralisé" (*i.e.* contenant le métal aurifère), les excavations se limitent pour l'heure à une profondeur maximale de cinq mètres. Le remaniement des horizons édaphiques concerne donc tous ceux compris entre la couche humique superficielle et celui du niveau saprolithique supérieur, situé à une profondeur variable en fonction du contexte géologique.

L'opération d'extraction consiste en un débourbage, c'est-à-dire un complet délitage des couches alluvionnaires extraites à la pelle mécanique et lavées sous un puissant jet d'eau. Les éléments les plus volumineux qui ne peuvent être entraînés malgré la poussée du jet demeurent au pied de la grille de débourbage ("le grizzli") au fond de la surface excavée (le baranque[8]).

La boue de délitage est drainée vers une cuvette où elle est aspirée par des pompes à graviers qui entraînent tous les éléments, sables et argiles jusqu'au sommet de la digue avant de se déverser sur une table de lavage. Par simple gravimétrie s'opère la ségrégation des minéraux. Le passage sur cette table est très

[8] Baranque : terme brésilien pour désigner le trou ou la fosse d'où l'on extrait le minerai.

rapide mais les métaux lourds, dont les particules d'or recherchées, sont piégés entre les poils d'une moquette synthétique. Les autres éléments se déversent au pied de la table et s'accumulent dans un bassin voisin, selon leur masse, les éléments légers, souvent les plus fins, étant entraînés au plus loin. Les eaux surchargées de matière en suspension vont stopper leur course dans ce bassin de réception et se décanter progressivement.

EAUX DE LAVAGE SURCHARGÉES DE BOUES RETENUES DANS UN BASSIN DE DÉCANTATION

La structure d'origine du sol est complètement détruite pour former en se déposant, dans le plan vertical, une succession de couches d'éléments grossiers, de sables et d'argile.

NATURE HÉTÉROGÈNE DES SÉDIMENTS APRÈS DÉCANTATION DANS LES ANCIENS BARANQUES ; GRAVIERS SABLES, ARGILES FINES DE DÉCANTATION

L'autre conséquence de ce délitage, dans le plan horizontal cette fois, est la formation d'une succession de lits de nature très différente, fonction du gradient granulométrique, riche en quartz grossiers au pied du déversoir jusqu'à ne former qu'une couche d'argile pure sur plusieurs mètres d'épaisseur sur le front du cône de déjection.

HÉTÉROGÉNÉITÉ GRANULOMÉTRIQUE DES SÉDIMENTS AVEC LA SUCCESSION DE LITS DE GRAVIERS, SABLES ET ARGILES

Les colloïdes argilo-humiques ainsi que la matière organique structurale sont dispersés et entraînés. Les éléments chimiques, qui leur étaient associés tels que les cations (notamment le potassium) sont exportés et perdus pour les différents substrats non argileux.

Sur le plan biologique, le délitage et l'entraînement hydraulique des matériaux du sol s'accompagnent de la stérilisation des substrats par la destruction de la microfaune et des microflores fongique et bactérienne.

Lorsque l'extraction est arrivée à son terme, la nouvelle excavation devient à son tour le bassin de décantation des eaux chargées de boue d'un nouveau baranque en exploitation. Dans le précédent bassin de réception, les couches de minéraux sont laissées à ressuyer pendant plusieurs semaines voire plusieurs mois. Lorsque ces couches peuvent supporter la charge d'un engin lourd, les matériaux de surface sont repoussés à l'aide d'un bulldozer ou d'une pelle afin de refermer les espaces restés en eau.

SURFACE D'UN ANCIEN BARANQUE APRÈS COMBLEMENT ET TERRASSEMENT ; LE RÉGALAGE A POUR CONSÉQUENCE UN COMPACTAGE DES SUBSTRATS

Cette opération correspond au régalage, c'est à dire à une remise à plat de l'horizon supérieur. Ce dernier peut donc être constitué par des matériaux très divers, formés de "stériles" ou de tous autres matériaux d'excavation. Le régalage génère ainsi une nouvelle hétérogénéité de surface en étalant des substrats de natures très différentes aux propriétés physiques et chimiques diverses, voire divergentes. Des minéraux inaltérés ou incomplètement altérés peuvent ainsi être en surface et former des substrats filtrants, chimiquement pauvres, à mauvaises capacités en terme de retenue d'eau ou bien d'échanges de cations ou de bases. Inversement, l'accumulation des argiles en surface se traduira par des comportements hydriques diamétralement opposés selon les conditions saisonnières.

HÉTÉROGÉNÉITÉ DES SUBSTRATS DES SURFACES RÉGALÉES

MORCEAUX DE QUARTZ LAISSÉS PAR LE DÉBOURBAGE

LITS DE SABLE ET DE GRAVIERS

FRONT D'ARGILES ET DE LIMONS RAPIDEMENT INVESTIS PAR DES HERBES CYPERACEAE

En conclusion, les principaux défauts de ces néo-substrats peuvent se résumer en leur manque de structuration physique et chimique ainsi que l'absence de toute activité biologique. Ces défauts se traduisent par des problèmes de circulation d'eau (engorgement ou hyper filtration), la déficience en cations échangeables, l'absence de colloïdes humiques et une stérilité biologique.

ABSENCE DE STRUCTURE ET STÉRILITÉ DES SUBSTRATS EN SURFACE

GRAVIERS ET SABLES
FORMENT DES SUBSTRATS HYPER FILTRANTS
INCAPABLES DE RETENIR L'HUMIDITÉ

FACIÈS DE DESSICATION
DES ARGILES EN SURFACE

ÉPAISSE COUCHE DE GRAVIERS FORMANT LE NOUVEAU SUBSTRAT
D'OÙ SONT ABSENTES MATIÈRE ORGANIQUE ET ACTIVITÉ BIOLOGIQUE

I.2. Principe de la restauration de la fertilité

La restauration du stock de matière organique permet de résoudre les différents problèmes observés : en favorisant le retour à une activité biologique du sol, la transformation de la matière organique s'accompagne de la formation d'humus ainsi que du retour d'une structure chimique favorable aux échanges cationiques. Sur le plan de la structure physique, la présence d'éléments colloïdaux humiques et le travail physique de la microfaune contribuent à palier le manque de porosité des substrats compacts, inversement, la capacité de retenue en eau des surfaces sablo-gravillonnaires les plus filtrantes se trouve améliorée. Ainsi, sur les plans physique, chimique et biologique, la reconstitution du stock de matière organique s'accompagne de la restauration de la fertilité du sol.

MATÉRIAUX VÉGÉTAUX EN SURFACE AVANT LEUR DÉCOMPOSITION ET LEUR INCORPORATION AUX COUCHES MINÉRALES SOUS JACENTES

L'ACTIVITÉ DES ORGANISMES DU SOL CONTRIBUE À L'ENFOUISSEMENT ET À LA DÉCOMPOSITION

L'ENRICHISSEMENT DU SOL EN MATIÈRE ORGANIQUE S'ACCOMPAGNE D'UN RETOUR DE LA BIODIVERSITÉ ET EN RETOUR CELLE-CI APPROVISIONNE LE SOL EN MATIÈRE ORGANIQUE

Ce stock de matière organique a une durée de vie limitée en raison de "l'érosion chimique" liée aux conditions ambiantes de chaleur et d'humidité. La disparition du compartiment organique du sol se traduit par une perte de fertilité et une exportation chimique des nutriments.

Des expériences conduites en Guyane sur l'érosion (programme ECEREX[9]) ont pu démontrer que l'exportation était minimale sous couverture forestière et que l'essentiel des nutriments était réparti dans la biomasse vivante. Grâce à un turn-over très rapide de la matière organique dans le sol, les surfaces forestières conservent un bon potentiel de productivité.

ILL. D. LOUBRY

[9] ECEREX : Ecologie Erosion Expérimentation, programme MAB (Man And Biosphère) de l'Unesco

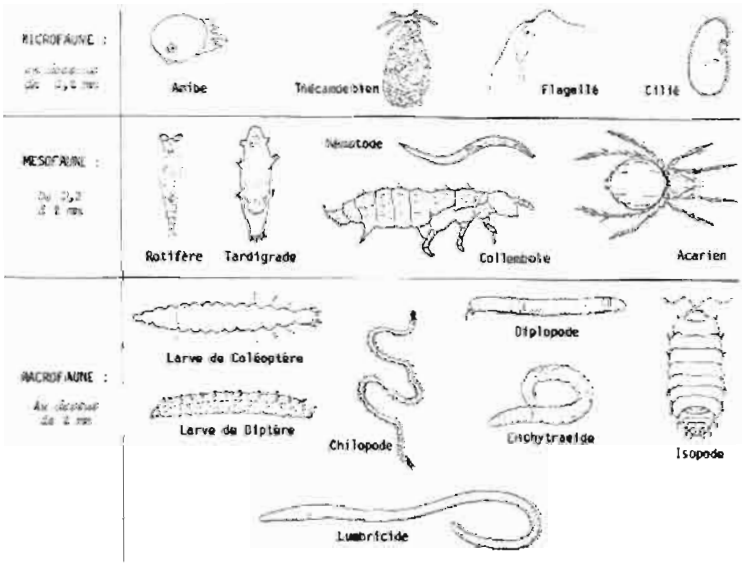
(D'après D. Glanz in Vegetation of Barro Colorado Island)

Il semble que la biodiversité soit un des éléments clefs de cet équilibre paradoxal entre la relative pauvreté chimique des sols sous forêt, et la production d'une imposante biomasse. En fait, il apparaît que la concentration d'un grand nombre d'espèces occupant la même surface a pour corollaire une utilisation optimale des ressources en établissant une partition dans le temps comme dans l'espace des besoins de chacune d'elles.

En conséquence, les risques d'exportations des nutriments sont réduits. La biodiversité favorise un roulement permanent de la fertilité au sein de l'ensemble sol-plantes.

Ce second point est fondamental pour comprendre la nécessité de revégétaliser les surfaces dégradées en recourant à la plus large biodiversité possible pour reconstituer les conditions fonctionnelles de l'écosystème. En d'autres termes, revégétaliser ne consiste pas à verdir le paysage pour lui donner une meilleure esthétique mais bien à rétablir un environnement fonctionnel dynamique.

Le principe de la restauration de la fertilité du sol se décline ainsi en deux phases : la première est la reconstruction du stock de matière organique pour stimuler l'activité de la microfaune et la microflore du sol et former un "sol vivant" ; la seconde phase est l'entretien du stock de matière organique et de l'activité biologique associée par le turn-over constant entre sol et plantes, turn-over d'autant plus efficace que la biodiversité est élevée.



LES PRINCIPAUX REPRÉSENTANTS DE LA FAUNE DU SOL

(D'après J. D'Aguilar et A Bessard - Biologie des sols - Dans Techniques Agricoles, 47 rue de Richelieu, Paris)

I.3. Comment reconstituer le stock de matière organique dans le sol ?

Deux solutions se présentent : soit à l'aide d'apports massifs de matériaux organiques soit par la production *in situ* de cette matière organique.

La première solution serait la plus adaptée, cependant elle présente deux inconvénients majeurs : l'approvisionnement en quantité nécessaire et les coûts d'acheminement et de manutention.

L'emploi de certains matériaux organiques est déterminé par leur facilité à se minéraliser plus ou moins rapidement. La qualité de la matière organique conditionne la reprise de l'activité biologique, déterminante pour la bonne fonctionnalité du sol. Les matériaux organiques facilement minéralisables sont décomposés rapidement, de l'ordre de quelques jours à quelques semaines, par les agents biologiques du sol qui trouvent là leur source d'énergie. Ces derniers intègrent les substances humiques issues de la décomposition aux particules du sol pour former l'humus, complexe colloïdal support de la fertilité.

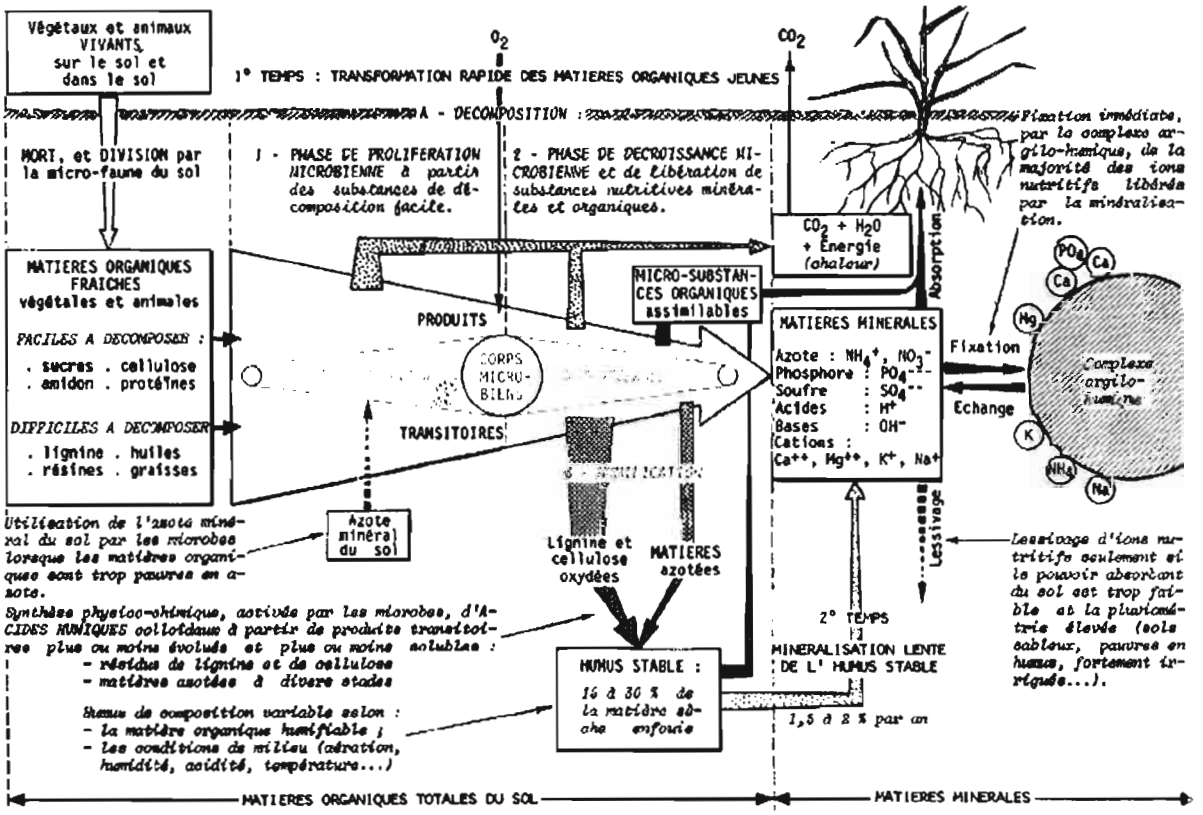


SCHÉMA DE L'ÉVOLUTION DES MATIÈRES ORGANIQUES DANS LE SOL

(Tiré de D. SOLTNER 1975 – Phytotechnie Générale – Les Bases de la Production Végétale, tome 1 – Collection Sciences et Techniques Agricoles)

SOUS- BOIS OMBRAGÉ SOUS PLANTATION D'*Acacia mangium*

PRODUCTION RAPIDE DE BIOMASSE ET DE LITIÈRE DE *Clitoria racemosa*

Les matériaux riches en lignine contiennent des polyphénols qui sont des inhibiteurs de l'activité bactérienne et fongique. Les matériaux tels que les écorces, la sciure de bois, le feuillage de nombreuses espèces, se décomposent très lentement en raison de la présence de ces composés chimiques. Le matériau idéal pour une minéralisation rapide doit être riche en cellulose ainsi qu'en azote et phosphate, fournissant énergie et matériaux favorables à la prolifération microbienne.

Les mines de Guyane étant le plus souvent profondément enclavées dans les zones forestières, leu situation ne se prête pas à l'acheminement des quantités de matériaux à raison de 500 m³ par hectare. Des espaces, situés au voisinage de la mine, pourraient être consacrés à la mise en culture de végétaux de type "engrais verts" destinés à la fourniture de ces matériaux organiques mais la mise en œuvre de cette solution apparaît peu réaliste sans oublier qu'elle ne serait que le préalable à la plantation des espèces devant constituer la future couverture forestière.

La seconde solution consiste à installer directement sur les surfaces à revégétaliser des espèces arborées frugales, à croissance rapide, capables de fournir une litière de qualité pour recréer une activité biologique soutenue dans les horizons supérieurs du sol.

L'intérêt également de cette seconde méthode est que l'on crée *de facto* des conditions plus accueillantes pour les espèces forestières qui viendront ultérieurement compléter le peuplement.

Parmi les espèces pionnières - celles-ci prises dans le vrai sens du terme puisqu'elles colonisent des espaces vierges - dominent les plantes fixatrices de l'azote atmosphérique par le biais d'une symbiose rhizo-bactérienne. Ces plantes, Casuarinales ou autres Légumineuses tropicales s'accommodent généralement des substrats difficiles. Elles concourent efficacement à la restauration de la fertilité des sols dès lors qu'elles s'associent aux souches microbiennes les plus efficaces pour assurer la fixation de l'azote de l'air. Ces souches sont omniprésentes dans les sols naturels, mais sont le plus souvent

COUVERTURE PIONNIÈRE HAUTE DE 4-5 M, ÉTABLIE EN MOINS DE 18 MOIS SUR UN SUBSTRAT INGRAT, DÛ AU COMPACTAGE

absentes des substrats remaniés. Il faut attendre une contamination spontanée - les vecteurs potentiels sont nombreux pour que se réalise l'ensemencement bactérien - ou provoquée par l'inoculation des plants en pépinière pour que la symbiose racine-bactérie soit efficace.

L'ASSOCIATION RACINES/ BACTÉRIES FORME DES NODULES OÙ EST FIXÉE L'AZOTE DE L'AIR

Casuarinales et Légumineuses sont parmi les espèces arborescentes pionnières les plus fréquemment utilisées pour restaurer les sols dégradés. Parmi les Légumineuses, *Acacia mangium* est l'une des plus répandues.

Cette espèce répond parfaitement aux critères de frugalité et de croissance rapide. Cette Légumineuse est utilisée en Guyane aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural. Avec une croissance de l'ordre de quinze mètres environ en cinq ans, l'*Acacia mangium* peut être considéré comme performant si l'on prend en compte la pauvreté des substrats sur lesquels il est implanté. Des espèces opportunistes, dites "pionnières", comme les *Cecropia*, *Bagassa* ou autre *Laetia* ont des croissances du même ordre mais seulement sur des sols riches en matière organique fraîchement minéralisée comme dans le cas des sols d'un chablis ou d'un abatis.

NODULES FORMÉS SUR LES RACINES D'UN *Inga heterophylla* (MIMOSACEAE)

Acacia mangium

PARCELLE D'*Acacia mangium* EN JUILLET 1997 LA MÊME PARCELLE EN AOÛT 1998

D'autres espèces de Légumineuses arborescentes, issues de la flore amazonienne, présentent également un grand intérêt pour la constitution de cette phase de revégétalisation pionnière. Il s'agit en particulier de *Clitoria racemosa* ("Pois papillon") et de deux espèces guyanaises d'"Immortelles" : *Erythrina fusca* et *Erythrina amazonica*.

Erythrina fusca

Erythrina amazonica

Clitorie racemosa

Clitorie racemosa

Cependant, ces dernières ne peuvent être implantées sans des conditions hydriques particulières du substrat.
Elles sont en effet inféodées aux sols humides en permanence.

Erythrina fusca
DANS LEUR MILIEU NATUREL,
DES MARÉCAGES HERBACÉS

Ce dernier point souligne bien la nécessité de prendre en compte la nature particulière des différents substrats que l'on peut rencontrer sur une surface minière, située à l'origine dans une vallée alluvionnaire. Ceci nous amène à présenter maintenant notre protocole de revégétalisation qui repose sur l'adéquation entre plantes pionnières et nature des substrats.

SURFACE FILTRANTE

SURFACE COMPACTE

SURFACE HYDROMORPHE

I.4. Protocole de revégétalisation

Comme nous l'avons déjà vu précédemment, la restauration de ces surfaces dégradées passe par deux phases : une phase pionnière et une phase de pérennisation. Cependant l'hétérogénéité intrinsèque de ces surfaces remaniées implique une conduite de la revégétalisation adaptée, même très grossièrement, à la nature des différents substrats présents. Ce point est particulièrement important pour établir la phase pionnière.

I.4.1. La phase pionnière

Si l'on tient compte de la nature grossière des substrats d'un baranque récemment régalé, on trouve un premier type dominé par des éléments gravillonnaires grossiers. Sur cette surface, le plus gros handicap est la très faible capacité de retenue en eau. L'espèce pionnière la moins *mal adaptée* est sans conteste l'*Acacia mangium*. Par son système racinaire profus et traçant, il apparaît tout à fait capable de coloniser ce type ingrat de substrat.

RACINES TRAÇANTES ET LITIÈRE D'*Acacia mangium*

Il faut alors installer les plants selon une densité qui assure la fermeture du milieu tout en évitant l'écueil d'une compétition dépressive entre les sujets. Dans nos différents essais, il est apparu qu'une plantation en ligne d'un plant tous les quatre mètres avec un interligne de quatre mètres également, selon une disposition en quinconce, se révélait satisfaisante. La phase pionnière est dans ce cas monospécifique.

PLANTATION EN *Acacia mangium*

Sur les surfaces sablo-gravillonnaires qui occupent généralement près de la moitié des superficies régalées, le caractère hyper filtrant s'atténue d'autant plus rapidement que s'installe une litière abondante. Deux espèces pionnières peuvent y être établies : *Acacia mangium* et *Clitoria racemosa*. Cette dernière espèce pouvant être installée sous la forme de macroboutures et la forme de sa cime étant très étalée, on peut diminuer la densité de plantation à raison d'un plant tous les cinq mètres avec un interligne du même ordre. Pour optimiser le recouvrement, on alterne sur la ligne de plantation les sujets d'*Acacia* et de *Clitoria*.

STRATE DE COUVERTURE À *Acacia mangium* ET *Clitoria racemosa*

Sur les surfaces argilo-sableuses, l'*Acacia mangium* peut être avantageusement remplacé par une des espèces d'*Erythrina* citées plus haut. Sur ces surfaces, on peut ne recourir qu'à des boutures ou des macro-boutures puisque *Clitoria* et *Erythrina* s'y prêtent sans difficultés avec des densités du même ordre que précédemment. Enfin sur les surfaces argilo-limoneuses, le plus souvent saturées d'eau et déjà en partie conquises par des herbacées comme les Cyperaceae, les Erythrines peuvent y être implantées selon un maillage plus diffus en fonction de l'accessibilité de ces surfaces molles.

Erythrina fusca SUR DES LIMONS SATURÉS D'EAU

I.4.2. La phase de pérennisation

La phase pionnière ne sera effective que lorsque le recouvrement de la couverture végétale vivante dépassera les 50% de la superficie globale et lorsque la litière constituera une couche quasi continue sur la surface des différents substrats. Il faut compter un minimum de deux à trois années, avant d'atteindre cet état de recouvrement.

C'est alors que peut commencer la seconde phase de restauration avec la réintroduction des espèces locales. En effet, les premiers arbres plantés sont des "accessoires" indispensables mais bien insuffisants pour reconstituer un écosystème fonctionnel tout à fait autonome.

Les espèces forestières locales vont intervenir à trois niveaux : le renforcement de la biodiversité, la restauration de la structure stratifiée de la couverture arborée, la transformation en profondeur des horizons supérieurs des différents types de substrats.

INSTALLATION DE PLANTS D'ESPÈCES LOCALES SOUS COUVERT D'*Acacia mangium* (MINE CMB[10] À CENTRAL BIEF)

La plantation d'espèces locales diverses ne constitue qu'une amorce de la restauration de la biodiversité. Les espèces pionnières retenues étant peu attractives pour les vecteurs que sont les animaux consommateurs de fruits et de graines, il faut privilégier les espèces qui pourront remplir ce rôle attractif.
Parmi celles-ci, il faut compter en particulier les espèces appartenant au genre *Ficus* car elles jouent toutes un rôle important dans l'alimentation de nombreuses espèces animales et particulièrement les chauves-souris.

[10] CMB : Compagnie Minière de Boulanger

Ficus guianensis

Ficus sp 1

Ficus maxima

Ficus sp 2

Parmi ces dernières, le genre *Artibeus*, représenté par de gros spécimens, joue un rôle majeur dans la réintroduction de nombreuses espèces appartenant à des familles très variées[11].

Artibeus jamaicensis

GRAINES DE *Ficus gomelleira* DISPERSÉES EN "PLUIE" PAR LES *Artibeus*

RELIEFS DES FRUITS DE *Ficus* AU DESSOUS D'UN "RÉFECTOIRE" D'*Artibeus*

[11] Familles des espèces consommées et dispersées par les chiroptères du genre *Artibeus* : Anacardiaceae, Burseraceae, Clusiaceae, Chrysobalanaceae, Cecropiaceae, Combretaceae, Fabaceae, Lecythidaceae, Malpighiaceae, Melastomataceae, Menispermaceae, Moraceae, Myristicaceae, Myrtaceae, Palmaceae, Piperaceae, Sapotaceae, Simaroubaceae, et d'autres probablement.

D'autres animaux vecteurs, oiseaux et petits mammifères arboricoles ou terrestres s'intéressent également à la plupart des espèces de Moraceae (*Bagassa, Brosimum*), ainsi qu'à de nombreuses Anacardiaceae (*Spondias, Tapirira*), Fabaceae (*Andira, Dipteryx, Dussia*), Mimosaceae (*Abarema, Enterolobium, Inga, Parkia*), Meliaceae (*Carapa, Guarea*), Myrtaceae et Myristicaceae, etc.

Brosimum acutifolium
MORACEAE

Pouteria williamii
SAPOTACEAE

MYRTACEAE
INDÉTERMINÉE

Inga thibaudiana
MIMOSACEAE

MACROBOUTURES DE *Ficus guyanensis* (À GAUCHE)
ET DE *Ficus krukovi* (À DROITE)

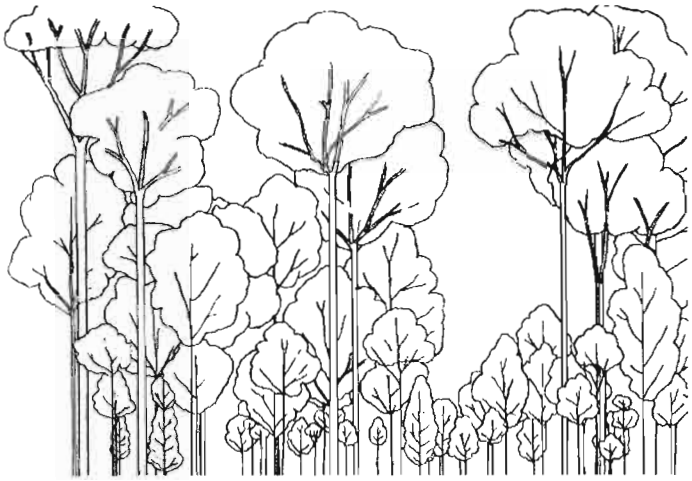
Ainsi dans le panel des espèces à réintroduire en priorité, les *Ficus* occupent une place de premier rang. La plupart des espèces de ce genre peuvent facilement se bouturer ou être plantées sous forme de macroboutures, ce qui en facilite l'usage.

Leur rôle attractif sur les chauves-souris se manifeste bien avant que ces arbres ne soient fructifères et ils sont régulièrement visités par ces animaux qui s'assurent ainsi de leur état phénologique[12], stérile ou bien fructifère, voire même du degré de maturation des fruits. C'est au cours de ses fréquentes visites que sont apportées inopinément les diaspores[13] des autres espèces, renforçant ainsi la diversité de la flore présente.

Chacune de ces espèces occupera au cours de son développement et à son terme une strate donnée dans la structure forestière, contribuant ainsi à diversifier les habitats potentiels accessibles à de nouvelles espèces. C'est donc un élément de la dynamique forestière important qui optimise la biodiversité de l'écosystème.

[12] Phénologie : croissance, floraison, fructification et les différents états apparents qui rythment la vie d'un végétal.

[13] Diaspore = unité de dissémination : graine ou bien tout ou partie d'un fruit qui dispersé après la maturation assure la dispersion de l'espèce.



STRUCTURE FORESTIÈRE :
POUR DÉCRIRE LA FORÊT DANS LE PLAN VERTICAL, ON LA DIVISE EN PLUSIEURS NIVEAUX OU STRATES DEPUIS LE SOL JUSQU'À LA COUCHE LA PLUS HAUTE, LA CANOPÉE.

Dans la phase pionnière, les premiers arbres plantés n'ont que des racines traçantes à la surface même du sol. Les couches plus profondes ne sont donc pas impliquées dans la restauration de la fonctionnalité du sol.

RACINES SUPERFICIELLES DE *Clitoria racemosa*, ESPÈCE UTILISÉE DANS LA PHASE PIONNIÈRE

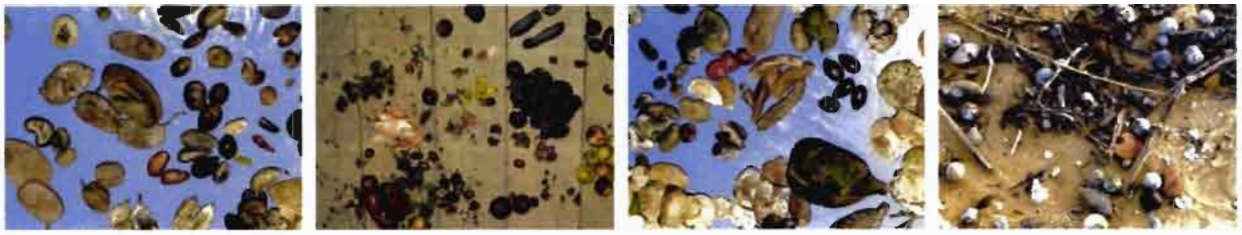
SOUCHE DE *Qualea rosea* (LE GONFOLO) MONTRANT UN SYSTÈME RACINAIRE AVEC DE MULTIPLES PIVOTS PROFONDS

Aussi la diversité des enracinements superficiels ou profonds appartenant aux espèces locales participera tant du point de vue physique que chimique et biologique à augmenter le volume utile de sol. Enfin, la diversité des litières constitue un atout primordial pour entretenir une pédofaune[14] et une pédoflore riches et actives.

Concrètement, la réintroduction des espèces locales sous la strate pionnière peut se réaliser en implantant toutes les diverses espèces forestières dont on peut trouver les diaspores en forêt ou bien accumulées en divers points après leur dispersion (bords de rivières, caches d'animaux, etc).

LOMBRIC "GÉANT" DANS LA LITIÈRE DU SOUS-BOIS FORESTIER

[14] Pédofaune-flore : faune et flore du sol



COLLECTES DES FRUITS SUR LES CRIQUES, PLAGES ET LAYONS

NOYAUX DE CHRYSOBALANACEAE

GRAINES D'*Ormosia* (FABACEAE)
A GAUCHE : *O. cotinhoi*
A DROITE : *O. coccicrea*

NOYAUX D'HUMIRIACEAE

Il y a une période tout à fait propice à la collecte des graines ou des fruits, puisqu'il existe une véritable saisonnalité de la fructification. Celle-ci s'étend pratiquement tout au long du premier semestre de l'année mais connaît un pic en mars-avril. Cependant d'autres espèces fructifient sans saisonnalité particulière comme les figuiers (*Ficus spp*), ou les pois sucrés (*Inga spp*). Il est donc relativement facile de se procurer des semences mais il existe une contrainte importante due à la difficulté de leur conservation. La plupart d'entre elles ne conservent leur capacité à germer que très peu de temps, de l'ordre de quelques jours à quelques semaines. En fait, nombre d'entre elles ne supportent par la moindre dessiccation, et cette perte en eau s'accompagne rapidement de la mort de l'embryon.

Il existe cependant des espèces qui font exception et dont la germination, au contraire, ne surviendra que très tardivement, au terme de plusieurs mois, voire de plusieurs années. Il est peu avantageux d'élever ces espèces en pépinière avant de les replanter (fruits à noyau ; graines à tégument induré).

Elles pourront être semées en place dans le même temps que la plantation des espèces de la phase pionnière. Cette implantation est plus facile à mettre en œuvre que celle des autres espèces à partir de plants préalablement élevés en pépinière. Cependant, on pourrait être tenté de recourir de manière un peu exclusive à ce groupe d'espèces dont la germination est différée, au dépens de la diversité des espèces. Elle peut avantageusement venir en complément de l'installation des plants lorsque ceux-ci sont en nombre insuffisant. Les autres espèces sont collectées sous forme de graines dans le milieu naturel et de préférence dans des forêts voisines du site à replanter afin d'éviter l'introduction d'espèces mal adaptées. Elles sont élevées en pépinière jusqu'à ce qu'elles présentent un chevelu racinaire dense et que les conditions requises pour leur installation définitive soient réunies, notamment au terme des deux ou trois premières années de la phase pionnière.

Il convient donc de planifier les différentes étapes pratiques pour conduire avec succès la revégétalisation de ces sites dégradés.

II - Mise en œuvre pratique

II. 1. Planification des étapes

Les premières étapes de la revégétalisation sont bien évidemment subordonnées à la préparation des surfaces à planter et donc à leur régalage. Celui-ci étant réalisé, aucune autre intervention de terrassement ne doit avoir lieu sur ces mêmes surfaces. La planification de ces travaux de régalage est bien souvent déterminée par la disponibilité des engins, affectés pour l'essentiel du temps, aux moyens de production de la mine. Cependant, sachant que les travaux de plantation doivent se faire en saison des pluies, soit entre fin décembre et jusqu'à la mi-juillet au plus tard, il est préférable de programmer ces travaux de régalage pendant la saison sèche.
Il est bien sûr possible de préparer le matériel végétal destiné à ces surfaces dans le même temps mais c'est le contexte climatique saisonnier qui définira l'ordre des priorités. Le montage de la pépinière peut se réaliser quelles que soit les conditions climatiques mais il est préférable qu'elle soit opérationnelle avant de commencer les premiers semis ou les premières boutures. La collecte des graines s'effectuant préférentiellement au cours de la saison des pluies, la mise en place de la pépinière peut se faire pendant la saison sèche qui précède. Dès que la pépinière est prête, on réalise le semis des graines d'*Acacia mangium* dans des bacs. On procède au repiquage des jeunes plantules dès que les jeunes feuilles entières apparaissent. Ces plants sont maintenus en pot jusqu'à ce qu'ils atteignent 20-25 cm. Dans de bonnes conditions il faut compter environ quatre mois.

Le verger à boutures est destiné à fournir boutures et macro-boutures de manière continue. Il devra être établi au cours de la saison des pluies et de préférence dès le début de celle-ci. Les boutures peuvent être prélevées à toute époque de l'année dès lors qu'elles font l'objet de soins en pépinière. Par contre les macroboutures devront être prélevées deux semaines avant leur mise en place. A la différence des boutures qui jouissent de conditions protégées, les macro-boutures sont d'emblée dans les conditions les plus dures. Dès lors on retiendra principalement les premiers mois de la saison des pluies pour les installer.

Quant à la réalisation de la phase de pérennisation qui comprend la plantation des espèces locales, elle peut se réaliser tout au long de la saison des pluies et le semis en place, des graines à germination tardive peut se faire dès qu'elles ont été récoltées. Si l'on diffère leur semis, on prendra soin de les maintenir dans une ambiance humide et protégée des prédateurs éventuels.

II.2. Les premières étapes pour la production du matériel végétal

II.2.1. Le verger à boutures

Le verger à boutures doit être établi sur des surfaces non remaniées présentant un sol fertile et bien drainé. La végétation adventive doit être contenue par un simple fauchage et les plants sont installés sur des lignes à raison d'un plant tous les trois mètres et d'un interligne également de 3 m. Cette densité de plantation se justifie pour obtenir des tiges droites et bien érigées à la verticale. Les premiers plants peuvent être simplement des boutures.

LES PREMIÈRES BOUTURES DE *Ficus* DESTINÉES À FOURNIR LES FUTURES MACROBOUTURES.

TIGES DE DIVERS *Ficus* À DIMENSION POUR FOURNIR LES BOUTURES ET MACROBOUTURES.

VERGER À BOUTURES : MACROBOUTURES DE *Ceiba pentandra.*

Les espèces cultivées sont *Clitoria racemosa, Erythrina fusca, E. amazonica* et toutes les espèces de *Ficus* dont on pourra disposer. On peut ainsi alterner les espèces d'une ligne de plantation à l'autre lors de l'établissement du verger.

L'entretien se limite à contenir la végétation adventive et à épandre de l'engrais (NPK 3x17 ; 3x15 ou 3x12) après chacune des coupes afin de favoriser la croissance des rejets de souche.

REJETS DE SOUCHE UN AN ET DEMI APRÈS LA PREMIÈRE COUPE ; DE DROITE À GAUCHE : *Coussapoa latifolia, Clitoria racemosa, Ceiba pentandra*

La mise en place d'une centaine de plants peut fournir dès la fin du second recépage quatre à cinq fois plus de macroboutures. Les extrémités de celles-ci peuvent être utilisées comme boutures en pépinière et dans ce cas un seul arbre peut en fournir plusieurs centaines.

II.2.2. La pépinière

La pépinière est un espace consacré et réservé à la culture et l'élevage des jeunes plants d'arbres, dans des conditions satisfaisantes pour les amener jusqu'au stade où ils pourront être plantés définitivement sur les surfaces à revégétaliser.

Dans le contexte du réaménagement des espaces miniers, il s'agira tout au plus d'installer des pépinières temporaires (pépinières volantes en terme sylvicole) réservées à la production de plants pour répondre aux besoins particuliers de la mine. Les aménagements sont en conséquence limités au minimum nécessaire, pour faciliter le travail de production et assurer de bonnes conditions pour la culture des différentes espèces.

Avant d'entrer dans le détail de son aménagement, on peut schématiser cet espace comme étant un ensemble de trois unités : l'atelier, la nursery et la crèche ;

- L'atelier est un abri couvert, étanche, protégé par une bâche ou une couverture quelconque (tôles, palmes, bardeaux). Sous cet abri, sont préparés les terreaux, les semis, le repiquage ou le bouturage.
- La nursery est un espace protégé, recouvert d'un filet «ombrière», destiné à recevoir les semis et les boutures dans la phase initiale la plus fragile. Les conditions de lumière, d'humidité et de ventilation y sont contrôlées dans la mesure du possible.
- La crèche est un milieu plus ouvert mais toujours abrité pour éviter une pleine exposition lumineuse aux jeunes plants encore très sensibles au rayonnement solaire intense. Cet espace reçoit les plants élevés dans les pots, ou autres conteneurs, après leur repiquage. L'environnement doit offrir des conditions compatibles avec le bon développement des plantules et contribuer aussi à leur endurcissement pour se rapprocher des conditions définitives que connaîtront ces plantes *in situ*.

L'aménagement d'une pépinière volante

1) L'emplacement de la pépinière

Plusieurs éléments détermineront cet emplacement : l'accessibilité par une piste carrossable ; les risques liés à la topographie, aux inondations ; les distances par rapport aux chantiers de revégétalisation, la proximité souhaitable ou non de la lisière[15] de la forêt, la disponibilité en eau pour l'arrosage et enfin les surfaces disponibles pour y établir les différentes unités de production.

[15] La proximité de la lisière de la forêt peut être un atout intéressant si elle fournit une protection latérale contre le vent dominant et un ombrage pour les jeunes plants. Cependant cet abri convient aussi aux animaux comme les rongeurs ou les petits herbivores qui pourraient exercer des dommages sur les plantules ou les germinations. Il convient également de se méfier de la chute des branches ou même simplement des lourdes feuilles comme celles des bois canons qui peuvent endommager les jeunes pousses.

Comme toutes les plantes sont cultivées hors sol (en conteneurs), la nature du substrat sur lequel repose la pépinière importe peu, à ceci près qu'il vaut mieux éviter des surfaces argileuses, trop collantes et retenir de préférence des surfaces planes où les eaux de pluies s'écoulent librement. Une situation type serait ainsi une surface plane de 10 à 20 m de large environ, comprise entre une piste et une lisière forestière, en surplomb d'une crique, qui demeurerait en eau pendant la saison sèche, sans présenter le risque des inondations en saison des pluies. La proximité de la piste permettra la livraison des matériaux nécessaires tels que terreaux, sables et divers matériels, et l'enlèvement des plants prêts pour leur plantation définitive.

2) La surface des différentes unités

Une unité de production moyenne devrait pouvoir fournir cinq mille plants par an mais les surfaces données dans la suite de ce texte sont prévues pour la fourniture de mille plants environ. Il suffira d'extrapoler et d'étendre par tranche de mille supérieure les surfaces indiquées pour la nursery et la crèche.

a. L'atelier

La partie atelier doit offrir suffisamment d'espace couvert pour y installer une table de rempotage de 2 à 4 m² et pour stocker les matériaux devant rester à l'abri de l'humidité, comme les sacs d'engrais, les outils mais également le terreau et le sable. Pour ces derniers, une partie peut être conservée à l'extérieur en les maintenant sous une bâche plastique, le terreau en particulier ne devant jamais être manipulé lorsqu'il est trop humide[16], gorgé d'eau ou collant aux doigts.

Il est conseillé de conserver un demi-mètre à un mètre cube de sable et de terreau à disposition sous l'abri que forme cet atelier pour y travailler quelles que soient les conditions météorologiques. Une surface couverte d'environ 10 m² peut suffire à remplir cette fonction d'atelier, mais bien évidemment, le confort de travail sera *au prorata* de la surface disponible et du nombre de personnes devant y travailler.

[16] Il est nécessaire de stocker les terreaux sur des surfaces bien drainées où l'eau ne risque pas de stagner.

b. la nursery

La fonction de la nursery est d'offrir des conditions optimales pour la germination et le développement des premiers stades des plantules. Les conditions d'éclairement sont contrôlées afin d'atténuer les effets négatifs d'une pleine exposition à la lumière sur les jeunes plants et les boutures dans leur phase d'enracinement.

Il existe sur le marché des filets pour ombrière d'une largeur de trois mètres et d'une longueur de cinquante mètres. Pour bénéficier d'un ombrage latéral, on pourra placer la nursery au voisinage de la lisière de la forêt ou à proximité d'un bâtiment.

Le filet est tendu sur une structure simple, en bois, à l'instar d'un carbet. Une nursery de six mètres de large sur vingt cinq mètres de long, peut recevoir les bacs à semis et les jeunes boutures destinées à fournir un millier de plants. Dans cette nursery, le turn-over des jeunes plants est de l'ordre de un à trois mois, après quoi ils sont placés dans la partie crèche de la pépinière.

c. la crèche

La crèche est un lieu plus ouvert que la nursery afin que les jeunes plants aient une exposition suffisante à la lumière pour une photosynthèse efficace mais aussi pour les endurcir avant leur plantation définitive. La crèche reproduit déjà les conditions que connaîtront les jeunes plants sous la couverture de la strate pionnière.

Elle ne nécessite pas de structure particulière et l'on peut utiliser la végétation en place voire le verger à boutures pour y installer les jeunes plants sous leur ombrage. La seule contrainte est qu'il soit possible d'y effectuer les arrosages nécessaires pendant cette phase d'élevage.

Il est également recommandé d'éviter la verse des pots contenant les jeunes plants. Pour cela on peut préparer un lit de sable épais et horizontal sur lequel ils seront déposés ou bien encore les placer dans des châssis formés de quatre planches de bois de coffrage.

II.3. Les pratiques horticoles de base

Lorsque la pépinière est en place et que les différents matériels sont réunis (sable, terreaux, sachets, outils, etc), on peut alors pratiquer les différentes opérations horticoles nécessaires à la production du matériel végétal : préparation du compost, semis, repiquage, bouturage, plantation, etc.

II.3.1. Le compost

C'est un mélange de terre fine et de matière organique, formant un terreau à structure grumeleuse bien aérée et capable de retenir l'humidité. Fertilisé, il est le substrat nécessaire aux semis et à l'élevage des jeunes plants en pots.

LA FRACTION MINÉRALE DE CE COMPOST (À GAUCHE) EST DE LA LATÉRITE (À DROITE)

Les composts que l'on trouve dans le commerce sont généralement constitués de matière végétale plus ou moins finement décomposée, mélangée à une très faible fraction minérale. Ces composts se rapprochent en cela de la tourbe ou de la pégasse. Aussi, est-il préférable de les mélanger à du sable afin d'en améliorer la structure pour s'assurer d'un bon ressuyage et d'une meilleure aération.

Pour préparer un compost, il faut réunir avant de les mélanger les éléments suivants : du terreau, du matériel végétal frais, de la paille ou des feuilles sèches, de l'engrais minéral complet (NPK), de la chaux en poudre. Il faut également des moyens pour l'arrosage.

- **Le terreau** : de préférence, il faut un terreau sablo-argileux mais dans la pratique, il est possible de recourir à des matériaux de nature très diverses : sable, limon, argile, latérite ou toute terre aisément disponible. Ces matériaux doivent être passés au tamis avant leur incorporation dans le compost (tamis à maille de 5-6 mm). Ces matériaux ne doivent jamais être manipulés autrement que secs. Cette fraction minérale déterminera la granulométrie du compost et donc sa structure physique en petits agrégats de minéraux et matière organique.

- **Le matériel végétal frais** : a priori, toute matière végétale fraîche dès lors qu'elle est broyée ou réduite en petits fragments peut faire l'affaire. Cependant on aura intérêt à utiliser une matière végétale facilement minéralisable, de préférence riche en azote et en cellulose comme le feuillage de nombreuses Légumineuses. Ainsi, on pourra réserver une parcelle pour y semer des Légumineuses qui fourniront au fur et à mesure des besoins, le feuillage à incorporer au compost.

Arachis spp

Cajanus cajan

Crotalaria spp

- **L'engrais** et **la chaux** sont introduits dans le compost afin d'activer la décomposition bactérienne de la matière organique fraîche. Il faut compter quatre à cinq kilos d'engrais et autant de chaux par mètre cube de compost.

La préparation du compost comprend deux phases. Au cours de la première, on édifie à même le sol un monticule d'un mètre de haut formé des couches successives de végétaux frais, fragmentés ou broyés et en alternance avec du terreau tamisé. Les couches de débris végétaux doivent rester limités à quelques centimètres d'épaisseur. Sur chacune d'elles une poignée d'engrais et de chaux est épandue avant d'être recouverte d'une couche de terre. Cette dernière est arrosée juste assez pour l'humidifier.

Lorsque l'on étend la dernière couche de terre, on recouvre l'ensemble de l'andain avec de la paille ou des feuilles sèches pour maintenir l'humidité au sein du tas constitué. La seconde phase intervient après deux à trois semaines et consiste à mélanger les couches entre elles de façon que la matière végétale en décomposition et le terreau se mélangent intimement. Il est recommandé de renouveler cette opération une ou deux fois en laissant s'écouler un intervalle de temps de deux à trois semaines. A chaque fois que l'on reconstitue les tas, ils sont arrosés et recouverts d'une couche de paille ou de feuilles pour y maintenir l'humidité. Il est important de conserver une bonne aération au sein du compost. Il suffit pour cela de ne pas tasser les couches et éviter de constituer des monticules trop élevés qui, par tassement, risqueraient d'asphyxier les niveaux inférieurs.

Le compost est utilisable lorsque les débris végétaux ne sont plus identifiables et forment avec les particules de terreau, une structure grumeleuse dégageant une odeur agréable d'humus. La présence d'une microfaune comme les lombrics est également un bon indice de maturation du compost. Lorsque la décomposition s'est effectuée en absence d'air, le compost dégage une odeur souffrée désagréable et la microfaune en est absente.

Compte tenu de la température tropicale locale et de l'humidité ambiante, la décomposition est rapide et le compost est utilisable vers la fin du second mois qui suit sa préparation.

Avant d'utiliser le compost mûr pour les semis et le repiquage des plants, il est préférable de le tamiser afin d'en écarter toutes les fractions végétales mal décomposées.

Le compost ne doit jamais être manipulé lorsqu'il est trop humide. Il est donc préférable de le stocker à l'abri de la pluie dès qu'il est prêt à servir, en le protégeant avec une bâche étanche.

II.3.2. Préparation des semences

Préparer les semences consiste à déclencher ou favoriser leur germination. Cependant, de nombreuses espèces arborées forestières produisent des graines ou des diaspores[17] qui n'ont aucune dormance et donc germent immédiatement à maturité parfois même avant d'être dispersées. Pour celles-ci, la préparation se limite à les maintenir dans un environnement humide afin d'éviter qu'elles ne s'altèrent par dessiccation. De manière pratique, dès que ces diaspores sont collectées, elles sont placées dans des pochettes en plastique ou en toile voire entre des feuilles de journaux humides. Elles sont ensuite débarrassées de tous les tissus altérables qui serviraient au développement des moisissures ou des larves d'insectes séminivores (charançons, longicornes, mouches, mites, etc). Elles sont semées individuellement dans des pots ou des sachets ou bien dans des bacs prévus à cet effet.

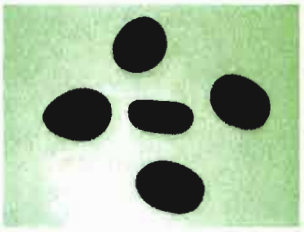
[17] Diaspore : tout ou partie du fruit contenant l'unité de régénération qui est dispersée, depuis la graine libre jusqu'au fruit entier telle qu'une samare par exemple.

D'autres espèces présentent au contraire une dormance plus ou moins longue et plus ou moins facile à lever. Ce sont généralement des graines pauvres en eau (cas de nombreuses légumineuses) ou bien des amandes renfermées dans des tissus ligneux peu perméables.

Lorsque les téguments sont très dures et imperméables, une simple imbibition ne suffit pas et il faut recourir à un traitement chimique, mécanique ou thermique pour altérer l'imperméabilité du tégument jusqu'à ce que l'eau puisse atteindre les tissus de la graine.

GRAINES ET FRUITS D'*Acacia mangium*

Le cas des graines d'*Acacia mangium* en est un exemple : les graines sont placées dans un récipient creux et l'on verse dessus environ trois volumes d'eau à température d'ébullition pour un volume de graines. On laisse les graines dans cette eau pendant vingt-quatre heures, au terme desquelles les graines doivent avoir gonflées. Dans le cas contraire, on renouvelle l'opération. Les graines imbibées d'eau doivent alors être semées dans un bac. La germination intervient dans les 72 heures suivantes.



GRAINES INDURÉES D'*Hymenae courbaril* NÉCESSITANT UNE SCARIFICATION POUR GERMER

Chez le courbaril (*Hymenea courbaril*), les téguments sont très durs et imperméables. Dans le cas de cette espèce, on peut altérer le tégument en frottant les graines sur une toile abrasive puis en laissant reposer ces graines dans un volume d'eau équivalent à deux ou trois fois le volume des graines. Lorsqu'elles sont imbibées, il est prudent de les immerger pendant près d'une heure dans un fongicide liquide ou bien de les praliner de poudre fongicide. Les tissus séminaux, exposés après une scarification, risquent d'être rapidement infestés par des champignons. Dès que cette opération est terminée, les graines peuvent individuellement être placées dans les pots ou les sachets, sans qu'il y ait nécessité d'un repiquage intermédiaire.

Dans le cas d'amandes contenues dans des noyaux ligneux, la dormance liée à l'imperméabilité des tissus peut être doublée par une dormance physiologique. Dans ce cas, il est inutile de recourir à la scarification qui se révèlerait inefficace et il n'y a pas d'autre solution que d'attendre la levée spontanée de la dormance. La germination peut intervenir à tout moment, dans les quelques semaines qui suivent à plusieurs années de là.

JEUNE PLANTULE AVEC SES COTYLÉDONS ET SA PREMIÈRE FEUILLE À DEUX FOLIOLES

NOYAUX ÉPINEUX DU *Caryocar glabrum*

GERMINATION DES *C. glabrum* : L'ÉPICOTYLE OU JEUNE TIGE, ÉMERGE DES NOYAUX

C. glabrum : POUR 80 % D'ENTRE EUX, LA GERMINATION INTERVIENT UN AN APRÈS LEUR DISSÉMINATION

Il est prudent de maintenir ces noyaux dans une couche de sable humide afin d'éviter leur altération par dessiccation ou élévation intempestive de la température. Dès la sortie de la radicule ou l'émergence de la tige, les jeunes germinations sont placées en pots.

Ces diaspores dont la germination est différée voire très tardive peuvent être utilisées directement en place. Il suffit d'ouvrir un trou dans le sol, d'une profondeur équivalente à deux ou trois fois le diamètre de la graine. Lorsque la germination surviendra, les conditions environnementales auront évolué favorablement pour le développement normal du jeune plant grâce notamment à la présence d'une litière fertilisante et à l'ombre protectrice des arbres voisins antérieurement installés.

II.3.3. Préparation des semis

a. Graines de petite taille

Les semis qui seront entreposés dans la nursery à l'abri du plein ensoleillement sont effectués dans des bacs lorsque les graines sont de petites tailles, c'est à dire inférieures à un centimètre dans leur plus grande dimension. Les bacs peuvent être fabriqués avec des planchettes de bois aux dimensions souhaitées. Il faut prendre la précaution de traiter les surfaces extérieures avec un produit contre les termites et les champignons lignivores. La dimension des bacs doit s'accorder avec le nombre de graines qui vont y germer – rarement 100%- et la taille des jeunes plants avant leur repiquage en pot ou en sachet. Un format pratique est celui d'une surface de 50 x 35 cm pour une profondeur de 15 cm.

Le bac est rempli de compost tamisé jusqu'à deux centimètres en dessous du rebord. Les graines sont déposées en lignes parallèles de préférence puis le volume du bac est complété avec du sable. On en chasse le surplus jusqu'au niveau du bord puis on tasse légèrement la surface jusqu'à la ramener à environ un centimètre en dessous du bord supérieur. L'arrosage doit se faire au moyen d'un arrosoir à pomme fine.

Il est quelquefois prudent de recouvrir la surface des bacs avec un grillage, une planche ou une vitre, cela permet d'en interdire l'accès à des animaux, ces derniers risquant de gratter le sable en surface et d'en éjecter les graines ou détruire les jeunes germinations. Dès l'émergence des premières plantules, il faudra retirer tout ce qui pourrait faire obstacle à leur développement.
Selon les espèces, les délais de germination sont très variables et des plantes adventices peuvent avoir alors le temps de se développer d'où la nécessité de surveiller les semis. Pour ne pas confondre les différentes germinations, on peut marquer les lignes semées en plaçant des repères sur le bord du bac, les germinations apparaissant entre les lignes seront alors celles d'adventices que l'on pourra éliminer sans crainte. En cas de doute, mieux vaut laisser les plants se développer et éliminer ultérieurement les germinations importunes.

Les pourcentages de germinations sont également très variables d'une espèce à l'autre. Il vaut mieux attendre qu'au moins 50% des graines soient levées avant d'entreprendre le repiquage des jeunes plants, sauf si leurs dimensions l'imposent. Cependant, il faut garder à l'esprit que le délai de germination n'est pas identique pour chacune des graines, même si elles sont issues d'un même lot. Aussi, les germinations peuvent-elles apparaître avec plusieurs semaines d'écart dans un même bac. Lorsqu'on ne constate plus de nouvelles germinations, il est possible de récupérer les graines[18] restées dormantes, en tamisant la couche superficielle du compost.
Il est important que les bacs soient arrosés régulièrement afin que les jeunes germinations ne connaissent pas d'épisodes secs qui compromettraient alors le développement des jeunes plantules.

b. Graines et diaspores de taille supérieure

Lorsque la taille des graines ou des diaspores (fruits, noyaux, etc) est supérieure au centimètre, il est souvent plus facile de les manipuler individuellement. Dans ce cas, on ne recourt pas à des bacs mais on place directement ces graines dans leurs conteneurs définitifs, ce qui supprime la phase délicate du repiquage.

Cependant, la germination de ces grosses diaspores connaît les mêmes restrictions que les autres lots de graines : les délais de germination sont très variables au sein des mêmes lots. Aussi, est-il souvent préférable d'attendre la germination et de ne placer définitivement dans leurs pots que les graines visiblement germées et ce, avant que la jeune radicule ne soit trop développée et donc trop fragile à manipuler.

DIVERSES GERMINATIONS ISSUES DE GRAINES DE GROSSE TAILLE : *Swartzia sp* ; *Eperua rubiginosa* ; *Caryocar glabrum*, ETC

[18] Les graines ainsi récupérées pourront faire l'objet d'un semis l'année suivante ou bien être semées directement en place sur les surfaces à reboiser au voisinage des arbres qui assurent la première strate de restauration. Voir la partie "conduite de la revégétalisation".

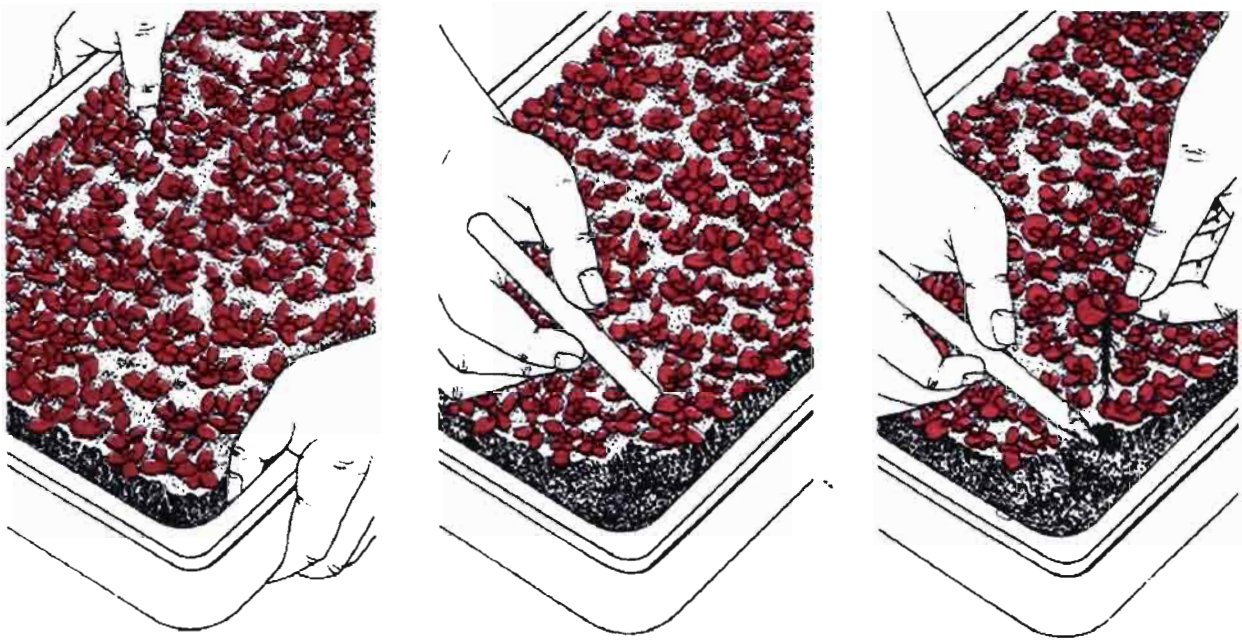
Pour obtenir la germination de ces diaspores, il faut s'armer de patience et les protéger de tout risque de dessiccation. Il faut donc les placer dans un environnement frais, ombragé avec une atmosphère humide et à l'abri du vent. S'il est difficile de trouver ces conditions, on peut placer ces graines ou ces diaspores dans un caisson de bois où elles seront recouvertes d'une couche de sable humide.

Au premier signe de germination – sortie de la radicule, ouverture des noyaux, émergence de l'épicotyle, etc – ces diaspores sont placées individuellement et avec les mêmes précautions, dans leurs pots, à l'instar d'un plant raciné. Chez certaines espèces, les germinations peuvent s'étaler sur une durée de deux années voire davantage (Palmaceae, noyaux de Chrysobalanaceae, Caryocaraceae, Humiriaceae, etc).

II.3.4 Repiquage

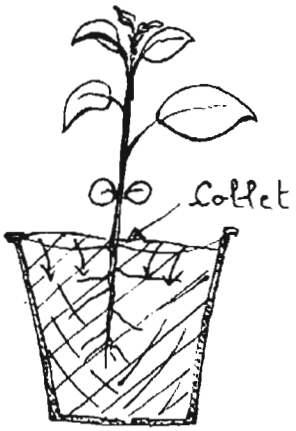
Dès que les jeunes plants sont manipulables, il est nécessaire de les placer un à un dans des pots individuels où ils auront plus de place pour leur développement. Les extraire du bac de semis est une opération délicate qui demande beaucoup de soins. Les racines et les jeunes tissus de la plante doivent être le moins possible malmenés.

Il est recommandé de bien arroser le lit de germination pour ameublir le terreau puis à l'aide d'une palette de bois étroite que l'on enfonce délicatement au voisinage du plant, on agit en levier pour soulever la jeune plantule avec sa motte de racines. On la dépose alors dans un bac contenant un peu d'eau au fond, et lorsque l'on a réuni le nombre de plants prévus pour le nombre de pots *ad'hoc*, elles sont installées dans un volume d'un ou deux litres de terreau ou de compost, représentant environ les 4/5 du contenant.



LE REPIQUAGE DES PLANTULES

(Tiré de Philip Mc Millan Browse dans l'Encyclopédie pratique du jardinage – La multiplication des plantes. Ed. Nathan)



Cette opération de repiquage doit s'effectuer à l'abri du vent et du plein soleil pour éviter tout risque de dessèchement.

Le terreau doit être légèrement tassé à l'intérieur du pot - pour cela, on soulève et on frappe le fond du pot une ou deux fois sur la table de rempotage. On place ensuite le jeune plant à la verticale au dessus du terreau de remplissage et on complète le volume restant avec du compost ou du sable en prenant soin de recouvrir toutes les racines préalablement étalées.

Il est important de ne pas trop enterrer la plantule et il faut maintenir le collet[19] affleurant au niveau supérieur du matériau de remplissage. Il est nécessaire de tasser fermement ce dernier autour du jeune plant. Le pot ou le sachet sont immergés jusqu'à leur bord supérieur dans un sceau d'eau afin de chasser les poches d'air qui se seraient maintenues dans le volume de terre, risquant ainsi de dessécher les jeunes radicelles. Le pot est retiré après quelques minutes et laissé à ressuyer à l'air libre. Il peut être alors installé dans la partie "crèche" de la pépinière.

II.3.5. Plantation

PLANT D'*acacia mangium* PRÉSENTANT ENCORE UNE FEUILLE COMPOSÉE, JUVÉNILE.

LA MOTTE EST PLACÉE AU FOND DU TROU, LE COLLET DEMEURANT AU NIVEAU DU SOL.

La mise en place des plants s'effectue de préférence lorsque que ces derniers ont développé un système racinaire dense qui occupe l'ensemble ou la quasi totalité du conteneur, la taille qu'atteint la tige étant très variable selon les espèces. Dans le cas précis de l'*Acacia mangium*, ils peuvent être installés dès que les premières feuilles composées sont remplacées par les feuilles simples définitives (en fait des phyllodes[20]).

Les trous de plantation sont ouverts à la pioche ou bien à l'aide d'une petite pelle hydraulique avec un godet à dent. Le trou est un cône inversé, profond de trente centimètres et son diamètre en surface est également de trente centimètres. Les parois du trou ne doivent pas être lissées. La motte du plant ou la partie basale de la bouture sont placées au fond du trou à la verticale. La terre extraite du trou est mélangée à quelques grammes d'engrais complet (type NPK 3 x 12) avant d'être replacée autour de la motte du plant ou le pied de la bouture. La terre est ensuite tassée fermement autour du plant ou de la bouture. Le collet du plant doit être affleurant au niveau supérieur du sol. Les racines ne doivent jamais être mises à nu et il convient de maintenir la motte aussi intacte que possible. Dans le cas contraire il faudrait arroser après la plantation de façon à ce que la terre adhère aux racines.

[19] Collet : point de transition entre la tige (axe caulinaire) et son pivot racinaire.

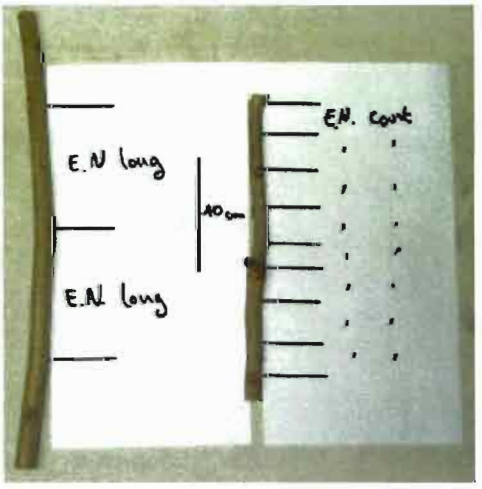
[20] Phyllode : pétiole transformé en élément aplati et élargi qui prend l'aspect et la fonction du limbe de la feuille.

II.3.6. Préparation des boutures

Les boutures viennent en complément des semis lorsque ceux-ci sont en nombre insuffisant ou que les semences recherchées font défaut. Cependant, la multiplication des espèces par ce procédé ne s'applique qu'à un petit nombre d'entre elles. Les échecs du bouturage ne tiennent pas uniquement à la nature récalcitrante des espèces mais aussi à de nombreux facteurs qu'il n'est pas toujours facile d'isoler. Parmi celles qui présentent cette capacité de multiplication, retenons les Légumineuses arborescentes : *Andira inermis, Clitoria racemosa, Erythrina amazonica, E. fusca* ainsi que la plupart des *Ficus* et *Coussapoa* parmi les Moraceae. Pour les espèces plus "accessoires", signalons quelques représentants des Anacardiaceae (ex : *Spondias mombin*), des Bombacaceae (ex : *Ceiba pentandra*), des Caryocaraceae (*Caryocar glabrum*), des Combretaceae (*Terminalia spp*), des Euphorbiaceae (ex : *Hura crepitans, Sapium spp*), des Myrtaceae (Ex : *Eugenia spp*).

La bouture est un fragment de tige sans feuilles ni racines à partir duquel une plante entière va se reconstituer. Ses dimensions sont comprises entre 0,5 cm et 5 cm de diamètre pour une longueur variant de 15 à 50 cm. Ce fragment est évidemment très exposé à la dessiccation, aussi la précaution dominante tout au long de sa manipulation est de le protéger de ce dessèchement. Entre le prélèvement sur la plante mère et la mise en place de la bouture en pot, il faut opérer en maintenant le fragment de tige à l'abri de la pleine de lumière et d'une ventilation desséchante.

La première opération est celle du choix des axes les plus appropriés au bouturage : on retiendra préférentiellement des axes dressés comme les tiges, orthotropes ou des branches également très dressées. Le caractère orthotrope (développement vertical) est souvent déterminant pour la forme de la plante que l'on obtiendra après bouturage. On peut aussi bouturer des axes plagiotropes, c'est à dire dont la croissance est dans le plan horizontal mais les boutures formeront des plantes également à développement horizontal. Le bouturage n'assure donc pas une reproduction à l'identique de la plante d'origine, au moins du point de vue de sa forme.



FRAGMENTS DE *Clitoria*
À ENTRE-NŒUDS LONGS À GAUCHE, FAVORABLE AU BOUTURAGE
ET FRAGMENT À ENTRE-NŒUDS COURTS À DROITE, À ÉCARTER POUR LE BOUTURAGE

L'autre critère déterminant est l'état général de l'axe. On ne retiendra que des axes sains ne présentant pas de parasites ou de blessures fragilisantes. De même, on ne retiendra que les axes vigoureux : on peut facilement apprécier cet état en examinant les longueurs d'entre-nœuds, c'est à dire l'espace qui sépare le point d'insertion de chaque feuille. Sur un axe vigoureux, chaque pousse se traduit par une succession de longueurs décroissantes des entre- nœuds. Inversement, sur un axe chétif, les pousses ne forment que des entre nœuds courts et resserrés, les feuilles ou les cicatrices foliaires qui marquent les nœuds étant en effet très proches les unes des autres.

La seconde opération est de prélever les fragments de tige ou de branche. Une bouture peut être formée de deux à... quelques entre nœuds, la longueur totale restant comprise entre 10 et 50 cm. La coupe doit être réalisée transversalement aussi nettement que possible avec un outil bien affûté (sécateur à enclume, serpe ou pince coupante) et parfaitement propre. Pour la partie basale de la bouture, la coupe s'effectuera à un ou deux cm au dessus du bourgeon qui précède. La bouture est donc formée à sa base par un long segment d'entre-nœud et elle se termine par un bourgeon en position latérale ou terminale.

SÉCATEUR À ENCLUME ET SCIE D'ÉLAGAGE

Ce fragment doit être entièrement défeuillé et on évitera de conserver comme partie distale, l'extrémité des jeunes pousses ayant encore une écorce verte, toutes ces surfaces, limbe des feuilles ou jeune écorce, risquant de favoriser par transpiration, la perte d'eau de la bouture.

FRAGMENTS DE *Clitoria racemosa* D'UNE TRENTAINE DE CM POUR FOURNIR DES BOUTURES

MISE EN PLACE DES BOUTURES DE *Clitoria*

... LES MÊMES 3 SEMAINES PLUS TARD...

Dans la troisième opération, on regroupe les boutures de même longueur en petits fagots ou en bottes toujours en évitant de les exposer à la dessiccation, afin de les traiter contre les attaques de champignons. Les boutures devant être élevées dans un milieu à l'abri de la pleine lumière et en ambiance humide, ce sont là des conditions très favorables au développement des champignons saprophytes. Les boutures doivent, dès que possible, être immergées dans un liquide contenant un fongicide à large spectre d'action. On peut remplacer la phase d'immersion par un saupoudrage de fongicide. Les boutures traitées avec un fongicide sont ensuite laissées à ressuyer sans être rincées à l'eau claire.

Lorsqu'il s'écoule du latex de la coupe fraîche d'une bouture comme dans le cas des *Ficus* ou des *Coussapoa*, il faut attendre la coagulation de ce liquide collant avant de pratiquer le traitement antifongique.

Les boutures, à l'instar des semis, nécessitent des conditions de culture protégées. Ces conditions se résument en quelques points : peu de lumière, une atmosphère humide et un substrat aéré et humide sans excès d'eau. Limiter la lumière et entretenir une ambiance humide ont pour objectif de favoriser la prolifération de cals[21] puis l'émergence de radicelles à la base de la bouture. Le substrat, pour élever ces boutures, est généralement dominé par une granulométrie sableuse qui assure une bonne perméabilité, facilitant à la fois l'écoulement de l'eau excédentaire, une bonne aération et une bonne pénétration des jeunes racines. On peut recommander de mélanger un tiers de sable à deux tiers de compost. Les pots sont remplis de ce matériaux et mis en place dans la nursery sous l'endroit le plus abrité et le plus ombragé. A l'aide d'un plantoir les trous de plantation sont ouverts dans chacun des pots et on prend soin d'enfoncer la bouture sur une profondeur de 5 à10 cm maximum dans le substrat. Dès que les boutures sont en place, on opère un arrosage de chaque pot afin d'assurer le tassement nécessaire autour de chaque bouture. Entre le prélèvement sur la plante mère et la mise en place dans leur pot individuel, il ne doit pas s'écouler plus de 48 heures. La suite se résume en une surveillance quotidienne et, en période un peu sèche, un arrosage répété une à deux fois chaque jour.

FORMATION DES RACINES ADVENTIVES SUR BOUTURE DE *Clitoria racemosa*

LES BOUTURES DONT LES FEUILLES ONT UN LIMBE VERNISSÉ, SONT PLACÉES DANS LA CRÈCHE DE LA PÉPINIÈRE

Dès qu'apparaissent des indices évidents de l'émergence des racines ou des bourgeons caulinaires, on retire les pots de leur zone de nursery pour les placer dans un emplacement protégé mais moins ombragé afin que les jeunes feuilles aient une bonne photosynthèse. Lorsque les jeunes axes formés sur les boutures portent des feuilles matures, on place les boutures dans une zone plus éclairée en évitant la pleine lumière. Avec un peu de pratique, il devient plus facile d'apprécier le stade optimal pour débuter cet endurcissement des jeunes plantes nouvellement formées.

[21] Cal : tissu formé par la prolifération de cellules indifférenciées, c'est à dire sans spécialisation *a priori*. De ce cal, s'élaborent les cellules caulinaires qui formeront la future tige ou bien les cellules radiculaires qui formeront le système racinaire.

II.3.7. Préparation des macroboutures

Les macro-boutures ont en commun avec les boutures d'être des portions de tiges dépourvues de feuilles, de ramifications et bien sûr, de racines. La comparaison s'arrête là, car non seulement les dimensions sont d'une autre échelle mais la nature du fragment prélevé est également bien différente. Dans le cas d'une bouture, les axes comportent quelques nœuds et se limitent à de petits diamètres inférieurs à 5 cm prélevés sur des axes récents. La macro-bouture peut être extraite d'un tronc, d'une tige voire d'une branche maîtresse, son diamètre peut avoir pour limite inférieure arbitraire 5 cm et pour limite supérieure, ce que l'on est capable de soulever et de manipuler, en fonction du poids. Quant à la hauteur, elle est aussi très variable, depuis quelques dizaines de centimètres à plusieurs mètres.

MACROBOUTURES DE *Clitoria racemosa* DE PRÈS DE 2 M DE HAUT UN MOIS APRÈS LEUR PLANTATION

MACROBOUTURE D'*Erythrina fusca* TIRÉE D'UNE BRANCHE ORTHOTROPE

L'aspect biométrique n'a qu'une valeur indicative et pragmatique de ce que peut être une macrobouture. La macrobouture ne se limite pas uniquement à ses grandes dimensions ou sa nature caulinaire orthotrope mais intègre également une notion bien difficile à définir : la vigueur d'un axe. La capacité régénératrice d'une macrobouture repose non seulement sur les capacités intrinsèques de l'espèce mais dépend pour beaucoup de la vigueur de l'axe qui la constitue. La capacité régénératrice est plus manifeste sur des axes jeunes présentant de bonnes performances de croissance et de développement, il peut s'agir d'axes juvéniles, d'axes issus d'un "rajeunissement" comme les rejets de souches ou tout axe présentant des caractères[22] juvéniles.

Cette propriété est mise à profit dans l'exploitation du "verger à boutures". Ce "verger" est établi sur un sol de qualité, amendé avec des engrais et régulièrement entretenu pour contenir le développement de la végétation adventice. Il a pour vocation de produire des individus vigoureux, recépés chaque année, et de fournir ainsi les tiges de macroboutures.

[22] Il n'est malheureusement pas possible dans le contexte de ce livret d'entrer dans le détail de la morphogenèse. Il faudrait rappeler des travaux de fonds comme ceux de Goethe jusqu'aux plus contemporains de Nozeran, Champagnat, Edelin, etc.

"RAJEUNISSEMENT" DES TIGES PAR RECÉPAGE

REJETS DE SOUCHE DE *Ficus nymphaeifolia*

STOCKAGE DES MACROBOUTURES AU SOL PARTIELLEMENT RECOUVERTES DE TERRE POUR ÉVITER LA DESSICCATION DE LA PARTIE BASALE

CAL FORMÉ SUR LA SECTION D'UNE *Erythrina*

Le prélèvement des macroboutures est effectué avec soin. Le diamètre minimal des tiges à leur base est de cinq centimètres. Elles sont coupées proprement au plus près de la souche avec des outils bien affûtés. La section doit être transversale et ne présenter ni déchirures ni décollements de l'écorce. Toutes les feuilles sont retirées soigneusement ainsi que les ramifications, avec un outil tranchant sans endommager l'écorce.

Les macroboutures sont alors taillées à la dimension voulue. Elles ne doivent pas rester exposées au soleil et, dès que possible, elle sont stockées à l'ombre, dans un emplacement frais et humide. Les macroboutures récoltées sont couchées sur le sol et recouvertes d'une épaisse couche de paille ou de litière humide. On peut aussi les recouvrir de sable humide.
Le temps de stockage est compris entre quelques jours à trois ou quatre semaines.

Ce temps de stockage est nécessaire pour que les cellules embryonnaires aient le temps de former des cals qui donneront les tissus néoformés. Les cals apparaissent dans la couche sous corticale bien visible au niveau de la tranche ainsi qu'autour des lenticelles nettement dilatées et visibles à la base de la tige.

Les premières racines peuvent apparaître rapidement mais la seule présence des cals est un bon indicateur pour décider de la mise en place des macroboutures.

La plantation est réalisée à l'instar d'un plant raciné : on ouvre un trou de 30 à 50 cm de profondeur et la base de la macro-bouture est placée au fond de cette ouverture. On referme ce trou en tassant vigoureusement le terreau, en damant ou en piétinant tout autour. Dans le cas des macroboutures d'*Erythrina* destinées aux surfaces les plus molles, on peut se contenter d'ouvrir le trou à la barre à mine et d'y glisser alors la base de la tige sur une profondeur de 30 cm.

CAL FORMÉ SUR LA SECTION D'UN *Clitoria*

OMBRAGE SOUS UNE MACROBOUTURE APRÈS 2 ANS DE PLANTATION SUR SUBSTRAT LATÉRITIQUE

Il faut veiller à ce que les macroboutures soient correctement placées à la verticale, bien stabilisées et qu'elles ne risquent pas d'être couchées par un coup de vent. Si leur mise en place est très simple, le succès de leur reprise repose sur le soin pris pour ne pas endommager l'écorce pendant les phases de transport et d'acheminement. La reprise végétative se manifeste généralement dans les trois à cinq semaines qui suivent la plantation par l'émergence et l'ouverture de bourgeons dans la partie apicale de la tige.

Par le macrobouturage, on peut obtenir, dès la première année de plantation, de jeunes arbres qui assurent alors un premier ombrage.

II.4. Conduite de la revégétalisation

La difficulté de la conduite de la revégétalisation est de mettre en adéquation les surfaces prêtes à être replantées et la quantité de matériel végétal disponible.

Cette difficulté s'atténue dès que l'on a pu constitué un stock de roulement en pépinière et dans le verger à boutures. Ce dernier est opérationnel dès la fin de la première année, et peut fournir le matériel nécessaire à sa propre extension.

Disposer rapidement de boutures de *Clitoria*, d'*Erythrina* et de plants d'*Acacia mangium* est une opération facile. Inversement, réunir les plants des espèces locales est plus compliqué puisqu'il faut attendre la fructification annuelle des espèces et ensuite élever les jeunes plantules en pépinière pendant près d'une année. Cependant, la phase pionnière ménage une période d'attente d'au moins deux ans, qui laisse le temps de réunir le matériel nécessaire à la première implantation d'espèces locales. Après quoi, il convient chaque année d'entretenir le stock de roulement des plants en fonction de la planification des surfaces à revégétaliser.

La mise en place de la strate pionnière se fera aussi précocément que possible et en une seule intervention pour une surface donnée. Il peut être avantageux d'ouvrir les trous à l'aide d'une petite pelle mécanique de façon à limiter l'intervention du personnel à l'acheminement et à la plantation des végétaux. Nous avons indiqué précédemment le mode opératoire pour réaliser la plantation, les densités et les espèces étant choisies en fonction de la nature des substrats. Réalisée dans les conditions préconisées, la plantation de la strate pionnière ne nécessite pas d'autre intervention.

Les travaux de revégétalisation vont donc au cours des deux premières années, se limiter à la plantation des espèces pionnières au fur et à mesure que se présenteront les surfaces disponibles. Pendant ce temps, on s'efforcera de réunir en pépinière les plants du plus grand nombre possible d'espèces locales.

Par la suite, dès que les premières surfaces auront atteint un taux de recouvrement de 50%, on commencera à réinstaller les espèces locales en les plantant dans les interlignes des arbres pionniers. On pourra adopter les mêmes densités de plantation que celles des espèces pionnières quitte à renforcer la densité de ces espèces locales en recourant à des semis complémentaires directement en place.

Afin de privilégier la diversité, on s'efforcera de ne planter qu'une ou deux dizaines de spécimens de la même espèce par hectare. En fonction du matériel végétal disponible en pépinière, les plantations prévues pour la pérennisation de la revégétalisation pourront être réparties sur plusieurs périodes selon la disponibilité du personnel en charge des travaux.

L'intervention pourrait s'arrêter là, mais il y a un intérêt à suivre l'évolution de ces plantations, d'une part pour s'assurer du taux de réussite et d'échec, et aussi pour réutiliser le matériel végétal en place. Lorsque

les jeunes plants d'espèces locales sont bien établis, on n'hésitera pas à élaguer ou à recéper les arbres pionniers comme les *Clitoria* et les *Erythrina*, tant pour dégager les jeunes arbres surcimés que pour réutiliser ce matériel à disposition sur de nouvelles surfaces.

De même, l'*Acacia mangium* peut, dès la troisième année de plantation, fournir des graines viables. Les surfaces anciennement revégétalisées peuvent contribuer ainsi à fournir un matériel végétal peu coûteux.

II.5 Conclusion et perspectives

C'est bien évidemment une gageure que de demander aux exploitants miniers de se transformer en pépiniéristes pour la réalisation de la revégétalisation mais nous espérons que ce modeste livret technique parviendra à les convaincre que l'auto production de végétaux est à leur portée. Quant à la réussite de la revégétalisation, elle reposera aussi sur l'expérience progressivement acquise dans la pratique des méthodes préconisées. Soulignons que si nous nous sommes efforcés de rester dans le mode minimaliste d'interventions, il est possible d'envisager d'autres modalités de revégétalisation à des coûts plus importants.

Nos efforts ont portés sur la revégétalisation de substrats compactés, issus du régalage des surfaces à l'aide de bulldozers. Si les techniques de production des végétaux ligneux restent valables quelles que soient les options retenues pour la restauration des surfaces minières, il existe sans doute d'autres voies de restauration encore non explorées, comme celles qui ne passent pas par un régalage préalable. Aussi, est-il prudent de rester ouvert à toutes propositions innovantes susceptibles de diminuer les charges d'interventions tout en maintenant la qualité de la restauration que nous avons pu obtenir.
Nous espérons que le concours des miniers et des praticiens de l'environnement contribuera à ajuster les moyens engagés aux résultats attendus.
La conduite de la revégétalisation est l'occasion de démontrer que l'activité minière actuelle peut être en accord avec les exigences justifiées de nos contemporains à l'égard de la gestion et la préservation de notre environnement.

Délégation de divers représentants des institutions régionales, en visite sur le site expérimental de Central Bief, mine de la CMB, piste de Coralie, le 23 mai 2001.

Sommaire

Avertissement 3

Préambule 4

Introduction 6

I - Les bases de la restauration des sols dégradés et protocole de revégétalisation 8

I.1. Rappels sur les modalités d'extraction minière et leurs impacts sur les sols alluvionnaires 8

I.2. Principe de la restauration de la fertilité 14

I.3. Comment reconstituer le stock de matière organique dans le sol ? 16

I.4. Protocole de revégétalisation 21

I.4.1. La phase pionnière 21

I.4.2. La phase de pérénnisation 23

II - Mise en oeuvre pratique 28

II.1. Plannification des étapes 28

II.2. Les premières étapes pour la production du matériel végétal 29

II.2.1. Le verger à boutures 30

II.2.2. La pépinière 31

II.3. Les pratiques horticoles de base 34

II.3.1. Le compost 34

II.3.2. Préparation des semences 36

II.3.3. Préparation des semis 38

II.3.4. Repiquage 40

II.3.5. Plantation 41

II.3.6. Préparation des boutures 42

II.3.7. Préparation des macroboutures 45

II.4. Conduite de la revégétalisation 48

II.5. Conclusion et perspectives 50