



**DOSSIER DE DEMANDE DE TRANSFORMATION DU  
PERMIS EXCLUSIF DE RECHERCHES DIT « PERMIS DE BON ESPOIR »  
EN CONCESSION POUR OR ET SUBSTANCES CONNEXES**

(Argent, platine, métaux de la mine de platine, cuivre, cérium, scandium et autres éléments de terres rares, zinc, plomb, chrome, nickel, bismuth, tellure et diamant)

au titre du Code Minier

## **TOME 4 : Modalités de remise en état**

**« Permis de Bon Espoir »**

*Communes de Mana et Saint-Laurent-du-Maroni (973)*

*Verdal Reforestage*

1-	INTRODUCTION .....	4
2-	METHODOLOGIE DE LA REHABILITATION ET REFORESTATION .....	5
2.1	TRAVAUX DE RESTAURATION ECOLOGIQUE SUR LA MINE DE DIEU MERCI .....	5
2.1.1	Préambule : .....	5
2.1.2	Restauration écologique .....	5
2.1.2.1	réhabilitation des terrains .....	5
2.1.2.2	les travaux de génie écologique .....	6
2.1.3	Production horticole et Bilan des plantations forestières (2010 à 2017) : .....	6
2.1.4	Etat des Travaux engagés pour 2016 et Perspectives pour 2017 : .....	7
2.1.4.1	César Sud : .....	8
2.1.4.2	Virgile Ouest, fosse d'exploitation typique : .....	8
2.1.4.3	Kérouani Nord, Kérouani Ouest, Quartz : .....	9
2.1.4.4	Fosse Kérouani : .....	9
2.2	SYNTHESE DES OPERATIONS DE GENIE ECOLOGIQUE MENEES SUR LE SITE DE YAOU.....	10
2.2.1	Introduction : .....	10
2.2.2	Travaux de modelés du sol : .....	11
2.2.2.1	Les clayonnages : .....	11
2.2.2.2	Des pistes de cloisonnement : .....	12
2.2.2.3	Les cuvettes en demi-lunes : .....	13
2.2.2.4	Autres modelés de versants : .....	13
	. Le griffage : .....	14
	. Des marches intercalaires : .....	14
2.2.2.5	Casiers de retenue d'eau pluviale sur gradins de carrière : .....	14
2.2.2.6	De la bonne gestion des travaux préalables de modelés de sol : .....	15
	Equipement et technicité : .....	15
	Période de travail : .....	15
	Traitement différentiel des surfaces à traiter : .....	15
	Travaux d'entretien : .....	16
	Planification et intégration, réaménagement coordonné : .....	16
2.2.3	Opérations de génie écologique : .....	17
2.2.3.1	Ré-enherbement : .....	17
2.2.3.3	Production d'arbres sur place : .....	19
2.2.3.4	Plantations : .....	20
a)	Mise en terre des plants : .....	20

b) Comportement à la reprise puis croissance des arbres : .....	20
c) Reforestation avec des espèces nobles : .....	23

---

## **ANNEXES sur les travaux de la mine de Dieu Merci :**

- A.I) Schéma de principe pour l'implantation de clayonnage et de modelés de sol
  - A.II) Schéma de principe des casiers sur gradins
  - A.III) Liste des Espèces produites sur la pépinière en mine (novembre 2011)
  - A.IV) Feuille de présentation du suivi de croissance des plants
  - A.V) Dossier photographique sur les travaux menés et l'évolution des arbres replantés.
- 

## **ANNEXES sur les travaux de la mine de Yaou :**

- BI) Dossier photographique sur les travaux menés et l'évolution des arbres replantés.
  - BII) Exemple de clayonnage
- 

**Reforestation des sites miniers en Guyane** (Verdal Reforestage, Agroforesterie de la Comté Sarl,

Ecologie des Forêts de Guyane, AgroParisTech, Auplata, SMYD)

Modalité de remise en état de flats alluvionnaires – 2017 Jean Weigel Verdal Reforestage

---

## 1- INTRODUCTION

**Auplata**, via sa filiale d'agroforesterie **VERDAL REFORESTAGE**, dirigée techniquement par **Jean WEIGEL**, dispose d'un retour d'expérience de plus de 7 ans en réhabilitation et reforestation de sites primaires et alluvionnaires.

Auplata a fait le choix d'une réhabilitation coordonnée et volontaire, sur fonds propres, allant bien plus loin que celle imposée par le code minier.

C'est, à ce jour, la seule société minière, en Guyane, qui dispose d'un tel retour d'expérience sur des plantations d'espèces arborées nobles contrairement aux tentatives réalisées dans les années 2000 avec des plantations mono-espèces exogènes comme l'acacias mangium ou Clitoria (réhabilitation de la mine de Changement par exemple).

Verdal Reforestation, fort de son expérience et de son savoir-faire en agroforesterie, a jugé préférable d'attendre plusieurs années avant de communiquer publiquement sur ses résultats.

Nous présenterons ici, les méthodologies et résultats mis en œuvre et obtenus sur différents sites primaires exploités par AUPLATA et communiqués en début d'année 2017 à la DEAL et l'ONF.

Nous exposerons ici les techniques de réhabilitation et reforestation générales mises en œuvre par Auplata sur les sites de Dieu Merci et Yaou.

Sur Bon Espoir, ces opérations de reforestation seront très comparables à celles entreprises sur Dieu Merci et Yaou. En effet, en ce qui concerne les différentes conditions climatiques et de sols, les différences entre Dieu Merci, Yaou et Bon Espoir sont minimales.

En outre

- 1) le corpus commun à tous les pépiniéristes et agroforestiers est la plantation en fosses remplies de terre végétale indépendamment du sol dégradé,

- 2) il est fait adjonction de micro-organismes sur des structures de volumes déterminés et adaptées au modelé du terrain : butte en terrain marécageux, fosse en terrain drainés,
- 3) il est réalisé des plantations d'espèces locales bien adaptées aux conditions hydrogéomorphologiques,
- 4) l'agroforesterie est une science complexe que seuls maîtrisent les agroforestiers.

En accord avec la direction générale de la DEAL, pour ce dossier de demande de concession, nous nous en tiendrons aux généralités méthodologiques validées sur les sites de Yaou et Dieu Merci, le détail des opérations, les surfaces et le calendrier prévisionnel des réhabilitations et revégétalisations envisagés des fosses, bassins et verses seront, le moment venu, explicités en détail dans les dossiers ICPE et AOTM à venir.

## 2- METHODOLOGIE DE LA REHABILITATION ET REFORESTATION

### 2.1 TRAVAUX DE RESTAURATION ECOLOGIQUE SUR LA MINE DE DIEU MERCI

#### 2.1.1 Préambule :

Le Groupe AUPLATA s'est engagé dans une démarche de restauration écologique sur la mine de Dieu Merci, pour toutes les fosses minières qui n'ont plus de destination extractive, ou, les surfaces actuellement ouvertes mais qui n'ont plus à être utilisées pour d'autres besoins en espaces industriels.

#### 2.1.2 Restauration écologique

La restauration écologique, comprend :

##### *2.1.2.1 réhabilitation des terrains*

Dans un premier temps des travaux de réhabilitation des terrains sont entrepris (reprofilage des pentes, aménagement en gradins, stabilisation des talus,

ouverture des trous de plantation, transfert de terres humifères). Ces travaux requièrent des engins lourds de travaux publics (bouteurs, pelle mécanique, dumper) et ne peuvent être correctement menés qu'en saison sèche.

### *2.1.2.2 les travaux de génie écologique*

Dans un deuxième temps, des travaux de génie écologique, avec comme vocation pour les terrains réhabilités de devenir des boisements, constitués par des espèces issues de la forêt tropicale environnante, puis accessoirement du ré-enherbement, afin de stopper l'érosion de surface avec entraînement des fines vers les points bas.

Dans le cadre du dossier de demande d'ICPE déposé par le Groupe AUPLATA en janvier 2015, il avait été défini un échancier de travaux de remise en état, avec un programme de reboisement (de 2016 à 2036) sur 78 ha et du re-enherbement provisoire (de 2016 à 2017) sur 29 ha.

Il est ici fait le point sur les travaux mis en œuvre.

### *2.1.3 Production horticole et Bilan des plantations forestières (2010 à 2017) :*

La production arborée est assurée majoritairement par la pépinière forestière localisée à la Pointe Maripa (*Agroforesterie de la Comté Sarl*).

Plusieurs essais de plantation avec plants en racines nues ont été menés entre fin 2014 et début 2016 pour s'assurer que les reprises peuvent être suffisamment bonnes pour continuer une production horticole délocalisée. Ces essais sont encore à poursuivre en 2017, mais des résultats sont bons pour un nombre déjà conséquent d'espèces, avec des modes de préparation des plantes et du mode de transport que l'on doit, cependant, encore affiner.

Actuellement la production de plants fléchés pour la revégétalisation de Dieu Merci, s'élève à plus de 3000 individus, élevés dans des containers de 3 à 5 litres, pour obtenir des sujets de hauteur comprise entre 0,5 m et 2 m. Les espèces retenues sont parmi celles qui ont montré des très résultats dans les plantations menées par VERDAL-Reforestation aussi bien sur la mine de Yaou que sur la mine de Dieu Merci.

A ce titre, une expertise interne a été menée (septembre 2016) en partenariat avec l'UMR ECOFOG (Kourou) avec la réalisation d'un inventaire exhaustif de 1263

individus parmi presque 60 espèces (forestières et fruitières) qui ont été plantées. Cinq groupes d'espèces au comportement analogue se distinguent et dorénavant seuls ceux à très bons et bons résultats de reprises et de croissance sont retenus pour les programmes de replantation sur site minier.

En bref, il est retenu de poursuivre les plantations mélangées, pied à pied et par petits blocs, avec :

- Pour moitié des espèces héliophiles, colonisatrices, améliorantes, tel que les Pois sucré *Inga*<sup>1</sup> dont 5 espèces différentes testées, le Mombin blanc (*Tapirira guianensis*), *Maproumea guianensis*, le Simarouba (*Simarouba amara*) les meilleurs taux de croissance en diamètre, le Dodomissinga (*Parkia nitida*), le Jacaranda (*Jacaranda copaia*), le Peigne-macaque (*Apeiba tibourbou* – *A. petoumo*)
- Pour moitié des espèces considérées comme nobles c'est à dire à valeur économique, écologique ou patrimoniale, tel que le Gaïac de Cayenne (*Dipterix odorata*), la Bagasse (*Bagassa guianensis*), le Parcourri (*Platonia insignis*), le Balata (*Manilkara bidentata*), les Ebènes vertes ou rose (*Tabebuia serratifolia* – *T. insignis*), le Cœur Dehors (*Diploptropis purpurea*) ou tout simplement les Wapa (*Eperua falcata* – *E. grandiflora*), comme un très grand nombre d'autres espèces potentielles, dès lors qu'elles ne sont pas strictement sciaphiles.

Des essais supplémentaires (répétition – modification – taxons non encore essayés) sont poursuivis en corollaire des plantations qui sont engagées en 2017 sur Dieu Merci. Un dossier de projet Appel à Manifestation d'Intérêt a été d'ailleurs déposé (septembre 2016) en ce sens par *Agroforesterie de la Comté Sarl & VERDAL Reforestage*.

#### 2.1.4 Etat des Travaux engagés pour 2016 et Perspectives pour 2017 :

Suite aux engagements pris fin 2015, des essais de préparation des sols ont été entrepris entre fin janvier et mi-février sur la fosse César Sud. Toutefois, en conditions météorologiques trop pluvieuses, la réactivité des saprolites, constituées majoritairement de kaolinite, a contraint de suspendre les dits travaux, d'autant qu'il était inenvisageable de pouvoir faire monter les tombereaux sur le haut du relief.

La Direction d'AUPLATA a donc, sagement, décidé de sursoir à ces travaux et de

---

<sup>1</sup> Les *Inga*, pourvoyeur d'azote par association bactérienne, nodulent spontanément en pépinière avec un substrat à base de terres humifères.

les reporter à la grande saison sèche. D'autre part, les travaux de terrassements généraux de la nouvelle usine (contrat SOGEA) ont décapé de nouvelles surfaces où les terres humifères vont pouvoir être réutilisées directement sur les zones à réhabiliter fin 2016 et début 2017. Toute la terre végétale a été ainsi valorisée en coordination de travaux sans passer, ici, par la mise en andain.

Trois entités spatiales sont donc traitées en réhabilitation avec des travaux de génie civil avec les caractéristiques techniques/topographiques suivantes :

#### *2.1.4.1 César Sud :*

Colline fortement escarpée, à profil très prononcé, sur lesquels il n'est point possible d'intervenir. De plus un bon tiers de la surface est déjà recolonisé par un boisement cicatriciel, dans lequel il y a très peu d'espèces nobles, mais que l'on ne saurait détruire.

Le schéma de réhabilitation de César Sud comprend le traitement en gradin, la préparation de trous de plantation, les zones accessibles à la pelle mécanique sur les hauts de pente, l'ancienne piste qui ceinture à mi-hauteur le relief au sud.

Les travaux de réhabilitation totalisent 16 jours de travail à la pelle mécanique et l'apport de 21 tombereaux de terres humifères, soit l'équivalent de 300 m<sup>3</sup>. La surface préparée est autour de 1,5 ha, avec traitement par casier du flanc Nord/Ouest pour contenir les eaux pluviales.

#### *2.1.4.2 Virgile Ouest, fosse d'exploitation typique :*

Petite montagne, complètement entaillée par l'exploitation minière sous forme d'un vaste amphithéâtre à deux versants, l'un orienté vers l'Est, l'autre vers le Nord, Ces versants présentent un profil en gradins (4 à 5 niveaux), avec des déblais foisonnés dans la partie supérieure et un bassin fermé (0,5 ha) à l'aval.

Les travaux de terrassement de préparation du terrain consistent à rabaisser le niveau supérieur et de ramener le nombre de gradins à simplement 3 niveaux, avec des plateformes intercalaires larges. Les talus sont traités avec un profil très pentu et les matériaux excédentaires sont déversés en pourtour de la zone aval,



sans rechercher à combler la zone en eau (à sec en saison sèche prononcée), car celle-ci constitue un piège pour toutes les fines.

Les gradins sont ensuite ceinturés par des bourrelets selon le principe des casiers en U, afin de contenir les eaux de pluviiales lors d'épisodes intenses et la totalité des surfaces plates ou planes sont traitées avec des trous de plantation. En bas de versant au contact de la zone en eau, du ré-enherbement sera initié, à partir des espèces spontanément présentes sur la mine de Dieu Merci (majoritairement *Homolepis aturens*, mais également *Andropogon bicornis* qui prend de l'ampleur depuis quelques années, et *Paspalum millegranum* qui est particulièrement vigoureuse et très efficace contre l'érosion).

Le rabaissement du niveau supérieur permettra d'avoir accès aux terres humifères qui ont été repoussées à l'ouverture de ce carreau minier. Ces andains sont actuellement colonisés par un peuplement équien de Bois Canon (*Cecropia obtusa*). Le complément de terres humifères sera rapporté des zones de décapage des travaux de terrassement de la future usine chimique.

#### 2.1.4.3 Kérouani Nord, Kérouani Ouest, Quartz :

La Direction d'AUPLATA a décidé de procéder directement à leur plantation initialement prévue en 2019 pour César et en 2023 pour Kérouani Nord et Ouest.

Il s'agit de zones de petites surfaces, avec des faibles dénivelés (moins de 50 m), avec des pistes d'accès stables à proximité. Les travaux de préparation de ces 3 zones peuvent se réaliser, même lorsque les pluies auront repris sur la Guyane (début 2017).

#### 2.1.4.4 Fosse Kérouani :

Il s'agit d'une vaste zone à faible pente, qui sera divisée en compartiments délimités par des petits andains isohypses constitués de terres humifères. Ces cordons seront réalisés tous les 25 m, afin de permettre une émancipation des adventices qui spontanément vont réapparaître sur ces bourrelets de terres.

## 2.2 SYNTHÈSE DES OPÉRATIONS DE GÉNIE ÉCOLOGIQUE MENEES SUR LE SITE DE YAOU.

### 2.2.1 Introduction :

La Société Minière de Yaou et Dorlin a mené des opérations de revégétalisation dans le but de tester différentes actions de génie écologique pour *renaturaliser* les espaces ouverts pour les besoins de l'exploitation.

Ces opérations ont été décidées de la propre initiative d'AUPLATA, en complément des travaux de réhabilitation imposés réglementairement, ces dernières consistant à des travaux de terrassement pour reprofiler des versants, repositionner des cours d'eau et éventuellement régaler les terres de surface, lorsque celles-ci ont été correctement stockées.

Les travaux de revégétalisation relèvent quant à elles du génie écologique, avec collecte-culture et réimplantation de végétaux afin de recréer, autant que faire se peut, des écosystèmes viables avec des espèces rudérales et des espèces forestières du plateau des Guyanes.

En juillet 2009, AUPLATA avait missionné la pépinière Les Jardins de la Comté<sup>2</sup> pour une expertise botanique et technique, au cours de laquelle avait été défini les principaux itinéraires et modalités techniques pour réussir des plantations forestières avec des espèces de la forêt tropicale humide environnante.

L'objectif fixé est de pouvoir, à terme, recréer des peuplements forestiers, mais il a été également initié d'autres actions, comme des plantations d'arbres fruitiers, des casiers de retenues d'eau sur gradins, des ré-enherbement de parements de digues pour pouvoir apporter une réponse biologique aux différents compartiments topographiques que contient une mine.

Une description des différentes opérations entreprises à Yaou, avec présentation synthétique des résultats, chiffrés pour ceux positifs, commentés pour ceux non probants (mais riches d'enseignements) est développée plus avant.

---

<sup>2</sup> *Diagnostic écologique et technique pour revégétalisation sur la mine de Yaou, société AUPLATA, Pépinière Les Jardins de la Comté - Jean WEIGEL, 5 pages + annexes, juillet 2009.*

## 2.2.2 Travaux de modelés du sol :

Sur toute surface dénudée, la pluviosité engendre inévitablement du ruissellement en nappe diffuse, qui se concentre en ravines, de genèse très rapide dès les premières pluies. Cette érosion transporte et dépose des fines et matériaux plus grossiers dans les bas-fonds adjacents et est source de pollution pour les cours d'eau avec la mobilisation de matières en suspension (MES).

Les zones qui ont été traitées à Yaou (carreaux CL et A est) sont des pans de versants sur lesquels des gros volumes de stériles miniers (saprolites et kaolinites) ont été rapportés par couches successives. La circulation de ces engins chargés engendre un compactage dense de l'horizon de surface sur une bonne trentaine de centimètres. Sur A est, il y a de plus un glissement de terrain historique qui a largement impacté le versant traité et qui s'est manifesté dès la fin des travaux de remblaiement.

En préalable de l'installation de végétaux, il importe de pouvoir stabiliser les pentes trop fortes et de stopper les écoulements *in situ* afin de contenir l'érosion, de prévenir la genèse de ravines. Différents modelés de sol ont été testés sur des surfaces assez grandes ou homogènes, de manière à pouvoir en tirer des observations.

Les différentes techniques utilisées sont issues du savoir-faire de la restauration des terrains en montagne, en zone sub-saharienne ou sahélienne, que les forestiers ont largement pratiquées depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. Enfin l'introduction de végétaux sur des stériles ou des remblais, ne peut se faire que par un apport conséquent de bonnes terres humifères.

### 2.2.2.1 Les clayonnages :

Les clayonnages comme les fascines sont des ouvrages linéaires et isohypses afin de retenir la terre et de créer des profils de rupture dans les pentes. Les fascines sont des ouvrages avec des branchages et ne sont pas réalisables dans le contexte tropical, à cause des termites.

Les clayonnages sont déjà bien connus en Guyane, pour la construction des assises latérales des ponts en bois, avec des pieux fichés en terre, à l'arrière

desquels l'on bloque des tronçons de grumes. Pour des ouvrages durables, il faut utiliser des essences imputrescibles (bois classe IV).

Sur Yaou, trois clayonnages ont été réalisées, totalisant 500 m de longueur, avec 2 ou 3 rangées de grumes superposées les unes sur les autres.

Cette technique nécessite de disposer d'un grand nombre de grumes et requiert un temps de mise en œuvre long, avec difficulté des transports en l'absence de camion-grumier. La mise en place des pieux demande un travail de préparation à la tronçonneuse.

Les clayonnages sont indispensables pour stabiliser des pentes fortes (> 20 à 25 %) de versants que l'on choisit délibérément de planter, mais trouve leur limite de faisabilité lorsqu'il n'y a pas ou plus assez de bois facilement mobilisable sur place ou dans les très proches environs.

Ils ont également une limite d'efficacité pour des pentes trop accentuées (> 30 à 35 %), car pour réduire de manière significative les pentes des interzones, il faudrait édifier des clayonnages de grande hauteur, ce qui pose des problèmes de sécurité géotechnique (impératifs réglementaires de soutènement).

Pour des pentes faibles, une variante légère des clayonnages consiste à disposer des grumes une à une (sans superposition), de gros diamètre, simplement sur assise aplanie et puis le bois est pressé avec le godet de la pelle.

#### *2.2.2.2 Des pistes de cloisonnement :*

Pour des versants avec pentes moyennes (entre 10 et 25 %), les clayonnages sont avantageusement remplacés par des pistes de cloisonnement, qui sont implantées de manière isohypse. Ces pistes sont suffisamment larges et bien compactées pour les tombereaux qui amèneront les terres humifères.

Le profil en travers des pistes sera avec dévers amont, de manière à piéger les eaux de ruissellement et les fines, en lieu et place d'un ruissellement sur toute la longueur du versant.

Les pistes sont disposées de manière à cloisonner le versant et à réduire le temps de mise en place des terres humifères à la pelle mécanique. La distance maximale inter-piste est de 50 m (soit 200 m de piste/ha). Pour des pentes approchant et supérieure à 20 %, cette distance sera ramenée à 33 m (soit 300 m de piste/ha)

La réalisation de ces pistes s'effectue avec un buteur à lame orientable. A défaut de buteur, les pistes sont profilées à la pelle mécanique.

### *2.2.2.3 Les cuvettes en demi-lunes :*

Les plantations arborées sont réalisées dans de grandes fosses (2 à 4 m<sup>3</sup>), ouvertes avec une pelle mécanique. Les déblais, stériles miniers mais également stériles biologiques, sont alors régalez vers l'aval, disposés en remblais avec une forme de demi-lune – ouverture vers l'amont.

Ce modelé permet de piéger les eaux pluviales vers le centre de la fosse de plantation, et l'ensemble des demi-lunes crée des lignes d'arrêt anti-érosive. Dans l'idéal, le positionnement des fosses de plantation est implanté sur des lignes isohypses, avec disposition en quinconce des demi-lunes une ligne sur deux.

Le remplissage des fosses avec des terres humifères s'opère de manière synchrone à l'ouverture, afin d'optimiser le temps de travail de la pelle. Il est aussi difficile de faire revenir une pelle lourde sur un terrain qui a été préparé avec les demi-lunes, sans faire de dégâts importants avec les chenilles.

Le temps de travail pour la réalisation des profils en demi-lunes est rapide (autour de 5 minutes par fosse), mais c'est l'apport en terre humifères qui requiert plus d'immobilisation d'engins. Il est important pour cela, de pouvoir disposer les tas de terres humifères, le plus proche possible de leur point de destination ; dans tous les cas moins de 25 m, afin que le déplacement de la pelle soit réduit au minimum.

### *2.2.2.4 Autres modelés de versants :*

Deux autres modelés de versants ont été testés,

#### . Le griffage :

Après avoir constaté que les pelles mécaniques laissaient également des surfaces de compactage sous leur chenille, sur CL, il avait été initié un griffage de la surface des versants, afin de favoriser l'infiltration à l'impact immédiat des gouttes de pluies.

Pour ce faire, les dents du godet de fouille ont été prolongées. Puis avant que la pelle ne progresse, les zones interstitielles (= entre les fosses et sans toucher aux demi-lunes), il est opéré un griffage de la surface du sol. Ce prolongement des dents n'a pas empêché de réaliser les fosses, mais requiert du temps de travail supplémentaire et ralentit le travail prioritaire (fouille et remplissage) de la pelle mécanique.

#### . Des marches intercalaires :

Sur la fosse A est, les fosses de plantation avaient été réalisées sur des lignes non isohypses et sans quinconce. Pour prévenir la naissance de ravines, la pelle mécanique a donc réalisé des marches intercalaires, pour rejoindre les bords de demi-lunes. Sur A est, l'instabilité générale et le non-entretien des modelés, conjugués à des pluies fortes, n'ont pas empêché la création de ravines importantes, malgré la réalisation de ces marches intercalaires.

#### *2.2.2.5 Casiers de retenue d'eau pluviale sur gradins de carrière :*

Les versants de carrière sont traités en gradins pour la stabilisation de la topographie supérieure. Ce traitement en gradins est également utilisé pour les tracés routiers en décaissement. Toutes ces surfaces mises à nues, dans la roche mère et les saprolites ont un drainage quasi-nul, ce qui génère des écoulements immédiats de plus en plus importants et concentrés de l'amont vers l'aval. Comme il est aisé de le constater sur les talus routiers, de profondes ravines entaillent progressivement et inexorablement ces profils en gradins.

Comme dans une mine, il n'est pas envisageable d'installer des goulottes maçonnées ou de protéger les parements avec matériaux projetés, nous avons mis en place, sur un large gradin de la fosse A, un dispositif de retenue de l'eau pluviale, par casier en U. L'évaporation étant importante en zone tropicale et en plein ensoleillement (autour 10 mm/jour), le fond des casiers se trouve rapidement à sec.

Les casiers sont constitués par des bourrelets de terres humifères, disposés sur 3 cotés (le côté pied du gradin n'est pas traité), d'une hauteur de l'ordre de 0,5 m et de largeur entre 1 et 2 m. Les eaux retenues s'évacuent par évapotranspiration. La longueur du casier est inversement proportionnelle à la pente du gradin, tout comme la hauteur du bourrelet transversal aval.

Sur Yaou, les casiers ont joué pleinement leur rôle de retenue des eaux de pluies, sur le gradin que nous avons pu traiter (200 m de longueur). Cette technique est opérante, dans la mesure où le contexte géotechnique le permet, c'est à dire lorsque le substratum géologique peut s'imbiber dans la partie au contact de l'eau stockée.

#### *2.2.2.6 De la bonne gestion des travaux préalables de modelés de sol :*

##### *Equipement et technicité :*

Le matériel présent sur une mine d'or primaire suffit amplement pour les besoins de modelés du sol. Il est nécessaire de disposer de pelle mécanique (godet de fouille + godet de curage), de tombereau et ponctuellement d'un bouteur (avec lame orientable si possible).

##### *Période de travail :*

Le point le plus délicat est le transport des terres humifères, car les tombereaux ont du mal, voire ne peuvent plus, circuler en charge, dès lors que les pistes sont détrempées. L'état de surface doit être sec pour être en capacité de gravir les pentes, mais également pour être en sécurité dans les descentes. Les périodes sèches seront donc mises à profit pour les mouvements de camions.

Pour les autres engins, les saisons sèches sont également plus appropriées pour effectuer des travaux de sol, car le déplacement des engins et les fouilles sont plus faciles à opérer. Mais leur travail pendant des périodes de pluies, toutefois sans saturation des horizons supérieurs des versants, reste possible

##### *Traitement différentiel des surfaces à traiter :*

Compte tenu de la topographie en colline montagneuse des terres fermes en Guyane, il ne peut être envisager de traiter l'intégralité des surfaces ouvertes par l'exploitation minière. Les parties de versants bien trop pentues ne peuvent pas être traitées, car d'une part cela est risqué d'y engager des engins lourds, d'autre part les résultats n'y sont pas probants, à cause de la difficulté à maîtriser les paramètres de réussite de la revégétalisation.

Les plantations arborées seront localisées sur toutes les surfaces de pente raisonnable, mais avec tous les modelés – soigneusement réalisés – pour contenir les écoulements d'eau et pour prévenir de l'érosion. La densité des demi-lunes et l'implantation de pistes intercalaires doivent permettre de traiter la majorité des surfaces à replanter, les clayonnages étant réservés à des zones bien particulières.

Pour les zones trop pentues, l'érosion est contrôlée par des levées de terres tout en haut à l'amont, tout en bas à l'aval, et des andains de terres humifères sont régaliées afin de favoriser l'enherbement des pieds de talus.

#### Travaux d'entretien :

L'efficience et le maintien des modelés de sol ne peuvent être absolument garanti simplement par leur réalisation. En effet, le déroulement pluviométrique post-travaux peut connaître des épisodes de très forte intensité (indice pluviométrique > 30 mm/heure), avec des conséquences qui se traduisent par des dégâts immédiats sur les modelés. D'où la nécessité de prévoir des travaux d'entretien. Comme il n'est possible de repasser avec des pelles lourdes dans les versants qui auront été revégétalisés, il faut avoir à disposition une mini-pelle (< 5 à 8 tonnes) pour pouvoir se déplacer aisément entre les arbres et pouvoir retraiter tous les points de ravinement et d'affaissement.

#### Planification et intégration, réaménagement coordonné :

Ces opérations de génie civil nécessitent une-bonne programmation intégrée dans toutes les autres tâches à mener sur une mine.

L'utilisation de période creuse, d'arrêt dans le *process* industriel, de mouvements à vide de tombereaux ainsi que la désignation de matériel et de personnel spécialement affectés à ces tâches permettent de viser efficience et obtention de résultats à moindre coût.



## 2.2.3 Opérations de génie écologique :

### 2.2.3.1 Ré-enherbement :

Afin de disposer sur place d'herbacées couvrantes, trois introductions ont été tentées sur Yaou La Poacée *Brachiaria<sup>3</sup> umbellata* (à fort pouvoir couvrant et résistante aux sécheresses du sol), ainsi que les Fabacées *Arachis pintoï* (stolinifère) et *Crotalaria sp.*, toutes deux nodulantes et susceptibles d'enrichir le sol en azote.

Pour les deux premières espèces, l'introduction a été faite à partir de plantes adultes avec racines et stolons, sur deux ou trois emplacements différents. Les plantes ont été collectées la veille de leur transport sur site, réalisé dans des sacs humides. Pour le *Crotalaria* il a été effectué aussi des semis de graines.

Les résultats à la reprise ont été très variables selon les endroits de réimplantation (parement de digues, terres humifères régaliées, versant à stérile, rive de bassin, crête de clayonnage).

On observe aussi une dynamique des herbacées locales, qui se sont spontanément développées notamment dans les carreaux replantés : dans les fosses remplies de terres humifères mais également dans les surfaces intercalaires et sur les reliquats de terres humifères laissées par la pelle mécanique.

Trois Poacées rudérales (pan-tropicales) présentent une très forte dynamique à Yaou : *Paspalum millegranum*, *Homolepis aturens*, *Andropogon bicornis*, avec comme principales caractéristiques bio-dynamiques :

*Paspalum millegranum* est particulièrement intéressante car elle développe des touffes de racines très compactes, efficaces pour arrêter l'érosion. Son pouvoir de fructification s'exprime tout au long de l'année, avec des centaines de graines par pied, à chaque fois. Cette espèce colonise également facilement des terres stériles, dans la mesure où celles-ci sont foisonnées et son installation s'effectue dans la foulée des travaux de modelés et d'apports de terres humifères.

---

<sup>3</sup> Entre temps, cette espèce a été considérée comme invasive, par la D.E.A.L./C.S.R.P.N. (Etude G. Léotard et O. Chaline 30 mai 2013)

*Homolepis aturens* complète utilement l'herbacée précédente, en étant stolonifère et à bonne couverture de surface. Par contre son installation est beaucoup plus lente, en s'effectuant à partir de lisières ombrées, avec des bonnes terres humifères pour son démarrage. Après plusieurs années, elle colonise des pans de versants sur de beaucoup plus grandes longueurs et avec un sens de progression de l'aval vers l'amont.

*Andropogon bicornis* : Elle se développe également par touffe, et est intéressante car elle produit des petites graines enrobées dans une bourre à fort pouvoir de dissémination par le vent.

Dorénavant, les actions d'enherbement seront menées avec ces trois dernières espèces (+ autres rudérales spontanées à suivre), les espèces essayées en introduction étant laissées en suspens, principalement à cause de leur difficulté de culture dans les jeunes stades.

Il y a trois contextes où les opérations d'enherbement ont été testés et où elles devront être fortement développées : les parements de digues, les casiers de rétention d'eau, les pentes trop fortes pour être replantées.

*Du caractère invasif :*

L'appréciation invasive doit être considérée avec circonspection, car pour lutter contre l'érosion, c'est bien le caractère d'envahissement qui est recherché pour couvrir le sol, sans pour autant nuire aux plantations réalisées.

Sur mine, nous devons faire face à l'invasion d'autres espèces, comme *Scleria secans* (herbe-rasoir) ou *Acacia tenuifolia* (épineux, plus ou moins lianescent), que l'on arrive très bien à maîtriser dans leur premier stade d'installation, mais qui sans entretien peuvent recouvrir très rapidement tous les terrains remaniés, à fortiori ceux amendés en bonnes terres. Sans intervention, ils forment de véritables voutes aériennes, impénétrables, qui engendrent le déclin inéluctable des jeunes végétaux replantés.

Il est utile, sur mine, de pouvoir s'appuyer sur des espèces particulièrement rustiques, même si dans d'autres contextes elles sont considérées comme invasive. Enfin, toutes ces herbacées n'ont aucune capacité à s'introduire dans

la forêt environnante, et dans les plantations que nous avons menées, elles régressent au fur et à mesure de la couverture aérienne des arbres.

### *2.2.3.3 Production d'arbres sur place :*

Le site a fonctionné avec une pépinière, aménagée à proximité de la base vie. Cette infrastructure de 400 m<sup>2</sup> a été construite avec des moyens réduits et rudimentaires pour élever des plants « à la dure ».

Le substrat est composé de terres humifères locales, mélangées à des sables pour assurer le drainage. Les plants sont cultivés en sachets polyéthylène, repiqués dans des contenants de plus en plus grands (2-3-5-8 litres) au fur et à mesure de leur croissance. Les plants sont mis progressivement en lumière (3 compartiments d'ombrage), puis en plein soleil plusieurs mois avant leur plantation (taille entre 1 et 1,5 m).

La pépinière est arrosée par les pluies, et manuellement en période sèche. Notons que les espèces légumineuses fixatrices d'azotes présentaient de nombreux et gros nodules, bien rouges.

Une cinquantaine d'espèces forestières a été cultivée, répartie entre quatre catégories : des colonisatrices, des légumineuses fixatrices d'azote, des espèces héliophiles, enfin des espèces « nobles » plus sciaphiles.

Une dizaine d'espèces fruitières a, également, été cultivée, d'une part pour fournir ultérieurement des fruits au personnel de la mine, d'autre part pour favoriser la présence de la faune sauvage, qui est un vecteur important et reconnu pour la redynamisation écologique des écosystèmes naturels et des néo-écosystèmes.

L'implantation d'une pépinière sur un site, requiert la mise en disposition d'une personne formée et motivée par les travaux horticoles, même si cette occupation ne doit être que partielle, selon le volume de plants produit. L'expérience montre, que pour les grands programmes de plantation, il est préférable de délocaliser la pépinière.

#### *2.2.3.4 Plantations :*

##### *a) Mise en terre des plants :*

Trois campagnes de plantations ont été menées, concernant 478 plants appartenant à 33 espèces forestières et fruitières, les plants étant installés préférentiellement par petits groupes de 4 à 8 unités, de manière à réaliser des petits bouquets, afin de favoriser la compétition interspécifique et d'obtenir à terme un peuplement mélangé. La densité de plantation s'établit entre 250 et 300 plants à l'hectare, ce qui correspond à des espacements entre les centres des demi-lunes autour de 6 m.

Les plants ont été mis en terre, tel que sortis de la pépinière, c'est à dire avec des contenants de 8 litres pour les plants âgés et des contenants de 3 litres pour les plants plus jeunes. La charge de travail de la répartition sur les carreaux est importante et pénible pour les contenants volumineux, d'autant que le substrat de culture – avec les terres humifères argileuses– est très dense.

Pour les transports divers modes ont été utilisés, à savoir un chenillard (Moroka) avec large benne (6 m<sup>2</sup>), un pick-up de véhicule 4x4, un quad équipé de deux bacs en bois vissés sur les porte-bagages avant et arrière. Le chenillard n'est pas d'utilisation aussi aisée que cela, malgré sa très bonne capacité de progression sur terrain pentu et difficile, d'une part à cause de la hauteur de la benne, d'autre part à cause des basculements des plants liés aux déplacements de l'engin. De surcroît, les plantations étant réalisées en pleine saison des pluies, la marche avec de lourdes charges et sur terrain récemment remué est glissante et pénible pour les ouvriers.

Les plants à leur mise en terre ont été à chaque fois fortement taillés : feuillage coupé et racines principales sectionnées afin de réduire drastiquement l'évapotranspiration des plantes et induire la formation de nouvelles racines principales.

##### *b) Comportement à la reprise puis croissance des arbres :*

En zones tropicales, la compétition entre herbacées et plants mis en terre est immédiate et est au détriment des plantations si les entretiens sont négligés. Il

est, donc, impératif de contrôler les herbacées et les lianes pour qu'elles ne recouvrent pas les plants et d'éradiquer les invasifs spontanés évoqués ci-avant.

Post-plantation des travaux d'entretien des adventices ont été réalisés. Les invasifs se contrôlent fort bien à l'herbicide et les quantités répandues sont minimales (1 litre de produit commercial pour 1 ha planté suffit pour 3 années de traitement).

L'idéal est de pratiquer des passages fréquents au démarrage, puis espacés au fur et à mesure de la croissance des jeunes arbres. L'ordre de grandeur préconisé pour les entretiens s'établit aux alentours de quatre passages la première année, puis un passage en moins pour chacune des trois années suivantes.

L'implantation par petits groupes facilite grandement le suivi (cartographie, inventaire) de chaque pied :

Plusieurs relevés ont été effectués à pas très rapprochés au départ : juillet 2011, février, décembre 2012, septembre 2013, décembre 2015, où pour chaque plant la hauteur a été appréciée par étalonnage avec une perche de 2 m (à 0,50 m).

Enfin à partir de septembre 2013, des mesures de circonférences ont débutées pour toutes les tiges présentant un diamètre DBH<sup>4</sup> > 10 cm. C'est cette dernière donnée qui sera collectée dorénavant. Les mesures de hauteurs ont été arrêtées pour les espèces qui sont en échec d'installation ou qui stagnent après un démarrage souvent timide.

Les principaux résultats sont les suivants :

Carreau	Date plantation	Surface (ha)	Nombre plants installés	Nombre Espèces	Morts (déc.15)	Nb. plants (H)	H. en m. moyenne (déc. 15)	Nb. plants (cir.)	Cir.en cm moyenne (déc. 15)
CL inf	mai 2010	0,70	208	29	8	103	4,71	80	27
CL sup	janv. 2011	0,40	75	16	18	37	4,33	29	22
A est sup	mai 2011	0,35	73	12	10	51	3,75	32	20
A est inf	mai 2011	0,55	122	12	15	88	4,09	68	21

---

<sup>4</sup> DBH = Diameter Breast High, soit 1,5 m pour des circonférences ou 1,3 pour des diamètres.

**Les taux de reprise** (sans arrosage pendant les saisons sèches, 2010 et 2011 peu marquées) sont excellents pour la première année post-plantation et **est supérieur à 98 %**. La mortalité ensuite s'accroît très légèrement pour se stabiliser **à plus de 85 %, après 4 à 5 années**.

Les résultats moyennés entre toutes les espèces sont intéressants, mais ne reflètent pas des différences très nettes entre taxons. Voici les principaux comportements observés en regroupant les espèces en cinq groupes :

**G I = Groupe des espèces qui stagnent puis périssent ou n'arrivent que très difficilement à démarrer :**

Il a été observé des échecs principalement avec les fruitiers comme le Caïmitier (*Chrysophyllum caimito*), les Sapotilles (*Achras sapota*), les Quenettiers (*Melicoccus bijugatus*). Quelques espèces forestières – c'était prévisible – dont l'écologie n'est pas héliophile : le Grand Kimboto (*Pradosia sp*), le Grignon (*Sextonia rubra*), l'Angélique (*Dicorynia guianensis*) ou le Gaïac de Cayenne (*Dipteryx odorata*).

**G II = Groupe des espèces qui ont bien démarré puis ont rapidement décliné :**

Les espèces concernées sont des fruitiers : les Tamariniers (*Tamarindus indica*), le Merisier-pays (*Flacourtia jangoumens*), l'Amandier pays (*Terminalia cattapa*).

**G III = Groupe des espèces qui ont très bien démarré puis se sont mis à stagner :**

Pour les fruitiers, il y a les Jacquiers (*Artocarpus heterophylla*), l'Anacardier (*Anacardium occidentale*), les Mombins (*Spondias monbin*). Pour les arbres forestiers, cela concerne uniquement le Pois sucré (*Inga edulis*) avec affaiblissement des houppiers.

**G IV = Groupe des espèces qui ont de très bons résultats :**

Un panel important d'espèces forestières qui ont eu de très bons résultats : les Ebène verte (*Tabebuia serratifolia* et *Tabebuia sp* récolté à Yaou), les Wapa (*Eperua falcata*) – avec un démarrage lent pendant au moins un an, les deux individus de Goupi (*Goupia glabra*) plantés ou les rares semis naturels qui se sont installés dans les fosses, les Bagasses (*Bagassa guianensis*), les deux Saint Martin Jaune (*Hymenolobium flavum* et *Vatairea sp*), les Pois sucrés *Inga alba* et *I. pezzifera* ainsi que *I. virgultosa* ou *I. huberii*, le Dodomissinga (*Parkia nitida*) avec des périodes de ralentissement pour cause d'attaques des bourgeons, le Kobé (*Sterculia pruriens*), un Kumanti udu (*Aspidosperma sp*), le Mombin blanc (*Tapirira guianensis*). Peuvent également être rajoutés : le Parcouri (*Platonia insignis*) et le Balata (*Manilkara bidentata*) mais avec un démarrage lent pendant les deux premières années. Pour les fruitiers, les Pommes jambos (*Syzygium jambos*) sont dans cette catégorie.

**GV = Groupe des espèces qui ont des résultats spectaculaires :**

Le quartet de tête est composé par le Saint Martin rouge (*Andira inermis*), le Cœur dehors (*Diplotropis purpurea*) malgré un démarrage lent la première année, le Simarouba (*Simarouba amara*), et pour les fruitiers le Manguier (*Mangifera indica*).

c) Reforestation avec des espèces nobles :

Les espèces qui requièrent de l'ombrage dans les jeunes stades ont donné des résultats décevants mais intéressants. Avec les observations faites à Yaou, on les plante en couple à l'abri d'arbres de couverture à relativement faible longévité comme les Pois sucrés (*Inga edulis*), le Mombin blanc (*Tapirira guianensis*) ou les Peignes macaques (*Apeiba petoumo* et *A. tibourbou*) qui s'élèvent très facilement en pépinière.

## **ANNEXES sur les travaux de la mine de Dieu Merci :**

- A.I) Schéma de principe pour l'implantation de clayonnage et de modelés de sol
- A.II) Schéma de principe des casiers sur gradins
- A.III) Liste des Espèces produites sur la pépinière en mine (novembre 2011)
- A.IV) Feuille de présentation du suivi de croissance des plants
- A.V) Dossier photographique sur les travaux menés et l'évolution des arbres replantés.

## **ANNEXES sur les travaux de la mine de Yaou :**

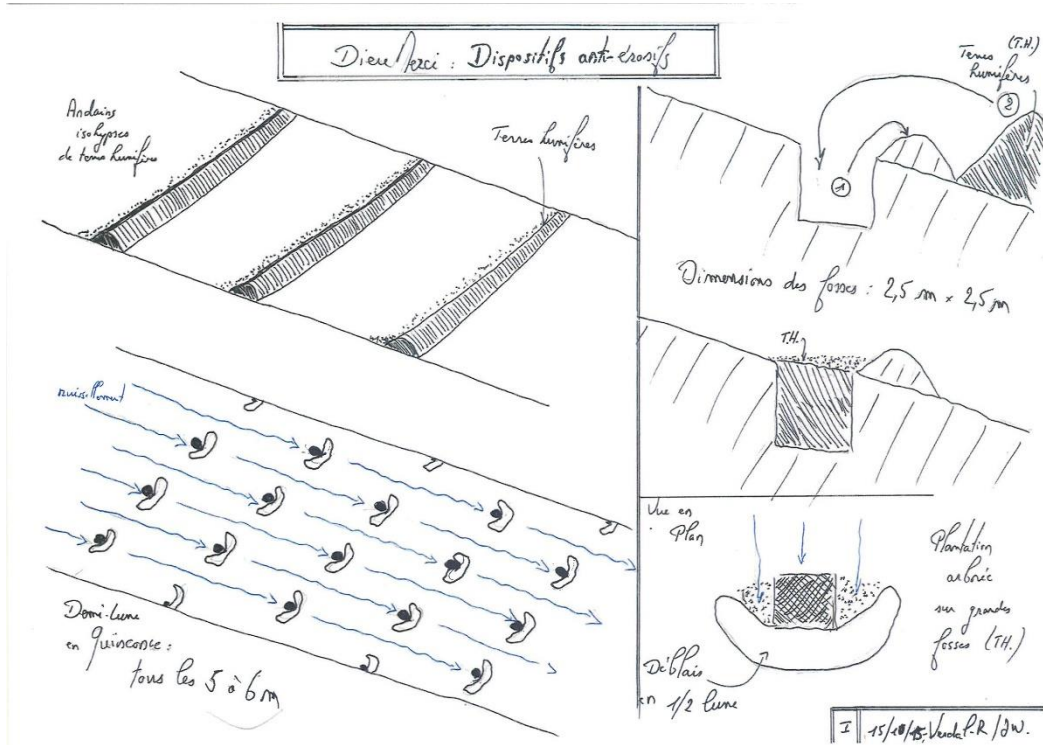
- B.I) Dossier photographique sur les travaux menés et l'évolution des arbres replantés.
- B.II) Exemple de clayonnage

---

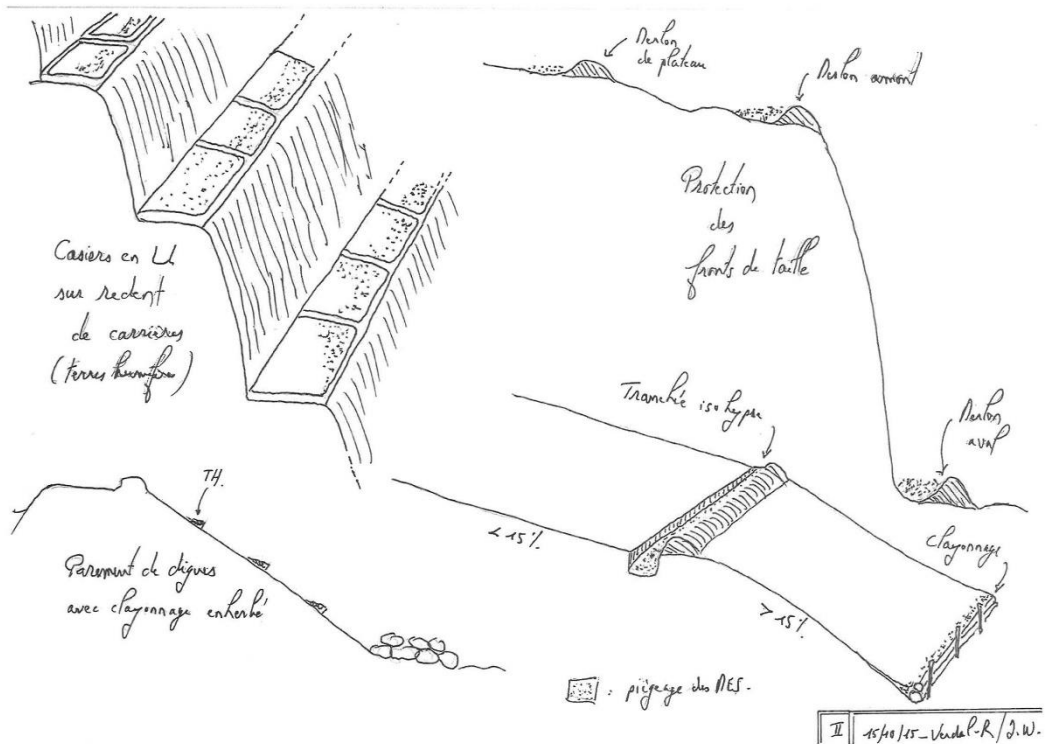
**Reforestation des sites miniers en Guyane** (Verdal Reforestage, Agroforesterie de la Comté Sarl,

Ecologie des Forêts de Guyane, AgroParisTech, Auplata, SMYD)

**TOME 4 : Modalités de remise en état**



**A.I) Schéma de principe pour l'implantation de clayonnage et de modelés de sol**



**A.II) Schéma de principe des casiers sur gradins**



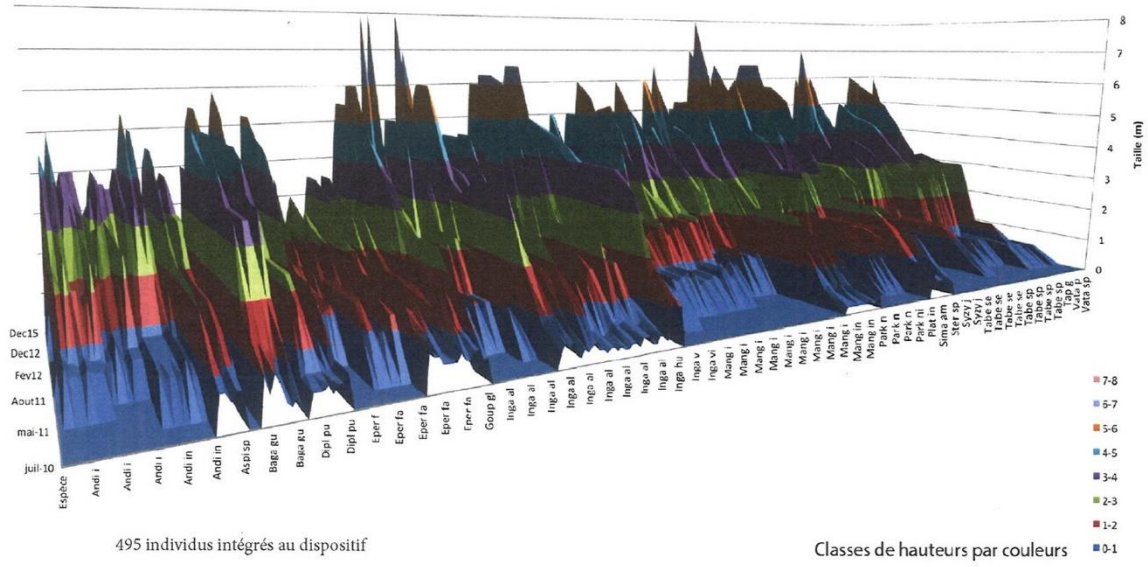
**TOME 4 : Modalités de remise en état**

**A.///) Liste des Espèces produites sur la pépinière en mine (novembre 2011)**

Famille	Genre	Espèce	Nom commun	Semis	2 litres	3 & 4 l	8 litres
Anacar.	<i>Mangifera</i>	<i>indica</i>	Manguier				5
Anacar.	<i>Spondias</i>	<i>monbin</i>	Monbin				7
Anacar.	<i>Tapira</i>	<i>guianensis</i>	Loucé				38
Annon.	<i>Annona</i>	<i>sp</i>	Abriba		7		4
Arecac.	<i>Euterpe</i>	<i>oleracea</i>	Wassaï				12
Bignoni	<i>Jacaranda</i>	<i>copaia</i>	Jacaranda				8
Bignoni	<i>Tabebuia</i>	<i>sp local</i>	Ebène verte				13
Bignoni	<i>Tabebuia</i>	<i>serratifolia</i>	Ebène verte				100
Bombac	<i>Catostemma</i>	<i>fragans</i>	Flambeau rouge				8
Bombac	<i>Ceiba</i>	<i>petandra</i>	Fromager				3
Bombac	<i>Eriotheca</i>	<i>sp</i>	cf Kapok				5
Burser.	<i>Protium</i>	<i>opacum</i>	Bois Encens				6
Burser.	<i>Protium</i>	<i>cf microcarpum</i>	Bois Encens				16
Burser.	<i>Tetragastris</i>	<i>cf altissima</i>	Lebi sali	50			
Caesal	<i>Eperua</i>	<i>falcata</i>	Wapa	100			
Caesal.	<i>Dicorynia</i>	<i>guianensis</i>	Angélique				12
Caesal.	<i>Elisabetha</i>	<i>oxyphylla</i>	Elisabeth				4
Caesal.	<i>Hymenea</i>	<i>courbaril</i>	Courbaril				12
Caesal.	<i>Macrobium</i>	<i>biflorum</i>	Watampana				3
Caesal.	<i>Recordoxyton</i>	<i>speciosum</i>	Wacapou guittin				29
Caesal.	<i>Tachigali</i>	<i>melinonii</i>	Diaguidia				5
Caesal.	<i>Tachigali</i>	<i>guianensis</i>	Diaguidia				2
Caesal.	<i>Tachigali</i>	<i>sp</i>	ou <i>Vataeira sp</i>	50			4
Celastr	<i>Goupia</i>	<i>glabra</i>	Goupi	30			
Clusiace.	<i>Caraipa</i>	<i>sp</i>	Caraipa				4
Clusiace.	<i>Clusia</i>	<i>sp</i>	Ficus				3
Elaeoc.	<i>Sloanea</i>	<i>sp</i>	Bushi Kusuwe				2
Euphor.	<i>Maprounea</i>	<i>guianensis</i>	Maprounea				1
Fabace	<i>Andira</i>	<i>inermis</i>	St Martin				5
Fabace	<i>Diploptropis</i>	<i>purpurea</i>	Cœur dehors				40
Fabace	<i>Hymenolobium</i>	<i>flavum</i>	Saint Martin jaune				7
Fabace	<i>Ormosia</i>	<i>coutinhoi</i>	Saint Martin blanc				3
Fabace	<i>Pterocarpus</i>	<i>officinalis</i>	Moutouchi rivière				7
Flacour.	<i>Flacourtia</i>	<i>jangoumens</i>	Merisier Pays				9
Laurac.	<i>Aniba</i>	<i>rosaeodora</i>	Bois de rose				7
Laurac.	<i>Sextonia</i>	<i>rubra</i>	Grignon				2
Meliac	<i>Carapa</i>	<i>procera</i>	Carapa				8
Mimosa	<i>Abarema</i>	<i>jumpuba</i>	Abarema				1
Mimosa	<i>Balizia</i>	<i>pedicellaris</i>	Assao				6
Mimosa	<i>Pseudopiptadenia</i>	<i>cf suaveolens</i>	Alimiao				27
Mimosa	<i>Inga</i>	<i>cf alba</i>	Pois sucré				3
Mimosa	<i>Inga</i>	<i>virgultosa</i>	Pois sucré				13
Mimosa	<i>Inga</i>	<i>edulis</i>	Pois sucré				8
Mimosa	<i>Inga</i>	<i>pezizifera</i>	Pois sucré				5
Mimosa	<i>Parkia</i>	<i>nitida</i>	Dodomissinga				2
Morace	<i>Bagassa</i>	<i>guianensis</i>	Bagasse				29
Morace.	<i>Artocarpus</i>	<i>heterophyllus</i>	Jacquier				12
Myrist.	<i>Virola</i>	<i>michellii</i>	Yayamadou montagne				2
Myrist.	<i>Virola</i>	<i>surinamensis</i>	Yayamadou marécage				6
Myrtac.	<i>Syzygium</i>	<i>malaccense</i>	Pomme jambos				7
Rutace.	<i>Citrus</i>	<i>sp</i>	Citron local				15
Sapind.	<i>Nephelium</i>	<i>lapaceum</i>	Ramboutan				7
Sapota.	<i>Chrysophyllum</i>	<i>caimito</i>	Caimitier				8
Sapota.	<i>Manilkara</i>	<i>bidentata</i>	Balata				1
Simaro.	<i>Simarouba</i>	<i>amara</i>	Simarouba				12
Stercu.	<i>Sterculia</i>	<i>pruriens</i>	Kobé	20			8
Tiliace.	<i>Apeiba</i>	<i>petoumo</i>	Peigne macacaque				3
<b>Total</b>			<b>826</b>	<b>250</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>569</b>

**A.IV) Feuille de présentation du suivi de croissance des plants**

**Evolution des hauteurs de tiges par espèces entre Juillet 2010 et Décembre 2015  
 Site de Yaou - Maripasoula**



**A.V) Dossier photographique sur les travaux menés et l'évolution des arbres replantés.**

**Dossier Photos sur Travaux de Restauration écologique sur la mine de Dieu Merci - AUPLATA.**



Photos 1 & 2 : Traitement en reprofilage de la colline César Sud, flanc Nord en vis à vis de l'usine gravimétrique. A gauche photo en décembre 2015 état avant-travaux, à droite début des travaux en mars 2016. Reprofilage en large banquette, avec talus de déblais foisonnés. Toutefois les travaux entrepris en début d'année 2016 ont dû être suspendu, car les conditions hors grande saison sèche ne permettent pas d'obtenir des résultats suffisamment satisfaisants. Il faut pouvoir combiner travaux de modelés du sol, avec apport des terres humifères simultanément.



Photo 3 : Traitement de toutes les zones dénudées, ici sur le haut du relief de César, avec des modelés de fosses de plantation, pour des espèces forestières autochtones, remplies avec 1,5 à 2,5 m3 de terres humifères. Les terres excavées sont mises en remblais sous forme de demi-lune aval afin de piéger eau de ruissellement et d'éviter le départ de fines vers les bas-fonds ou bassins.



Photo 4 et 5 : Reprofilage de la colline Virgile Ouest. Ce vaste amphithéâtre à 5 niveaux sera ramené à 3 niveaux de terrasses, avec comblement des ravines puis ouverture de fosses de plantations. Les talus de déblais seront traités avec des bourrelets ré-enherbés selon méthode testée sur la digue Ovide.



**Dossier Photos sur Travaux de Restauration écologique sur la mine de Dieu Merci - AUPLATA.**



Photos 6 & 7 : Les principes de restauration écologique proposée par VERDAL-Reforestage, consistent à réaliser directement des plantations arborées avec des espèces forestières tropicales « nobles » en mélange avec des espèces héliophiles et colonisatrices. Pour ce faire, la méthode ne peut se réaliser qu'avec un apport très conséquent de terres humifères (à gauche -prélèvement en janvier 2013 à Ancienne Usine), puis après ouvertures de fosses profondes et disposition anti-érosive en demi-lune (à droite - Pont DM en janvier 2016).



Photos 8 & 9 & 10 : Restauration écologique sur la zone Digue n° 6. En haut, état des lieux lors des travaux de génie civil (avril 2014) : ce bas de versant se divise en 2 compartiments de matrices (kaolinite à l'amont, graviers à l'aval en jonction avec le bas-fond). Les terres humifères ont été prélevées sur les andains en lisière forestière. En bas, photo en juillet 2014, soit 2 ans après la plantation. De nombreux Ingas (*L. pezzezifera* et *L. thibaudiana*) ont été plantés en intercalation d'espèces nobles, comme le Gaïac de Cayenne (*Dipterix odorata*).

VERDAL-Reforestage Sas / Jean WEIGEL – novembre 2016



**Dossier Photos sur Travaux de Restauration écologique sur la mine de Dieu Merci - AUPLATA.**



Photo 11 & 12 : Traitement du secteur appelé Grand Versant (proche de Ancienne usine). Photo de gauche : état des lieux avec distribution des plants en janvier 2013. Photo de droite : vue d'ensemble des reprises en octobre 2015. En premier plan *Apeiba petoumo*, espèce cicatricielle. La partie amont de ce secteur a subi des érosions avec formation de ravines, notamment à cause du ruissellement issu de la piste, depuis laquelle les photos sont prises. Les résultats de croissance se révèlent toutefois très encourageants pour bon nombre d'espèces forestières, comme des Mahots (*Eriotheca sp*), les Cœurs dehors (*Diptotropis purpurea*) malgré un départ difficile, le Wacapou guttin (*Recordoxylon speciosum*), les Carapas (*Carapa procera*) alors que les plants de ce même lot n'ont toujours pas vraiment démarré en bas-fond ...

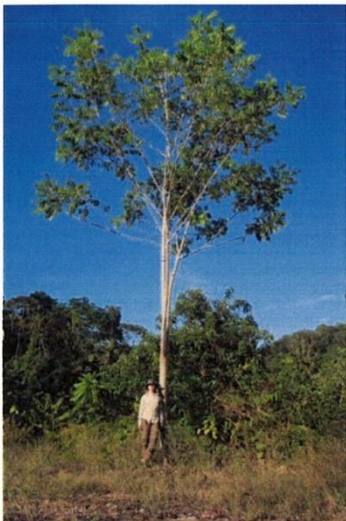


Photo 13 & 14 & 15 : Toujours sur le même grand versant, avec un autre angle de prise de vue : en haut à droite, lors des travaux de préparation des modelés en décembre 2012 ; en haut à droite distribution des plants et plantation en janvier 2013, en bas belle reprise et bonne croissance parmi les espèces citées plus haut - photo de septembre 2016.

VERDAL-Reforestage Sas / Jean WEIGEL – novembre 2016



**Dossier Photos sur Travaux de Restauration écologique sur la mine de Dieu Merci - AUPLATA.**



Photos 16 & 17 en haut, 18 & 19 en bas : Restauration écologique sur un ancien cône de graviers, issus de l'exploitation aurifère alluviale menée avant la création d'AUPLATA. Photo 16, après préparation des fosses de plantation, distribution des plants en janvier 2013. Photo 17, Mombin blanc (*Tapirira guianensis*) en décembre 2014 ; photo 18, le même individu en septembre 2016 : cette espèce est cicatricielle et à relativement faible durée de vie ; toutefois elle est très attractive pour la faune (baie comestible). Photo 19, vue d'ensemble du cône reboisée, 2,5 ans après la plantation, qui comprend des espèces prometteuses comme le Saint Martin rouge (*Andira coriacea*), le Balata (*Manilkara bidentata*).



Photo 20 & 21 : Traitement du parement de la digue Ovide, avec bandes d'enherbement sur clayonnage temporaire. L'objectif est de stabiliser la surface de la digue, afin d'éviter l'érosion en micro-ravines du parement. A gauche installation en juin 2015, à droite en juillet 2016.

VERDAL-Reforestage Sas / Jean WEIGEL – novembre 2016

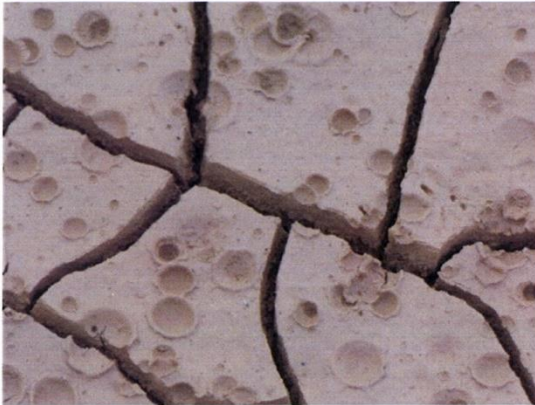


## SITE YAOU

### Annexe Photos sur les Actions en Récupération sur la mine de Yaou - 2009 à 2012 - S.M.Y.D.



Photos 1 & 2 : Toute activité d'extraction minière requiert l'éradication de l'ensemble de l'écosystème forestier : arbres, racines, terres humifères, premiers horizons de sol minéral puis saprolite jusqu'à atteindre le minéral. Il s'en suit irrémédiablement des phénomènes d'érosion de grande ampleur.



Photos 3 & 4 : Quelque soit la nature des matériaux l'impact des pluies se traduit par le phénomène « splash », avec dispersion des particules fines, qui s'écoulent et se concentrent en rigoles, puis ravines d'importance croissante vers l'aval. Sous le plein ensoleillement il y a, de plus, cimentation de la surface du sol et les fortes dessiccations génèrent des fentes de retrait dans les matériaux argileux. Ces états de surface, comparables à des conditions désertiques, n'ont rapidement plus aucun pouvoir d'infiltration pour les eaux de pluies.



Photos 5 & 6 : Les procédés de déforestation et d'accès au minéral, s'ils ne tiennent pas compte de travaux anti-érosifs, aboutissent à des méga-ravines, comme sur la photo de gauche (A est - juillet 2009). Son volume est estimé à 1000 m<sup>3</sup> qui sont allés polluer le bassin, bas-fond ou crique si celle-ci n'est pas protégée. La photo de droite révèle, par ailleurs, que la moindre protection du sol, même par un semis de quelques mois est efficace. La tranche de sol indique l'amplitude des phénomènes.



**Annexe Photos sur les Actions en Récultivation sur la mine de Yaou - 2009 à 2012 – S.M.Y.D.**



Photos 7 & 8 : Le traitement des zones à recultiver sur pente, consistera d'abord à cloisonner les versants de colline, à l'aide de pistes isohypses, à déverser amont. Ces pistes seront également empruntées, en conditions sèches, par les camions qui viendront déverser les terres humifères nécessaires pour réussir la recultivation : en effet les stériles miniers sont également des stériles biologiques.



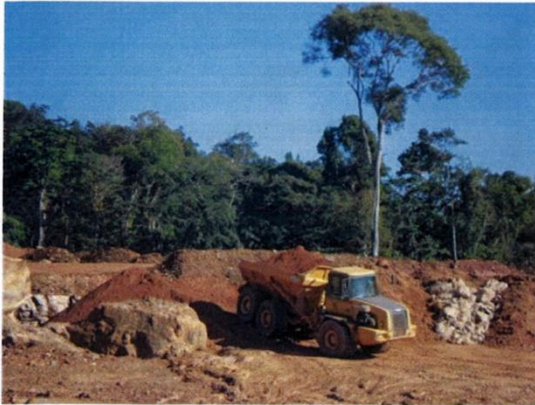
Photos 9 & 10 : Sur pente forte, les pistes de cloisonnements sont mis à profit pour édifier des clayonnages, à base de grumes et pieux enfoncés avec le godet d'une pelle mécanique. Cette opération est cependant coûteuse en temps de réalisation (tronçonnage, transport) et nécessite d'avoir, au préalable (= à la déforestation), mis de côté tous les bois résistants au contact du sol. Les grumes de gros diamètre seront préférées.



Photos 11 & 12 : Autre technique anti-érosive, la création de casiers de retenue des eaux pluviales. Réalisés sur un gradin de la fosse A, avec des bourrelets de terres humifères, disposés en U. Eaux et fines sont piégées et ne dévalent plus vers l'aval. Une végétation broussailleuse rudérale s'installe spontanément. A gauche réalisation en août 2011, à droite en décembre 2015 : les casiers restent fonctionnels même sans entretien, à condition d'avoir édifié des bourrelets suffisamment hauts et larges. Ces bourrelets peuvent également être faits avec des matériaux tout-venant, lorsqu'il s'agit de contenir des eaux de ruissellement pour une période temporaire.



**Annexe Photos sur les Actions en R ev eg etation sur la mine de Yaou - 2009   2012 - S.M.Y.D.**



Photos 13 & 14 Suivi des travaux sur la fosse CL : Remblaiement en stérile minier et autres rebus de sous-sol - Création d'une piste en bas de pente - préparation et transport des grumes pour édification d'un clayonnage - juillet 2009.



Photos 15 & 16 : Chantier de plantation (  droite - mai 2010), où toutes les opérations de plantation sont men es simultanément (profilage, ouverture des fosses, remplissage de terres humifères, distribution des plants et mise en terre). Même point de vue (  gauche - octobre 2010), en pleine saison sécher. Le foisonnement dans les fosses de plantation et les profils en demi-lunes engendrent une réserve d'eau qui dispense d'avoir à arroser en saison sécher les plants récemment mis en terre. Pourtant le passage de la première saison sécher est crucial pour des plantations.



Photos 17 et 18 : Suivi photographique à peu près du même point de vue et à peu près avec la même focale.   gauche en décembre 2012 et à droite en décembre 2015.

Etude VERDAL-Reforestation Sas / Jean WEIGEL - février 2016



**Annexe Photos sur les Actions en R ev eg eralisation sur la mine de Yaou - 2009   2012 - S.M.Y.D.**



Photos 19 & 20 = autre point de vue photographique de suivi, toujours sur la fosse CL :   gauche en juillet 2009, avec les tas rapportés par les tombereaux, qui sont ensuite r egal s au boteur. La colline étant alors progressivement remblay e par strate successive, avec intercalation des glacs dus à la circulation des engins.   droite en juillet 2012, les plantations forestières et fruitières (mai 2011), mais avec ravines qui ont travers  le versant. A noter que les adventices ne se développent quasiment que dans les fosses remplies de terres humifères.



Photos 21 & 22 : Toujours avec des vues dans le même secteur :   gauche en juillet 2012, des bois canons ont été volontairement plantés ou préservés afin de dispenser un peu d'ombre pour des espèces fragiles ; mais ils consomment beaucoup de nutriments.   droite, en décembre 2012, croissance spectaculaire de 4 *Inga huberii* ; la strate herbac e spontan e est essentiellement constitu e par *Paspalum millegranum*, dont l'enracinement très cespiteux constitue un excellent dispositif anti-érosif.



Photos 23 & 24 :   gauche, l'on peut reconnaître notre arbre témoin tout au fond de la photo, tandis qu'en premier plan les Cœur-dehors (*Diptotropis purpurea*) montrent toute leur vitalité (décembre 2015) après 5,5 ans de croissance.   droite le carreau ou fosse CL, pris d'hélicoptère en aout 2011.

Etude VERDAL-Reforestage Sas / Jean WEIGEL - février 2016



**Annexe Photos sur les Actions en R v g tation sur la mine de Yaou - 2009   2012 - S.M.Y.D.**



Photos 25 & 26 : Suivi photographique des plantations arbor es sur la fosse Aest :   gauche en juillet 2009, carreau non encore compl ttement remblayé.   droite, prise de vue en mai 2011 pendant le chantier de plantation : en dépit de la très bonne reprise et croissance des arbres, deux points techniques sont à corriger pour les futures préparations, d'une part les clayonnages doivent être isohypses et d'autre part les demi-lunes doivent être implant es en quinconce.   noter la courbe à l'amont qui indique la mise en place immédiate du glissement de terrain .

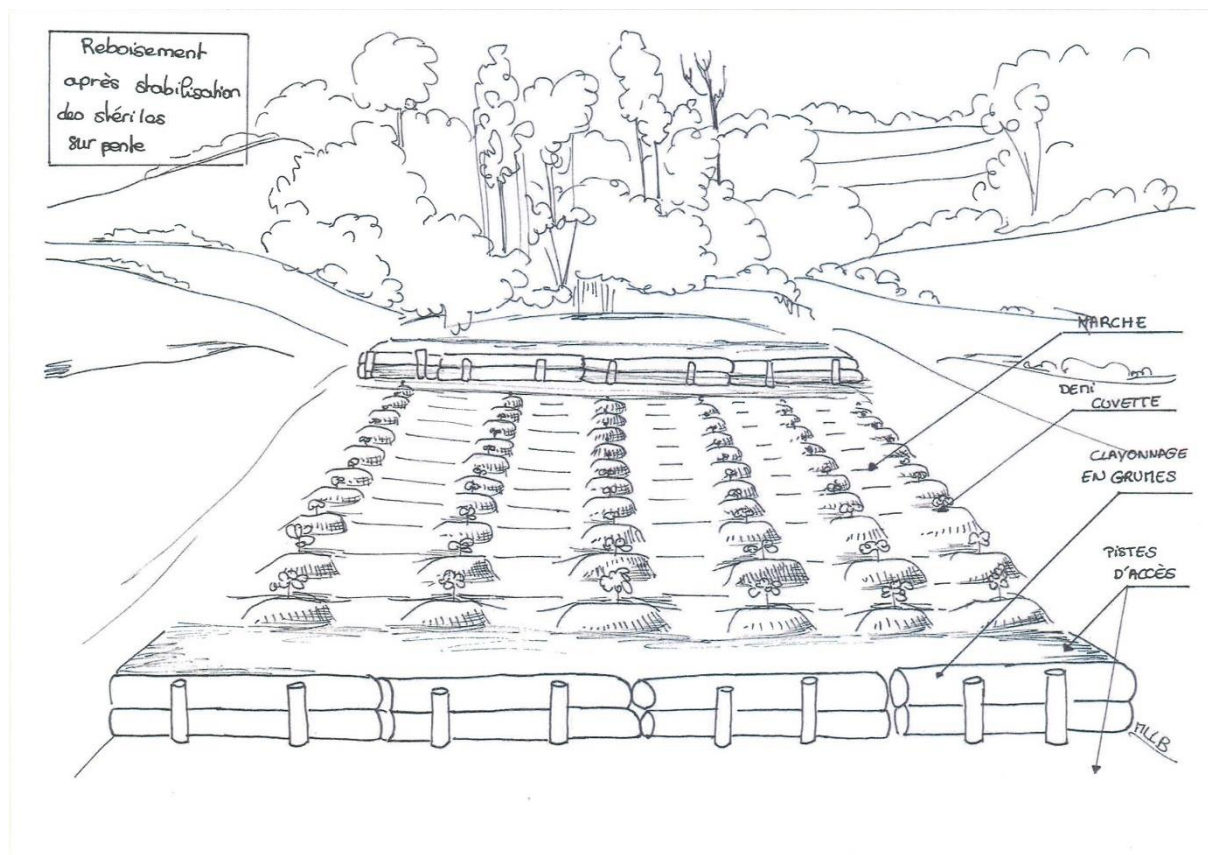


Photos 27 & 28 : Chantier de plantation sur Aest (mai 2011) et premiers effets des pluies (juillet 2011) : vue rapproch e sur le façonnement des demi-lunes, le remplissage des fosses (2 à 3 m<sup>3</sup>) en terres humifères.   droite, la demi-lune a piégé les eaux et fines qui ont ruisselé de l'amont.



Photos 29 & 30 : Prise de vue à peu près du même point que photo 26, montrant la croissance des arbres plantés, la reprise herbac es interstitielle, la génèse de ravine, l'érosion n'ayant pu être compl ttement ma tris e sur le carreau A est.

B2.) Exemple de clayonnage



19/07/2017

VERDAL-Reforestage S.A.S.

Agroforesterie de la Comté Sarl

## Reforestation de sites miniers en Guyane



### I - Contexte et objectifs de l'étude

Code minier :

- l'obligation pour les exploitants miniers de « **remettre en état** » les sites après l'exploitation
- Pourtant, pas de règle claire sur les résultats attendus

État des lieux:

- Plusieurs techniques pour la **revégétalisation**
- Principal difficulté : rétablissement de la structure du sol

Nouvelle approche : plantation d'arbres dans des fosses remplies de terre humifère

**Objectif visé : la reforestation**



19/07/2017

## I - Contexte et objectifs de l'étude

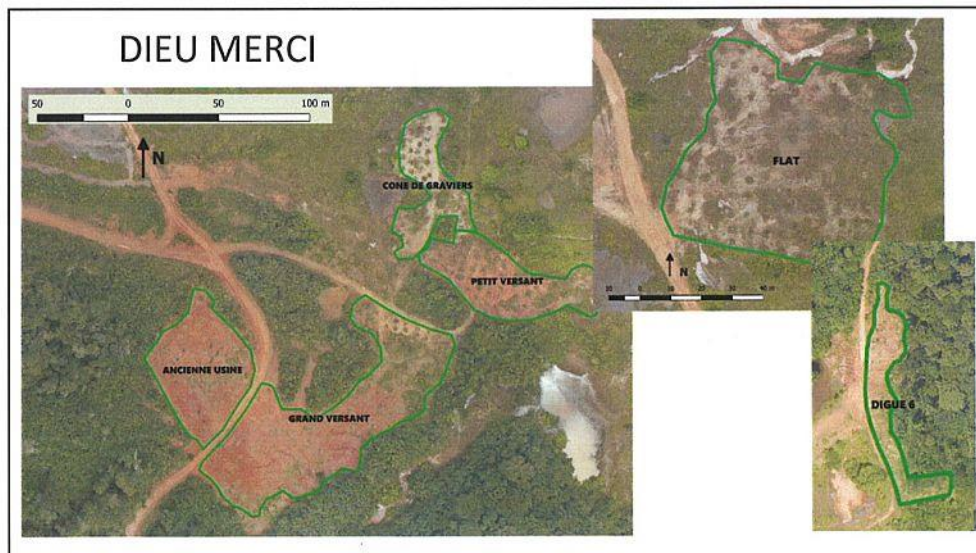
- Reforestation de deux sites miniers d'Auplata:

- Dieu Merci

- Date de plantation: entre 2013 et 2014
- 7 secteurs
  - 4 types de **matrices** de substrat : kaolinite, graviers, argiles, mixtes (graviers et argiles)
  - Différentes conditions **topographiques** : pente, bas de pente, flat, tumulus

- Yaou

- Date de plantation: entre 2010 et 2012
- 2 secteurs
  - 1 type de **matrice** : kaolinite
  - Condition **topographique** : pente



19/07/2017

## I - Contexte et objectifs de l'étude

### Objectif du projet FTH :

A partir des mesures de hauteur et de diamètre de tous les arbres des parcelles :

1. Apprécier les taux de croissance des différentes espèces et les comparer
2. Étudier l'influence de la matrice et de la topographie sur ces taux de croissance

## II – Démarche et contraintes de l'étude

### 1. Récolte des données

- Mesures de 1263 arbres: hauteur et diamètre à 1,30 m
- Identification de l'espèce
- Information sur l'état des arbres et date de plantation
- Information sur la matrice de substrat et la topographie
- Périmètre de la parcelle (traces GPS)



19/07/2017

### III – Résultats et discussion

#### 1. Quelles sont les espèces qui ont les plus forts taux de croissance?

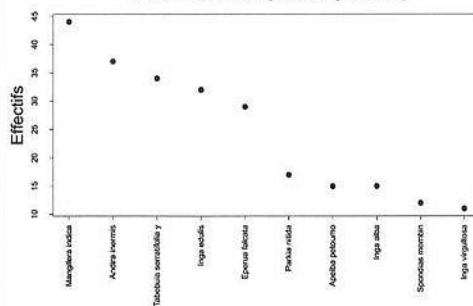
##### Pour une comparaison interspécifique valable:

- Filtrage par le site minier (stade ontogénétique, composante génétique, conditions abiotiques, terres humifères)
- Filtrage par la matrice de substrat (kaolinite) : 743 individus
- Effet de la topographie
- Sous-échantillonnage : les espèces les plus représentées sur chaque site

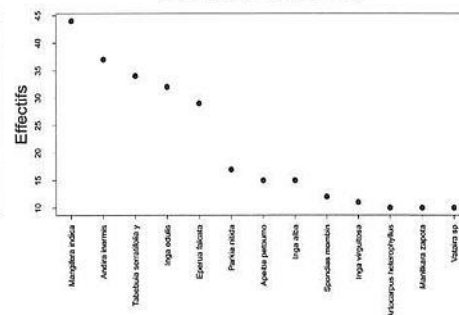
### III – Résultats et discussion

#### 1. Quelles sont les espèces qui ont les plus forts taux de croissance?

Dieu-Merci (10 espèces)



Yaou (13 espèces)



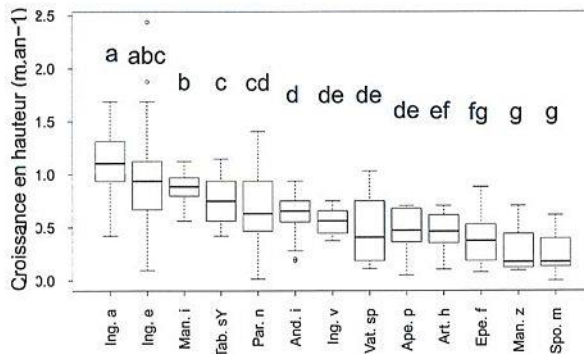


19/07/2017

### III – Résultats et discussion

1. Quelles sont les espèces qui ont les plus forts taux de croissance?

#### Yaou : croissance en hauteur



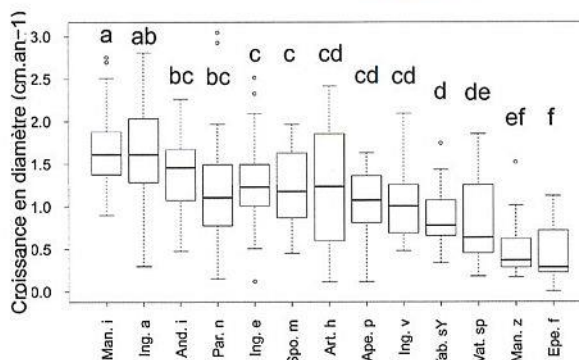
Croissance en hauteur :

- *Inga alba*
- *Inga edulis*

### III – Résultats et discussion

1. Quelles sont les espèces qui ont les plus forts taux de croissance?

#### Yaou : croissance en diamètre



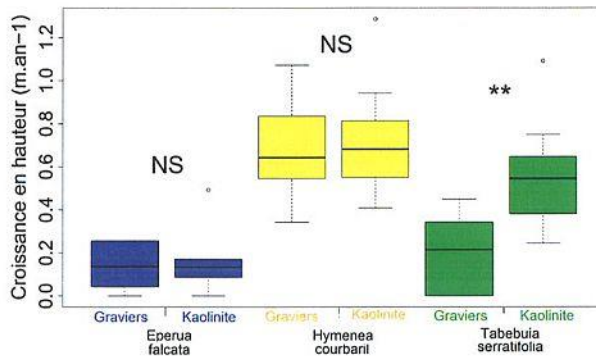
Croissance en diamètre :

- *Mangifera indica*
- *Inga alba*

19/07/2017

### III – Résultats et discussion

3. Est-ce que la matrice de sol influence la croissance des arbres?

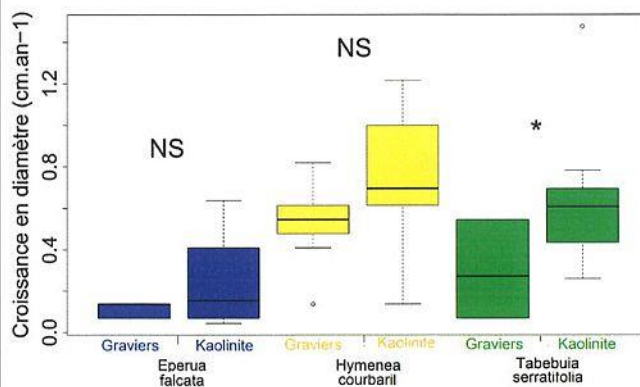


Contrôle sur la topographie (bas de pente seul)

Croissance en **hauteur** :  
Peu d'espèces testées

### III – Résultats et discussion

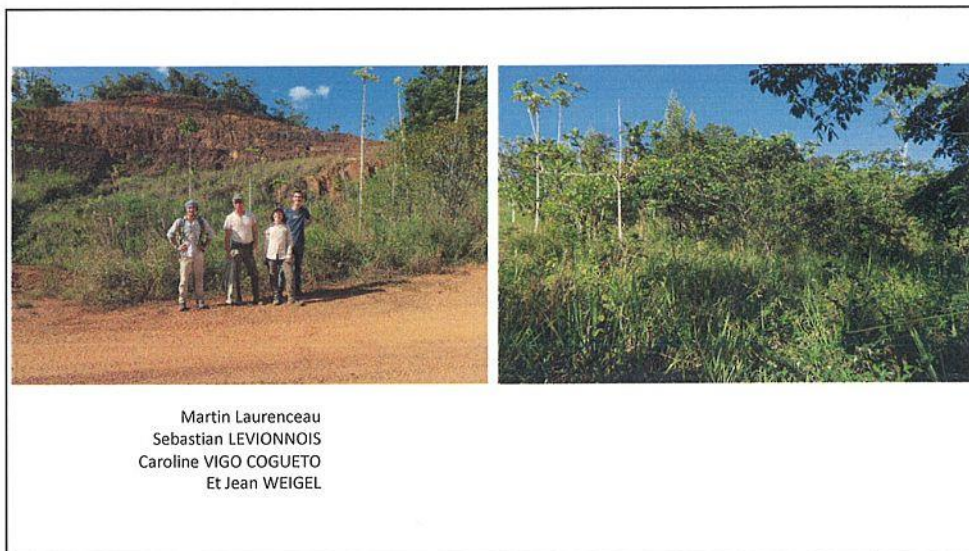
3. Est-ce que la matrice de sol influence la croissance des arbres?



Contrôle sur la topographie (bas de pente seul)

Croissance en **diamètre** :  
Peu d'espèces testées

19/07/2017



VERDAL-Reforestage S.A.S.

Dégrad des Cannes, 15 septembre 2016

**Objet : Note sur le réaménagement des « criques sur flats orpaillés » :**

Après avoir rappelé brièvement les grandes caractéristiques écologiques des zones basses, on décrit comment s'opèrent les travaux de réhabilitation avec manipulations des volumes remaniés. Puis nous indiquerons des préconisations pour le rétablissement hydraulique de la crique, principal « moteur écologique » de restauration de la fertilité et du rétablissement de la végétation de ces zones temporairement inondées.

Les surfaces ouvertes étant de grande ampleur, sur un milieu assez spécifique et très différent des bas de versants limitrophes, il y a lieu d'envisager des actions de génie écologique pour la restauration du milieu forestier, afin d'orienter et d'accélérer significativement cette reconquête arborée.

Toutes des actions de réhabilitation/revégétalisation doivent se faire en relation stricte avec l'exploitation, afin de « profiter » des engins et de l'organisation en place et pour coller aux phases d'avancement du chantier aurifère.

**I°) Rappel sur les grandes caractéristiques des bas-fonds dans les zones de terres fermes en Guyane :**

Les flats exploités dans les terrains précambriens du plateau des Guyanes, sont des zones basses de largeur assez réduite (autour de 50 à 200 m), au sein desquelles les matériaux de colluvionnement se sont retrouvés en mélange avec des dépôts alluvionnaires. Leur la dynamique est liée aux épisodes pluviométriques particulièrement intenses, avec des nappes d'inondation temporaire qui peuvent facilement atteindre 1 à 2 m (voire plus) vers l'amont des bassins versants.

Les nappes de graviers aurifères se retrouvent à un niveau pédo-géologique très différencié des horizons pédologiques supérieurs. En effet, la ressource aurifère alluviale est concentrée au sein de couches de graviers quartzeux, qui sont d'épaisseurs relativement faibles (entre 0,3 à 1 m), et qui sont le résultat d'une érosion torrentielle importante des massifs environnants, à l'époque tertiaire.

Les processus pédologiques ont ensuite repris, sous climax forestier, avec des turn-overs de matière organique qui évoluent lentement au fil des siècles. Les sols de bas-fonds se sont, alors, formés comprenant une forte proportion d'argiles et de colloïdes (forme minéralogique de la matière organique décomposée) qui confèrent aux bas-fonds une relative bonne richesse chimique, en comparaison des reliefs.

A noter, que le caractère hydromorphe des bas-fonds, provient généralement du « bed rock », qui est un horizon sous-jacent des lits de graviers, constitué d'un plancher de kaolin très dense, sans macroporosité, dans lequel il n'y a quasiment aucun drainage vertical. Cet horizon bloque la lame d'eau, qui s'accumule au-dessus dans le sol puis en inondation au dessus du sol, avec un écoulement latéral et vers l'aval, lorsqu'il y a une certaine pente.

La stratification pédologique des bas-fonds, se résume donc de la surface vers la profondeur :

- .a) l'horizon strictement humifère (qui comprend 80 % des racines des arbres), de coloration brun foncé à brun noir
- .b) l'accumulation alluviale d'argiles et d'autres matériaux de colluvionnement, de coloration brun à jaune brun
- .c) un horizon bariolé à taches de décoloration liées aux fluctuations de nappes, avec induration ponctuelle des oxydes de fer
- .d) les graviers de quartz qui ont piégé les poussières aurifères
- .e) le « bad rock » de kaolinite pure + ou - mélange avec des sables fins, et qui est le niveau de contrôle de la nappe d'eau

Cet ensemble présente une épaisseur totale, généralement comprise entre 1 et 5 (voire plus) selon les caractéristiques géologiques et géomorphologiques environnantes.

## **II°) Principes de réhabilitation effectuées de manière synchrone à l'avancement du chantier d'exploitation aurifère en zones alluviales :**

L'exploitation aurifère alluviale exige la découverte totale de tout ce qui est plus haut que l'horizon minéralisé. Dans la pratique, ces chantiers sont réalisés avec des pelles mécaniques moyennes (22 à 35 tonnes) parfois à l'aide d'un buteur tout au début du chantier pour abattre les arbres, les repousser en andains, et, ensuite tout à la fin pour régaler les volumes remaniés.

La stratification verticale de l'écosystème initial, les différentes manipulations pour arriver à la ressource, engendrent ainsi les néo-faciès suivants :

- En bordure de flats, de gros andains de troncs, branches avec une partie de l'horizon humifères (**a**). Ces andains constituent alors des obstacles pour leur franchissement pour toute la faune non aérienne, avec des amoncellements sur 6 à 10 m de haut, selon la quantité de bois arrachés à la largeur du bas-fond exploité.

- La crique est ensuite dérivée sur les côtés, afin de ne pas traverser la zone en exploitation. Des ouvertures sont temporairement réalisées pour alimenter les bassins, puis elles sont refermées, afin que toute l'eau utilisée, en permanence de l'activité, puisse circuler en bassin fermé, sans pollution de fines vers le cours d'eau et de toutes les zones alluviales situées plus à l'aval de l'exploitation.

- Les bassins d'exploitation ou baranques sont alors totalement repris par les pelles mécaniques, avec manipulation de tous les volumes de matériaux jusqu'au « e rock » (**e**). L'exploitation est menée en comblant la baranque exploitée antérieurement (n-1) avec les matériaux de la baranque en cours d'exploitation (n). Toutes les couches sus-jacentes des graviers (**a en partie, b, c**) sont mis en remblais dans la baranque précédente, en vue de l'exploitation du bassin suivant.

- Ensuite pendant toute la durée de l'exploitation d'une baranque (4 à 8 semaines selon la surface), les graviers sont prélevés, lavés sur place, et cela aboutit à un dépôt de graviers de forme assez circulaire et légèrement conique. Selon la richesse en éléments aurifères et selon l'équipement de l'exploitation, une partie des éléments lixiviés les plus fins sont également repris par une deuxième pompe pour un traitement secondaire, qui s'effectue alors en haut du cône de la baranque précédente.

- Enfin à l'issue de l'exploitation aurifère, les pelles mécaniques ou le buteur effectuent un nivellement grossier des différents compartiments, pour restituer une topographie la plus plane possible, avec comblement de la zone en eau. Mais avec les différentes manipulations de matériaux (avec des pertes forcément, des tassements et des profilages à des niveaux ponctuellement supérieurs à l'état initial, il y a une partie de la baranque qui ne pourra plus être comblée et qui restera en eau. Le canal de dérivation du cours d'eau est ensuite normalement supprimé, afin de pouvoir circuler en sinusoïde au sein du flat « réhabilité ».

.....

Ces différents compartiments présentent, ainsi, à l'issue de l'exploitation, une juxtaposition spatiale des divers matériaux : ce qui initialement était en imbrication verticale, avec un fonctionnement écologique façonnés puis entretenus par la végétation forestière, est devenu une ségrégation, avec des compartiments disjoints les uns des autres, sans vecteurs immédiats de relation écologique.

Au final, l'exploitation initiale du milieu forestier dûment façonnés par des dizaines de milliers d'années de processus pédo-écologiques, aboutit à des compartiments de nature totalement différente les uns des autres et qui se résument en : des **petites mares** aquatiques quasi-temporaires, des **plages de graviers** qui se rapprochent de régosols désertiques, des zones de **remblais mélangés** (un peu d'humifère, de l'argiles, des indurations ferrugineuses, quelques graviers) et qui sont relativement compactés en surface à cause du travail des engins lourds, un **cours d'eau** repositionné et recalibré artificiellement, des **tas de matières ligneuses** de gros diamètre enchevêtrée.

La matière organique « noble », c'est à dire, les branches fines, les feuilles, les racines, les colloïdes, la pédofaune et pédoflore a malheureusement été perdue au cours des premiers travaux de terrassement. Pour être préservée Il aurait été nécessaire d'utiliser ~~nécessiterait~~ d'autres outils et processus technologiques, dont le broyage et des mises en andains spécifiques, manipulations qui requiert de disposer sur les chantiers de moyens de transport.

### III°) Actions de génie écologique pour la restauration de la flore forestière :

Les différentes actions à mettre en œuvre après exploitation aurifère alluvionnaire sont bien dans la note établie par l'ONF en mai 2005, intitulée « Cahier des Charges pour la réhabilitation des sites miniers alluvionnaires ».

D'autre part, les Entreprises qui exploitent l'or alluvionnaire ont des modes opératoires assez simples mais bien établis, dont il faut tenir compte pour imposer des charges de réhabilitation, compatible techniquement et supportable économique, avec le matériel présent, les saisons sèches propices aux travaux du sol, les saisons des pluies pendant lesquelles les travaux de restauration biologique doivent être menés.

Le terme de réhabilitation est généralement utilisé dans la profession minière, pour ce qui concerne uniquement les travaux de génie civil, liés à la remise en état des terrains, avec des profilages réguliers, et dans le cas des bas-fonds, le plus à plat possible. Les actions de revégétalisation sont distinctes des travaux de terrassement mais elles nécessitent des transferts de terres humifères, préalables indispensables pour réussir l'implantation de végétaux sur des milieux totalement déstructurés. Le terme de restauration écologique, englobe, quant à lui, l'ensemble des travaux à mettre en œuvre, soit la réhabilitation + la revégétalisation.

Outre les pelles mécaniques, il y aura lieu de pouvoir mobiliser des engins supplémentaires, non requis dans l'exploitation aurifère alluviale, à savoir tombereau (dumper) pour de courtes périodes en saison sèche, mais également il y aurait lieu de disposer d'une pelle de petite capacité (8 ou 13 tonnes) équipée d'un broyeur à végétaux, en plus des godets de fouille et de curage.

Une fois les nivellements de réhabilitation opérés, les actions à mettre en œuvre pour amorcer la recolonisation biologique et forestière des bas-fonds exploités, comprendront les points suivants :

### III.1°) Travaux de génie civil pour le sol :

. a) Dans le compartiment des argiles remaniés :

- une **décompactation** du sol, surtout lorsque les nivellements auront été effectués au buteur, mais qui devrait également être envisagée après le passage des pelles mécaniques. Cette décompactation sera faite avec les dents du godet de fouille, si l'on ne dispose pas d'autres engins, mais elle serait mieux faite avec le passage d'un outil scarificateur (herse lourde derrière un buteur, ou, derrière un tracteur – mais il n'y en a généralement pas sur les sites miniers).

- des fouilles du sol remblayé, pour obtenir des **fosses remaniées**, avec le remblai en place, qui seront profilées avec une légère surélévation centrale, de manière à installer des jeunes plants au-dessus des niveaux d'inondation potentielle.

**Nota :** *Ces remblais mélangés (en provenance des couches sus-jacentes des graviers aurifères) comprennent encore une assez bonne proportion de matériaux pédologiques à potentialité agronomique. Il est par contre impératif pour y réussir des plantations de foisonner le sol, afin de créer artificiellement une macroporosité. En effet, les différents essais de plantation entrepris par VERDAL-Reforestation S.A. montrent que les comportements de plants sur sol foisonnés sont incomparablement meilleurs que sur sols en place (a fortiori sur remblais compactés en surface), et ce quelque soit la richesse chimique initiale.*

- les **andains de bois morts** seront **démantelés**, avec reprise de tous les troncs et grosses branches qui seront étalés à même le sol, en recherchant le plus de contact avec le sol (découpe à la tronçonneuse en tronçons assez rectilignes, légère ouverture du sol au godet et pression des bois par le dessus). La répartition de cette matière ligneuse sera faite selon des lignes isohypses, lorsque la topographie sera en légère pente. Dans la mesure du possible, ces alignements de bois seront disposés sur l'ensemble des zones remblayées.

**Nota :** *Sur Yaou, nous avons sporadiquement procédé à l'enfouissement partiel de troncs. Cela nous a permis d'observer, les effets indéniables d'aide à la restauration écologique, avec le piégeage de fines à l'amont, l'apparition de flore (fougères notamment) toujours à l'amont, la*



*réactivation d'une vie pédo-biologique (insectes, dont termites, vers de terre ...) indéniablement supérieur aux remblais adjacents, pour les conditions d'humidité, de dégradation des bois et de macroporosité que génère les processus de micro-niches écologiques.*

.b) Dans le compartiment des cônes de graviers :

- des **apports de terres humifères**, sous forme de gros volume unitaire (> 2 ou 3 m<sup>3</sup>), dans des fosses préalablement ouvertes à la pelle mécanique, dont les déblais auront été déposés vers l'aval sous forme de demi-lune. Ces transferts ne peuvent se faire qu'avec des camions, dès lors que la largeur des flats est supérieure à 50 m, et donc uniquement en saison sèche. Les terres humifères seront prélevées à l'emplacement des andains démantelés.

**Nota :** *Sur le site de Dieu Merci, VERDAL Reforestaje a entrepris des plantations sur cônes de graviers avec des très bons résultats après transferts de terre humifères. Les résultats de croissance sont d'autant plus importants que les volumes de terres humifères apportées sont importants. Ces procédés permettent de traiter toute la surface intérieure des plages de graviers, tandis que le pourtour peut être laissé à la recolonisation arborée spontanée, puisque c'est sur les zones de contacts entre les compartiments que l'on observe le plus de reprise naturelle, mais après généralement une bonne dizaine d'années seulement.*

oooooooooooo

Le travail du sol est un prérequis pour réussir une restauration écologique après exploitation minière. Ces opérations nécessitent des capacités de transport de matériaux et décompaction, pour lesquels, dans le contexte de « l'alluvionnaire » deux problèmes techniques se posent : les sols ne sont pas portants sauf en saison sèche, l'opérateur ne dispose pas de tombereau ou de camion.

### III.2°) Travaux biologiques :

Les opérations de revégétalisation sont prescrites sur une portion de 25 à 30 % de la surface utilisée, dans le cahier des charges de l'ONF de 2005. Cette revégétalisation s'effectuera par la plantation d'espèces forestières adaptées aux conditions potentielles d'hydromorphie et pour des espèces qui sont héliophiles.

Sont ainsi adaptés pour leur caractère écologique et pour leur facilité de culture en pépinière + reprise après plantation : le Moutouchi (*Pterocarpus officinalis*), le Yayamadou (*Virola surinamensis*), le Manil (*Symphonia globulifera*), le Cacao rivière (*Pachira aquatica*), plusieurs Bois

encens dont *Protium opacum*, plusieurs Pois sucré dont *Inga disticha*, le Caraïpa (*Caraïpa guianensis*), le Wapa rivière (*Eperua rubiginosa*), Watampana *Macrolobium bifolium*, ou des arbres plus petits comme *Mahurea palustris* ou *Tabebuia insignis*.

Outre des espèces inféodées aux bas-fonds, des espèces pionnières sont également très fortement conseillées, telles que *Parinari campestris*, plusieurs *Dodomissinga Parkia nitida* ou *P. velutina*, *Maproumea guianensis*, le Mombin blanc *Tapirira guianensis*, cette dernière espèce donnant les meilleurs résultats de croissance en terrain difficile et elle est très attractive pour la faune à cause de ses fruits.

Bien d'autres espèces forestières peuvent également être envisagées, mais le référentiel horticole n'existe pas en Guyane. Enfin, il est indispensable de réintroduire les palmiers qui sont dans tous les bas-fonds principalement le palmier bâche (*Mauritia flexuosa*), dont la production de biomasse est spectaculaire, et l'inévitable Wassai (*Euterpe oleracea*), même si aux premiers stades post-plantation les plants souffrent un peu.

En dehors de ces plantations « nobles » la recolonisation par des végétaux herbacés, arbustifs se fait assez spontanément, avec des réponses d'autant plus rapides que les terrains remis en état sont riches. Il sera par contre impératif de pouvoir assurer des travaux d'entretien des arbres et palmiers plantés pendant leurs premières années, notamment pour contrôler les espèces spontanément invasives.

#### **IV°) Préconisations pour le rétablissement hydrographique des cours d'eau :**

Les petits cours d'eau, appelés criques en Guyane, qui parcourent les bas-fonds présentent les caractéristiques hydrographiques principales suivantes :

- ces cours d'eau sont entièrement à l'ombre de la strate forestière.
- le lit mineur est de largeur réduite (1 à 2 m) dans la partie amont des bassins versants.
- le lit majeur occupe la totalité du flat, mais n'est que très temporairement actif.
- l'écoulement est de type fluvial tout au long de l'année, mais devient torrentiel lorsque les épisodes pluviométriques sont intenses et dépassent un certain seuil (autour de 30 mm/h).
- les temps de réponse de formation des crues est très court, au cœur de la saison des pluies, comme les sols sont déjà très humides voire engorgés sur une bonne partie du bassin versant.

- la morphologie du cours d'eau est une suite ininterrompue de méandres, au sein desquels des petites bassines d'eau plus profondes permettent à des espèces aquatiques de vivre, entre des parties à flux laminaire.
- l'écoulement est régulièrement fractionné par les racines des arbres ainsi que des bois morts en fond de lit et sur les côtés ce qui autorise une certaine oxygénation du milieu.

Vue la déstructuration totale du milieu initial, il est inenvisageable de prétendre à la restauration du cours d'eau pour aboutir à un résultat qui serait proche de la crique d'avant l'exploitation aurifère.

Cependant, la restauration hydrographique du cours d'eau comporte des travaux, principalement de génie civil, indispensables pour au moins amorcer et favoriser la dynamique hydro-écologique du site. Ces travaux, à réaliser principalement à la pelle mécanique, comprendront :

#### **La reméandrisation :**

Le cours de la crique sera reconstitué de manière à présenter le plus de longueur totale, avec une sinuosité permanente et continue, sans tronçon linéaire. Le cahier des charges de l'ONF préconise une longueur droite maximum de 50 m.

La recréation de méandres est indispensable pour donner le plus de distribution spatiale en bord de cours d'eau de toutes les matières organiques transportées et des propagules, avec des dépôts différentiels selon la courbure des rives et des zones en eau connexes.

#### **La mise en connexion de toutes les zones en eau :**

Nous préconisons la remise en connexion de toutes les zones en eau, c'est à dire la partie des baranques qui ne pourront pas être remblayées.

La création du raccordement de toutes les zones en eau est fondamentale pour l'oxygénation de l'eau, la continuité hydro-biologique de ce néo-faciès de zones humides, qui n'existaient pas antérieurement. Il est démontré qu'une véritable faune piscicole, aquatique et aviaire de zones humides colonise spontanément ces mares d'origine artificielle et apporte une nouvelle biodiversité post-exploitation.

**Le contrôle anti-enfoncement du lit mineur et son corollaire favoriser l'expansion latérales des crues :**

Sur des profils en long et en travers recalibrés artificiellement dans des matériaux pédo-géologiques bruts, le cours d'eau aura tendance à s'enfoncer et à créer des zones d'érosion latérale. En conséquence, nous préconisons la réalisation de seuils de stabilisation du lit, et ce au moyen très simple de troncs de bon diamètre (0,3 à 0,6 m), qui seront positionnés en travers du lit, ou en biais, avec un certain enfoncement dans le lit et une partie du tronc en aérien. Cette opération permet également d'assurer une réoxygénation du flux.

**Le traitement des berges en banquettes à pente douce et à profil non régulier :**

Les berges seront, enfin, profilées avec la pente la plus douce possible. Ce profilage est nécessaire afin que les banquettes riveraines servent le plus possible aux expansions de crues et permettent le dépôt des matières et des graines transportées par les crues. Ces zones, non replantées, sont spontanément colonisées par des herbacées, qui apportent, tout comme les zones en eau libre, une néo-biodiversité dont profite la faune herbivore.

Mr Jean WEIGEL

Directeur des opérations

**VERDAL-Reforestation S.A.S.**  
Immeuble SIMEG - Z.I. Dégrad des Cannes  
97354 REMIRE-MONTJOLY  
Tél. : 05 94 29 54 40  
Mel : info-verdal@auplata.fr  
Siret : 539 164 418 00011  
