



APPUI A LA GESTION DE L'EROSION EN EXPLOITATION FORESTIERE

BILAN GENERAL DE L'APPUI



Terre Environnement Aménagement

15, rue Marcel SEMBAT

13 0001 Marseille FRANCE

Tél/fax : 0033 (0) 98 233 62 18

E-mail : france@terea.net

Novembre 2014

Sommaire

1.	CONTEXTE.....	5
1.1.	RAPPEL DU CADRE DE L'INTERVENTION.....	5
1.2.	ARTICULATION INITIALE DU PROJET D'APPUI.....	5
1.3.	NOUVELLE ARTICULATION DU PROJET D'APPUI.....	5
1.4.	COMPOSITION DU PRESENT RAPPORT	6
2.	PRINCIPALES TECHNIQUES DE GENIE VEGETAL UTILISEES EN LUTTE ANTI-EROSION	7
2.1.	PROFILAGE DE TALUS	7
2.2.	FASCINAGE	7
2.3.	DRAINAGE DES ECOULEMENTS PAR GENIE VEGETAL	8
2.4.	TREILLAGE EN BOIS.....	9
2.5.	LITS DE PLANTS ET PLANÇONS	10
2.6.	CAISSONS EN BOIS VEGETALISES	12
2.7.	POSE DE GEOTEXTILE	13
2.8.	HYDROSEEDING	14
3.	BILAN DU DIAGNOSTIC D'EROSION ET CHOIX DES SITES D'INTERVENTION	15
3.1.	CHOIX DES SITES DE TRAVAUX	15
3.2.	PRESENTATION DU SITE A REHABILITER POUR L'ENTREPRISE 1	18
3.3.	PRESENTATION DU SITE A REHABILITER POUR L'ENTREPRISE 2	19
3.4.	BESOINS EN EXPERTISE	20
3.5.	BILAN DU DIAGNOSTIC D'EROSION	20
4.	BILAN DE LA REALISATION DES TRAVAUX.....	21
4.1.	RAPPEL DU PLANNING.....	21
4.2.	INTERVENANTS	21
4.3.	MACHINES, OUTILLAGES, MATERIAUX ET PROVENANCE	22
4.3.1.	MACHINES ET OUTILLAGES.....	22
4.3.2.	MATERIAUX ET PROVENANCE	22
4.4.	FINALISATION DES OUVRAGES	24
4.4.1.	CAISSON EN BOIS REALISE SUR LE SITE DE L'ENTREPRISE 1	24
4.4.2.	CAISSONS EN BOIS REALISES SUR LE SITE DE L'ENTREPRISE 2	25
4.5.	PROBLEMES RENCONTRES	25
4.6.	ESTIMATION DU COUT DES TRAVAUX	26
4.7.	DUREE DES TRAVAUX.....	28
4.8.	ENTRETIENS DES OUVRAGES	28

5.	<u>BILAN DE LA FORMATION</u>	<u>29</u>
5.1.	DEROULEMENT DE LA FORMATION	29
5.1.1.	MISSION 1 DE FORMATION	29
5.1.2.	MISSION 2 DE FORMATION	29
5.2.	VALIDATION	30
5.3.	PROBLEMES RENCONTRES	30
5.4.	DUREE DE LA FORMATION	31
5.5.	PROPOSITIONS D'AMELIORATION DE LA FORMATION	31
6.	<u>CONCLUSIONS</u>	<u>32</u>
7.	<u>PERSPECTIVES</u>	<u>33</u>
8.	<u>ANNEXES : FICHES TRAVAUX.....</u>	<u>34</u>

Liste des figures

Figure 1 : Schéma de principe d'un fascinage et photographie.....	7
Figure 2 : Fossés ouverts avec bois rond.....	8
Figure 3 : Combinaison avec lits de plançons et de boutures.....	8
Figure 4 : Profil en travers d'un treillage en bois	9
Figure 5 : Schéma de mise en place de lits de plants et plançons et photographies.....	10
Figure 6 : Schéma et photographie d'un caisson en bois végétalisé.....	12
Figure 7 : Photographie de la pose d'un géotextile en fibre de coco (400 g/m ²).....	13
Figure 8 : Technique de l'hydroseeding	14
Figure 9 : Photographies de quelques zones d'érosion majeures observées sur le site de l'Entreprise 1	16
Figure 10 : Photographies de quelques zones d'érosion majeures observées sur le site de l'Entreprise 2	17
Figure 11 : Site PW_ZU_06, érosion à proximité de la scierie de l'Entreprise 1	18
Figure 12 : Site RK_04, talus de bord de piste déstabilisé de l'Entreprise 2.....	19
Figure 13 : Photographie du caisson de bois réalisé sur le site de l'Entreprise 1 en cours de finalisation	24
Figure 14 : Photographies du caisson de bois réalisé sur le site de l'entreprise 2 en cours de finalisation	25
Figure 15 : Attestation de formation remise aux agents L'ENTREPRISE 1	30

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des zones d'érosion principales observées au cours du diagnostic sur le site de l'ENTREPRISE 1	16
Tableau 2 : Récapitulatif des zones d'érosion principales observées au cours du diagnostic sur le site de l'ENTREPRISE 2.....	17
Tableau 3 : Provenance des matériaux et quantités totales initialement estimées - L'ENTREPRISE 1	22
Tableau 4 : Provenance des matériaux et quantités totales finalement utilisées - L'ENTREPRISE 1	23
Tableau 5 : Provenance des matériaux, quantités totales initialement estimées - L'ENTREPRISE 2	23
Tableau 6 : Provenance des matériaux, quantités totales finalement utilisées - L'ENTREPRISE 2	23
Tableau 7 : Estimation du coût des travaux pour l'ENTREPRISE 1 – Chantier PW_ZU_06.....	26
Tableau 8 : Estimation du coût des travaux pour l'ENTREPRISE 2 – Chantier RK_04.....	26
Tableau 9 : Estimation des couts en CFA/m ³ des caissons en bois.....	27

Abréviations

AAC : Assiette Annuelle de Coupe

CFAD : Concession Forestière sous Aménagement Durable

EEP : Evacuation des Eaux Pluviales

FSC : Forest Stewardship Council

PPECF : Programme « Promotion de l'Exploitation Certifiée des Forêts »

1. CONTEXTE

1.1. Rappel du cadre de l'intervention

Le Bureau TERA, au travers du PPECF, Programme « Promotion de l'Exploitation Certifiée des Forêts » a mené un projet d'appui à la gestion des érosions en exploitation forestière, entre novembre 2013 et octobre 2014, sur les sites d'exploitation de deux entreprises forestières basées au Gabon, qui seront nommées pour des raisons de confidentialité, ENTREPRISE 1 et ENTREPRISE 2.

Ce projet d'appui, pour être pertinent, a concerné l'ensemble des sites : c'est-à-dire la superficie des CFAD comprenant les zones en cours d'exploitation, en arrêt d'exploitation, ainsi que les zones industrielles et camps forestiers...

1.2. Articulation initiale du Projet d'appui

Le projet d'appui devait initialement se dérouler en trois temps pour chaque entreprise :

- Etape 1 ou Mission 1 : Le diagnostic d'érosion (environ 2 semaines) ;
- Etape 2 ou Mission 2 : La formation d'une équipe d'intervention (environ 2 semaines) ;
- Etape 3 ou Mission 3 : Le coaching post-intervention (environ 2 semaines).

A l'issue de la 1^{ère} mission, au vue de l'ampleur des travaux à réaliser sur les sites des 2 entreprises, il a été décidé en concertation avec les différentes parties prenantes (entreprises forestières, PPECF et TERA), de grouper les missions 2 et 3 en une seule et ultime longue mission. Cette deuxième mission au sein des deux entreprises devait permettre de mener des travaux pertinents en terme d'encadrement et de formation du personnel et à un/des endroit(s) vraiment sensible(s) du site, pendant près d'un mois.

1.3. Nouvelle articulation du Projet d'appui

La nouvelle articulation des étapes du projet est donc la suivante :

- Etape 1 ou Mission 1 : Le diagnostic d'érosion (environ 15 jr) ;
- Etape 2 ou Mission 2 : La formation d'une équipe d'intervention (environ 1 mois) ;

La 2^{ème} mission ou Etape 2 menée par TERA s'est déroulée respectivement :

- Du 12 mars au 09 avril 2014 dans l'ENTREPRISE 1, soit en saison pluvieuse ;
- Du 03 au 31 août 2014, dans l'ENTREPRISE 2, en saison sèche ;

Ces périodes d'intervention ont été choisies conjointement entre les exploitants et TERA, selon les contraintes de calendrier des intervenants, selon l'arrêt de la saison pluvieuse de préférence, et aussi selon la disponibilité des engins de chantier.

Ce rapport s'attache donc à dresser un bilan complet de cet appui aux entreprises forestières en matière de gestion des problématiques d'érosion.

1.4. Composition du présent rapport

Dans le détail, le rapport s'articule donc comme suit :

- Descriptif des principales techniques de stabilisation de sols par génie végétal ;
- Bilan du diagnostic et rappel des problématiques liées à l'érosion rencontrées sur les 2 concessions forestières ;
- Bilan des travaux effectués ;
- Bilan de la formation aux techniques de stabilisation par voie génie végétal ;
- Conclusion globale de cet appui PPECF concernant la gestion des érosions en concession forestière ;
- Perspectives pour l'amélioration de la gestion des problèmes d'érosion en concessions forestières.

2. PRINCIPALES TECHNIQUES DE GENIE VEGETAL UTILISEES EN LUTTE ANTI-EROSION

2.1. Profilage de talus

Il s'agit généralement d'une étape préliminaire indispensable à toute intervention de végétalisation ou stabilisation. Le profilage des talus devrait idéalement être effectué en même temps que les travaux de génie civil.

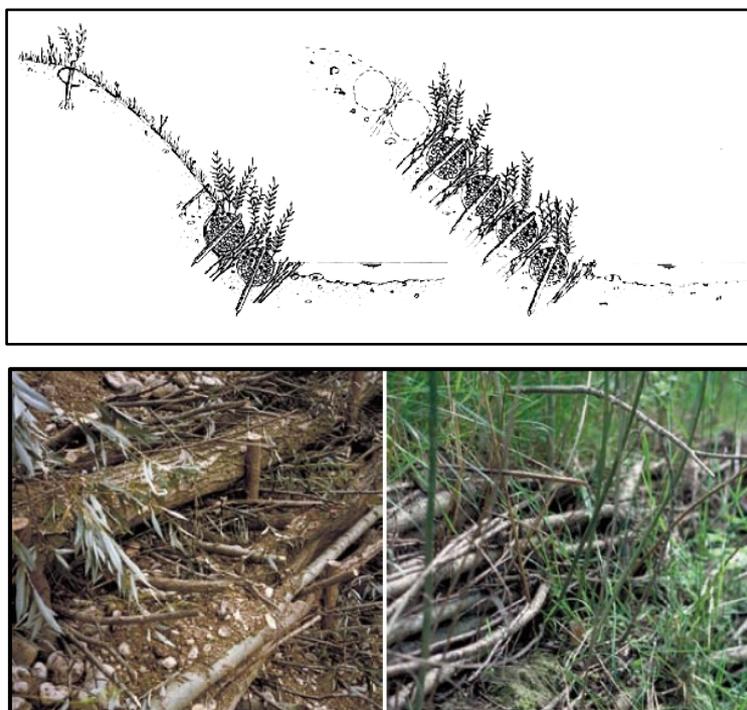
Pour ces travaux de talutage une pelleteuse doit être mise à disposition de l'équipe de génie végétal, dans le cas contraire une pelleteuse attribuée au génie civil lui sera prêtée.

2.2. Fascinage

Le fascinage a pour but de sécuriser les berges et les talus soumis à érosion. Par cette végétalisation, la circulation des eaux est ralentie et le départ de particules du talus / de la berge vers l'aval est nettement diminué.

Le matériel utilisé est principalement constitué de fascines vivantes et/ou de fascines mortes à noyau. En effet, la méthode consiste en la mise en place de fagots de branches inertes ou vivantes, et fixées à l'aide de pieux. On peut ensuite éventuellement recouvrir de terre.

Figure 1 : Schéma de principe d'un fascinage et photographie



2.3. Drainage des écoulements par génie végétal

Le drainage des écoulements par génie végétal a pour but, comme son nom l'indique, de « mieux » collecter et gérer les écoulements d'eaux de surface en aménageant les drains par des techniques de génie végétal qui ralentissent et cassent la vitesse d'écoulement de ces eaux.

Cette technique peut notamment être utilisée pour le drainage des fossés collecteurs d'eau le long des pistes.

Figure 2 : Fossés ouverts avec bois rond

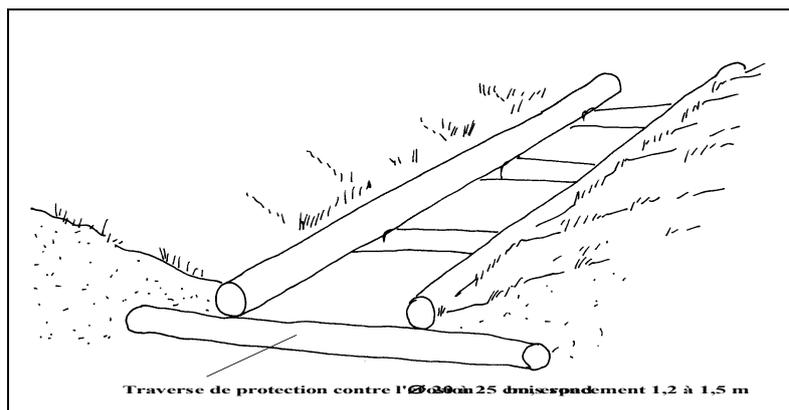
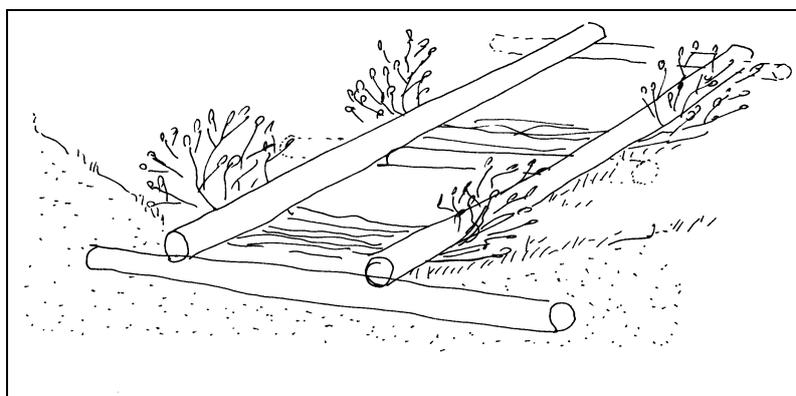


Figure 3 : Combinaison avec lits de plançons et de boutures



2.4. Treillage en bois

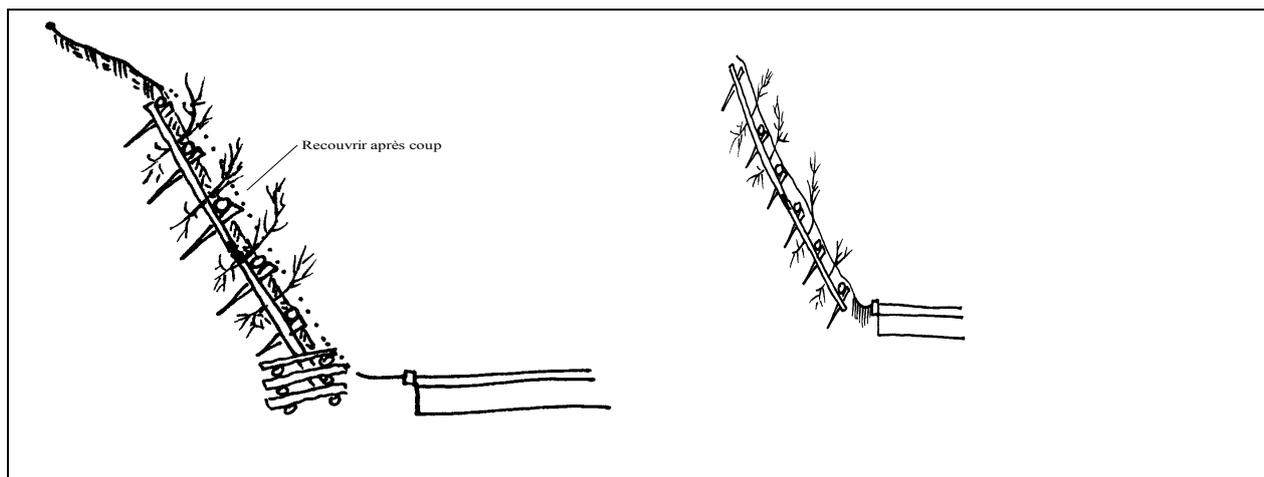
Un treillage fabriqué avec des troncs d'arbres permet de protéger des zones raides (déclivité maximale atteignant 1:1, exceptionnellement 1,5:1) contre l'érosion de surface et les glissements de terre et de pierres.

Cette technique s'avère judicieuse lorsque les mesures d'engazonnement et de génie biologique se révèlent insuffisantes ou lorsqu'il faudrait construire un trop grand caisson en bois.

En cas d'urgence, le treillage en bois est construit rapidement et déploie immédiatement tous ses effets. Il est fréquemment utilisé en combinaison avec le génie biologique pour :

- Consolider les talus routiers particulièrement raides et longs,
- Stabiliser les terrains humides soumis à des glissements.

Figure 4 : Profil en travers d'un treillage en bois



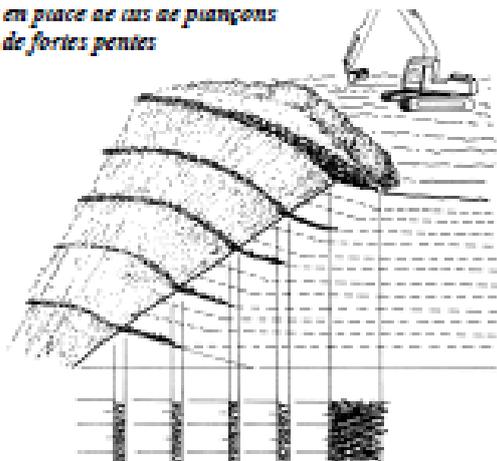
2.5.Lits de plants et plançons

Description de la méthode :

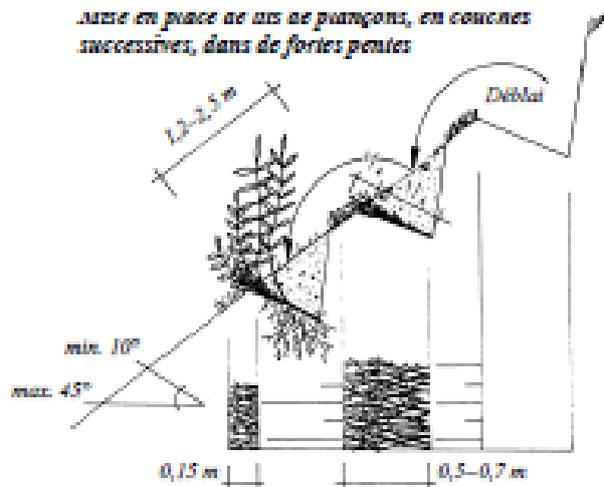
Pour l'assainissement d'une pente sujette au glissement, des branches de végétaux rejetables sont posées de bas en haut sur de petites bermes, au minimum à 50 cm de profondeur, compactées les unes contre les autres en les croisant, avec l'extrémité épaisse pressée dans le sol. Elles sont ensuite recouvertes par les matériaux extraits de la prochaine berme supérieure, eux même protégés par des géotextiles en fibre de coco biodégradable.

Figure 5 : Schéma de mise en place de lits de plants et plançons et photographies

Mise en place de lits de plançons dans de fortes pentes



Mise en place de lits de plançons, en couches successives, dans de fortes pentes



En remblai, des branches rejetables d'une longueur de 2 à 4 m sont posées sur une surface légèrement inclinée vers l'arrière en laissant dépasser les branches d'environ 10–20 cm. Ensuite, on poursuit le remblayage et le compactage jusqu'à la prochaine rangée. L'intervalle entre les rangs est déterminé selon le matériel de remblayage, la pente, la stabilité et la hauteur du remblai, jamais inférieure à 150 cm.

Dans les pentes sèches, les rangées sont posées horizontalement, dans les talus humides, on les pose en biais. L'espace entre les lignes peut être boisé.

Matériaux :

Utilisation de branches d'espèces ligneuses et leur ramilles, aptes à rejeter (diamètre 2–8 cm). Elles doivent être disposées à raison de 10 à 20 pièces par mètre. La pose des branches se détermine d'après la nature des sols :

- Dans les sols compacts, branches plutôt courtes (env. 60 cm),
- Dans les sols meubles et remblayés, branches plutôt longues (2–4 m),
- Dans les endroits où la croissance des plantes est particulièrement rapide, on peut utiliser jusqu'à 1/3 de branches mortes.

Effets :

L'effet d'enracinement en profondeur existant déjà lors de la mise en place de cette technique augmentera progressivement au cours du développement de la végétation. Les matériaux tombés seront retenus par les branches qui s'enracineront à leur tour. Les lits de plançons réduisent la vitesse de l'écoulement des eaux sur les sols et évitent l'érosion par ruissellement. Ils diminuent les mouvements du terrain, l'érosion et l'éboulement. Même les lits de plançons éboulés continuent à croître.

Avantages :

Cette méthode simple présente un effet en profondeur efficace. Les branches fortement ramifiées sont également utilisables. La méthode est encore plus simple et meilleur marché pour les remblais, parce que toutes les étapes de travaux peuvent être réalisées mécaniquement, sauf la pose des branches. Un autre avantage de cette méthode est la grande capacité de régénération lors de recépage.

Applications :

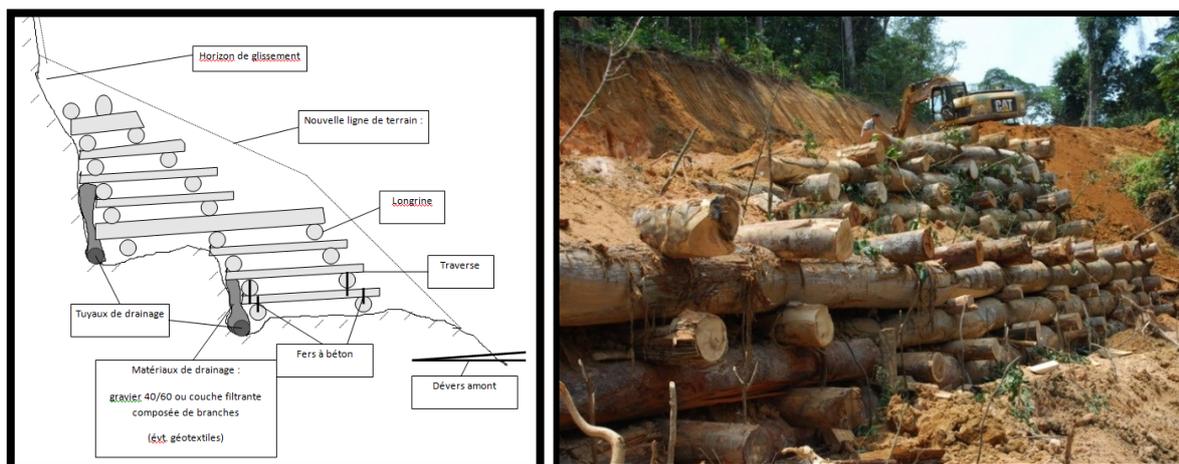
La méthode de construction est efficace et une consolidation des sites extrêmes est obtenue rapidement, particulièrement dans les terrains instables. Seule méthode de construction armée pour les digues pendant le remblaiement.

Cette méthode demande beaucoup de matériel vivant sous forme de branches rejetablees pouvant être prélevées en forêt à proximité du site de stockage.

2.6. Caissons en bois végétalisés

Les caissons végétalisés s'apparentent à une structure constituée de différents étages, eux-mêmes réalisés par deux rangées parallèles de rondins de bois appelés longrines, sur lesquelles sont fixés des rondins perpendiculaires appelés moises. Les caissons sont remplis de matériaux et végétalisés par des lits de branches prélevés sur place, ainsi que des plançons et arbustes provenant de pépinière locale.

Figure 6 : Schéma et photographie d'un caisson en bois végétalisé



De par leur structure, les caissons végétalisés offrent dès leur mise en place un rôle de soutien efficace à un talus et sont ainsi susceptibles de participer au maintien des sols et remblais supportant une infrastructure (routes, voie ferrée, bâtiment, etc.).

Leur utilisation constitue une technique adaptée à la tenue mécanique et à la végétalisation de talus de forte pente, et représente une excellente alternative à des ouvrages de soutènements de génie civil, murs ou gabions. De plus, étant donné l'utilisation de matériel végétal, les caissons s'adaptent à tous type de climats et de sols.

Pour ces travaux, une pelleteuse légère (8 à 10 tonnes), des tronçonneuses, des tirs-for, ou skidders doivent être mis à disposition de l'équipe de génie végétal.

2.7.Pose de géotextile

Pour certaines surfaces, des géotextiles biodégradables sont recommandés, en préalable aux travaux de génie végétal. Les géotextiles ont pour fonction de tenir le terrain en attendant que le système racinaire des plantes se développe.

Les géotextiles biodégradables sont des nattes constituées de fibres naturelles (coco ou jute). Leur emploi dans le domaine des techniques végétales est courant, notamment de part leurs avantages :

- Eviter tout risque d'érosion superficielle des sols avant la parfaite reprise des végétaux implantés ;
- Protéger les graines contre le lessivage des pluies ;
- Favoriser un démarrage optimal de la végétation par création d'un microclimat.

Figure 7 : Photographie de la pose d'un géotextile en fibre de coco (400 g/m²)



Il existe deux principales familles de géotextiles biodégradables utilisés fréquemment lors des travaux de génie végétal : les tissés et les non tissés.

Les géotextiles les plus utilisés sont en fibre de coco en raison de leur résistance aux déchirements.

Il s'agit d'un filet constitué par des cordes exclusivement composées de fibres végétales naturelles de jute/coco du type Euro-Textile réf 500. La largeur des lés (bandes de géotextiles) est généralement de 2 à 3 m, **obligatoirement sans couture**, et produit selon la norme ISO 9002.

2.8.Hydroseeding

L'ensemencement hydraulique ou hydroseeding est un procédé qui utilise l'eau comme support. Il s'agit d'épandre un mélange sur le sol à revégétaliser, composé de mulch (cellulose, paille, déchets organique etc.), de colloïdes (produit adhésif naturel), d'un engrais starter ou de longue durée et bien évidemment de semences.

Figure 8 : Technique de l'hydroseeding



L'ensemencement hydraulique est une technique notamment très adaptée lorsque de grandes / nombreuses surfaces sont à revégétaliser. Cette technique permet de travailler rapidement sur toutes sortes de terrain et elle garantit généralement un résultat optimal en un seul passage.

Pour ce type de travaux, le matériel nécessaire est le suivant :

- une machine à ensemerer ou hydroseeder : il s'agit d'une cuve auto-mélangeuse servant à préparer le mélange, associé à une pompe servant à le disperser ;
- un camion sur lequel l'hydroseeder est posé (le camion est mobilisé pour cette tâche).

NB : Les travaux d'hydroseeding nécessitent la conjonction de plusieurs facteurs : disponibilité et coût d'une machine, évaluation des surfaces, etc.

3. BILAN DU DIAGNOSTIC D'ÉROSION ET CHOIX DES SITES D'INTERVENTION

3.1. Choix des sites de travaux

La mission 1, qui s'est déroulée en décembre 2013, s'est attachée à livrer un diagnostic d'érosion sur les sites des deux entreprises.

La mission de diagnostic s'est étalée sur une durée d'environ 8 jours pour chaque entreprise.

Cette mission a mobilisée 2 experts de la société TEREA :

- Un expert en revégétalisation et techniques de stabilisation génie végétal ;
- Une experte en gestion des eaux.

Le diagnostic avait pour but de cerner les points de vulnérabilité face à l'érosion, tant d'un point de vue physique sur le terrain, qu'organisationnels vis-à-vis des pratiques de l'entreprise notamment.

Il a permis la mise en lumière d'une douzaine de points sensibles sur le terrain, pour chacune des entreprises :

- En forêt, le long de certaines pistes des CFAD pour L'ENTREPRISE 2, dans des zones d'exploitation (ravineurs sur pistes pentues en contexte sablonneux, creusement de lavakas) ;
- Davantage aux abords du site industriel pour L'ENTREPRISE 1, en bordure de plateformes nouvellement créées (ravineurs de talus aval) ;
- Et notons aussi une problématique érosive sur une piste forestière venant d'être fermée suite à la fin d'exploitation de la zone chez L'ENTREPRISE 1.

Du point de vue pratique, pour le choix du site à traiter ont été pris en considération la logistique, le matériel, et principalement la disponibilité d'engins de chantier adéquats.

Il est également apparu des besoins importants en temps de formation / encadrement de chantiers techniques de grande ampleur.

Etant donné les problèmes d'érosion rencontrés, de nouvelles techniques étaient à acquérir, principalement le montage de caisson en bois (paragraphe 2.6) et l'installation de lits de plants et plançons (paragraphe 2.5).

Tableau 1 : Récapitulatif des zones d'érosion principales observées au cours du diagnostic sur le site de l'ENTREPRISE 1

N° chantier	Date de diagnostic	Type d'érosion	Cause	Préconisations / Travaux à réaliser	Nombre de jours travaux estimés
PW_R_01	20/11/2013	ravines très profondes	Eaux pluviales	Aménagement de nombreux grands renvois d'eau pour diriger les eaux en direction d'exutoires aménagés en seuil pour freiner et dissiper l'énergie de l'eau. Les renvois d'eau pourront être démontés par le bull très facilement lors de la prochaine rotation de coupe.	8
PW_ZU_01	22/11/2013	ravinement dans talus aval de plateforme	talus à nu / eaux pluviales	- Reprofilage du talus - Protection partiel en géotextile - Fabrication de caissons en bois - Ensemencement hydraulique OU lits de plançons	6
PW_ZU_02	19/11/2013	ravinement de talus bord de plateforme	eaux pluviales / talus à nu	- Reprofilage du talus - Protection partiel en géotextile - Fabrication de caissons en bois - Ensemencement hydraulique OU lits de plançons	12
PW_ZU_03	22/11/2013	ravinement de talus	non protection du talus, eaux pluviales	- Reprofilage du talus - Protection partiel en géotextile - Lits de plançons - Ensemencement hydraulique	5
PW_ZU_04	22/11/2013	ravinement dans la pente	pente à nue / gestion des eaux	- reprofilage - pose de géotextile - bouturages - ensemencement hydraulique OU lits de plaçons	NE
PW_ZU_05	22/11/2013	ravinement de talus aval en bord de plateforme	obstacles dans les pentes à nue	- enlèvement des bois - Reprofilage - ensemencement hydraulique ou lits de plants et plançons	4
PW_ZU_06	12/03/2014	ravinement bord de talus	gestion des eaux pluviales	- reprofilage - montage d'un caissons en bois - végétalisation du caisson par lits de plançons	30
PW_ZU_07	22/11/2013	ravinements divers	présence de rondins dans les pentes	- Enlever les nombreux rondins de bois dans la pente - Reprofiler le talus - Ensemencer ou contruire des lits de plançons - Construire une cunette de collecte des eaux autour du parc	15
PW_ZU_08	23/11/2013	ravinement dans talus amont de piste	absence de couvert végétal par endroits	- Reprofilage léger du talus - revégétalisation (par ensemencement hydraulique ou construction de lits de plançons) - entretien	NE
PW_ZU_09	22/11/2013	Creusage des bords de buse	buse non protégée	Aménager la buse et son pourtour pour la protéger au mieux des écoulements de surface	1
PW_ZU_10	23/11/2013	affaissement dans talus amont piste	stock de bois trop près du bord	- éloigner le stock du bord - purger légèrement le talus - suivre l'évolution du talus (mensuellement en saison sèche toutes les 2 semaines en saison humide) - mettre en place un petit treillage en bois de soutènement	1
PW_ZU_11	22/11/2013	ravinement dans talus aval plateforme	talus à nu / déchets dans la pente	- reprofiler le talus - ensemencer hydrauliquement ou construire des lits de plançons	NE
PW_ZU_12	22/11/2013	ravinements de la buse	buse défectueuse / écoulement des eaux	- Démontage du bassin de réception - Construction du nouveau bassin et raccord avec les buses existantes - Aménagement de l'écoulement d'évacuation des eaux	5
PW_ZU_13	23/11/2013	ravinement de talus	talus à demi-nu, eaux pluviales	- reprofilage léger du talus - ensemencement hydraulique ou construction de lits de plançons	NE

Figure 9 : Photographies de quelques zones d'érosion majeures observées sur le site de l'Entreprise 1



Tableau 2 : Récapitulatif des zones d'érosion principales observées au cours du diagnostic sur le site de l'ENTREPRISE 2

N° chantier	Date de diagnostic	Type d'érosion	Cause	Préconisations / Travaux à réaliser	Nombre de jours travaux estimés
RM_01	07/11/2013	ravinements importants bord de piste	gestion des eaux défaillante / piste trop bombée	- reprofilage de la piste avec un seul dévers côté bas - pose de 28 dalots fermés sur 3 côtés (dalots préparés à la scierie) tous les 15 m - exutoire des dalots à aménager	13
RM_06_01	07/11/2013	Creusement d'un grand canyon en aval du camp	Gestion défaillante des eaux /	Construction d'un caisson en bois pour talus aval et réaménagement de la piste	20
RK_01	07/11/2013	lessivage de fines vers bords pont	gestion des eaux défaillante	construction bassin de décantation simple (avec des billes par ex.) et pose de fascines	2
RK_02	08/11/2013	érosion bord de piste amont et aval	gestion des eaux	gérer les eaux de surfaces par amplification des dispositifs existants (nouveaux exutoires, merlons, dalots tous les 15 m, etc.)	NE
RK_03	07/11/2013	lessivage de sédiments vers cours d'eau	gestion des eaux pluviales	- gestion des eaux pluviales amont à réorienter, de part et d'autres du pont - amélioration du dispositif de piégeage des sédiments	1
RK_04_01	08/11/2013	érosion massive accotement aval de piste	gestion des eaux défaillante	Construction d'un caisson en bois pour talus aval et réaménagement de la piste - construction d'un caisson en bois en pied de talus pour soutènement - construction de renvois d'eau et reprofilage de la piste	20
RK_04_02	08/11/2013	érosion massive accotement aval de piste	gestion des eaux défaillante	Construction d'un caisson en bois et réaménagement de la piste (linéaire = 250 m) - reprofilage de la piste - gestion des eaux pluviales - fourniture et pose de 15 dalots	4
RK_05	07/11/2013	lessivage de fines en bordures de pont	gestion des eaux pluviales amont	fascinage à améliorer	NE
RK_06	07/11/2013	érosion massive accotement aval piste	gestion défaillante des eaux /	aménagement de lits de plançons	2
RK_07	07/11/2013	aucune érosion actuellement constatée	gestion défaillante des eaux /	surveiller l'évolution du site	NE

Figure 10 : Photographies de quelques zones d'érosion majeures observées sur le site de l'Entreprise 2



Pour l'organisation des missions, c'est à l'issue de la mission 1 (mission de diagnostic) qu'il a été suggéré de travailler sur une unique mission pour la suite, étant donné l'ampleur des chantiers plus longs et techniques (30 jr au lieu de 2 x 15 jr pour chaque entreprise).

Sur les sites L'ENTREPRISE 1, il est apparu que le chantier PW_ZU_06, situé proche de l'usine était le plus intéressant à traiter du fait de la nécessité de stabiliser cette zone et de son intérêt du point de vue de la formation des équipes de l'entreprise. En accord avec la direction de L'ENTREPRISE 1, il a donc été décidé de se concentrer uniquement sur ce site qui nécessitait la réalisation d'un caisson en bois à compléter par la plantation de matériel végétal de type plants et plançons, ce qui permettait d'appréhender ces deux techniques.

Le diagnostic à proprement parler a mis en lumière plus d'une dizaine de points sensibles sur les sites de L'ENTREPRISE 2. Cependant, deux chantiers ont été définis comme ultra-prioritaires. Au final, seul le site RK_04, qui correspond au talus aval d'une piste qui menaçait de s'effondrer du fait d'une mauvaise gestion des eaux de ruissellement a été sélectionné. Etant donné l'importance des travaux à mettre en œuvre, le temps imparti (1 mois) limitait la réalisation à ce seul chantier. Sur ce site, la mise en place d'un caisson de bois avec une végétalisation finale par des plants et plançons a été préconisée, comme sur le site de L'ENTREPRISE 1.

3.2. Présentation du site à réhabiliter pour l'Entreprise 1

Les travaux proposés pour stabiliser les 109 mètres de talus consistent en la **pose de caissons en bois végétalisés**.

Leur pose nécessite les étapes suivantes :

- Etape 1 : terrassement du talus, de manière à creuser la fouille destinée à recevoir le caisson, et ce jusqu'au terrain naturel ;
- Etape 2 : mise en place sur toute la surface du fond de fouille de sciures de bois dur fournie par la scierie, et destinées à drainer le dessous du caisson en remplacement de matériaux latéritiques drainants ;
- Etape 3 : travaux de montage du caisson, de 109 m de long, 3 m de large et d'une hauteur moyenne de 5 m, en commençant par les longrines, puis les traverses, de la terre végétale, et des plançons de diverses espèces sélectionnées sur le site de CFAD pour végétaliser l'ensemble.

Figure 11 : Site PW_ZU_06, érosion à proximité de la scierie de l'Entreprise 1



3.3. Présentation du site à réhabiliter pour l'Entreprise 2

Les travaux ont été réalisés sur la route privée de la concession de l'entreprise forestière.

Le type de travaux retenu pour la formation est le montage d'un caisson en bois sur le tronçon de piste sélectionné par l'aménagiste en charge du dossier.

Les travaux proposés pour stabiliser les 35 mètres de talus consistent en la construction d'un caisson en bois, dans le but de faire de la terre armée destinée à soutenir la piste forestière. Le secteur retenu pour les travaux fera office de tronçon test pour les futurs travaux de stabilisations.

Les travaux préconisés nécessitent les étapes suivantes :

- Etape 1 : Enlèvement du remblai. Le terrassement en plein est très sensible et difficile, le terrain en-dessous de la route où sera construit le caisson est constitué de remblais poussés lors de la construction de la piste. Il est nécessaire de creuser jusqu'au terrain naturel sur lequel sera posé le caisson bois.
- Etape 2 : Une fois le terrassement terminé, commence la phase de montage du caisson en bois, par la pose d'un drainage et d'une buse sous l'ouvrage, la pose de longrines et de traverses, chaque longrine et chaque traverse sera entaillée à la tronçonneuse pour assurer une stabilité et le maintien de chaque pièce composant le caisson.

Figure 12 : Site RK_04, talus de bord de piste déstabilisé de l'Entreprise 2



3.4. Besoins en expertise

Les missions de diagnostic ont mobilisé deux experts (expert en génie végétal et expert en gestion des eaux) sur une durée totale d'environ 8 jours par concession. L'intervention de ces deux experts a été bénéfique dans le cas des deux entreprises diagnostiquées, puisque les phénomènes d'érosion étaient nombreux et de divers types, l'approche pluridisciplinaire (hydrologie / érosion et stabilisation par génie végétal) a donc apporté une réelle plus-value à la phase de diagnostic et permis d'affiner le dimensionnement des ouvrages.

Toutefois, dans le cas d'une ou quelques zones d'érosion majeures ciblées par une entreprise forestière, l'intervention du seul expert en génie végétal est possible.

Pour chacune des deux entreprises, le temps passé sur le terrain par l'expert en génie végétal était d'environ **8 jours**. A cela s'ajoute un temps d'environ **4 à 5 jours** pour la rédaction du rapport de diagnostic, qui comprend notamment le dimensionnement des travaux. Ce rapport comprend :

- type de technique de génie végétal à privilégier pour chaque zone d'érosion identifiée,
- définition de la géométrie des ouvrages à mettre en place,
- quantification du matériel nécessaire aux travaux,
- estimation du coût des travaux,
- production d'une fiche travaux pour chaque zone d'érosion. Cette dernière permet de récapituler la localisation de la zone d'érosion, l'origine de l'érosion, les préconisations pour la traiter, les moyens matériels et humains à mobiliser pour les travaux et des photos des désordres constatés.

On peut donc estimer pour la partie diagnostic de terrain, préconisations et dimensionnement des travaux, un temps d'intervention total d'un expert de **12 à 13 jours** pour une concession forestière sur laquelle, entre 10 et 15 zones d'érosion principales sont observées.

3.5. Bilan du diagnostic d'érosion

Les diagnostics ont donc mis en évidence une variété importante de formes d'érosion (lessivage et effondrements de bord de piste, érosion massive, creusement de canyon et lavakas,...) liée à **une gestion des eaux de surface souvent défectueuse**. Les problèmes principaux ont été rencontrés en bordure de pistes forestières ou à proximité des sites de transformation comme les plateformes de scieries, dont les eaux de ruissellement peuvent se concentrer en marges et ainsi favoriser des départs de matériaux vers le réseau hydrographique.

Par ailleurs, la nature des sols peut dans certains cas, renforcer leur vulnérabilité à l'érosion (cas des sols à texture sableuse, notamment observé dans le cas de l'ENTREPRISE 2).

La mise en œuvre de différentes techniques de génie végétal a donc été préconisée par TEREA pour chaque zone d'érosion observée, avec la production d'une fiche de travaux à mettre en œuvre pour chacune d'elles.

Néanmoins, les zones les plus dégradées nécessitaient des interventions lourdes, notamment par la mise en œuvre de caissons de bois. Ce type d'ouvrage volumineux nécessitant des temps de travaux importants, les chantiers ont été ciblés uniquement sur ces gros ouvrages de génie végétal.

4. BILAN DE LA REALISATION DES TRAVAUX

4.1. Rappel du planning

Pour chacune des deux entreprises, une mission 2 a été mise en œuvre afin de procéder à la réalisation des travaux, tout en formant les équipes des entreprises forestières à la réalisation de travaux de génie végétal.

Pour l'ENTREPRISE 1, la mission 2 a consisté en l'encadrement-formation d'un unique et très grand chantier assez technique en termes d'ouvrage en génie biologique, situé au niveau de la zone usine, au niveau du côté aval de la plateforme de la scierie. Sur ce site, un caisson en bois a été créé.

Pour l'ENTREPRISE 2, la mission 2 a consisté en l'encadrement-formation d'une équipe pour la stabilisation du talus aval d'une piste forestière grâce à la mise en place d'un caisson en bois.

Le déroulement de la mission 2 et de ses activités chez les exploitants forestiers est décrit ci-dessous :

- Revue générale du site pour constater ou non d'éventuelles évolutions et influencer sur les ordres de priorités dégagés lors de la 1^{ère} mission ou diagnostic initial ;
- Préparation, mise en place et encadrement des « travaux-formation » ;
- Revue finale des travaux.

Lors de la mission 2 chez l'ENTREPRISE 1, au mois de mars, des intempéries ont légèrement perturbé le déroulement et augmenté le temps des travaux, ainsi le formateur TEREA n'a pas pu encadrer le chantier jusqu'au bout. En effet, la réalisation des travaux au cours de la saison des pluies (mars-avril), a conduit à un léger retard dans la réalisation des chantiers.

Pour l'ENTREPRISE 2, suite à l'intervention de l'expert en génie végétal, il restait uniquement les travaux de protection de l'ouvrage vis-à-vis des eaux de ruissellement à mettre en œuvre (merlon et fossé).

4.2. Intervenants

Côté entreprises, les intervenants concernés directement et indirectement par les travaux-formations avaient principalement les postes suivants :

- Chefs des travaux routes ;
- Opérateurs travaux ;
- Conducteurs d'engin ;
- Journaliers (mains d'œuvre) ;
- Responsables Développement Durable ;
- Aménagiste forestier ;
- Directeur d'exploitation ;
- Responsable construction.

Plus globalement, tous les personnels intervenant directement sur le terrain dans les équipes d'avance-route ont été les premiers concernés par la formation sur le terrain.

L'entreprise TEREA a mobilisé un expert spécialisé en revégétalisation / érosion, Pierre ROTA, qui a donc endossé le rôle de chef de travaux-formateur durant toute la durée des chantiers.

4.3. Machines, outillages, matériaux et provenance

4.3.1. Machines et outillages

Pour la réalisation des chantiers de formation, les équipes des entreprises ont utilisé les machines et véhicules suivants :

- tronçonneuses ;
- véhicule léger (pick up) ;
- pelleteuse ;
- skidder ;
- tracteur (avec ou sans remorque pour le transport des matériaux) ;
- camion (grumier) pour le transport du bois de la forêt au site de construction du caisson.

Un petit compacteur aurait pu être utile à la réalisation des travaux, car le compactage au godet de pelleteuse, même s'il est faisable, reste moyennement efficace. Le compacteur optimise évidemment cette opération.

4.3.2. Matériaux et provenance

4.3.2.1. Quantités estimées et consommées

Les matériaux proposés pour les travaux étaient principalement les suivants :

- Du bois, pour construire des longrines et moises (caissons en bois anti-érosif) ;
- Des fers à béton pour fixer les différentes pièces de bois ;
- Du géotextile pour couvrir et protéger les surfaces à nues de l'érosion ;
- Du matériel végétal vivant type branchages et boutures pour végétaliser les surfaces...

Ci-dessous en exemple les matériaux initialement prévus et utilisés chez l'ENTREPRISE 1 :

Tableau 3 : Provenance des matériaux et quantités totales initialement estimées - L'ENTREPRISE 1

Libellé	Provenance	Unité	Coût unitaire	Quantité estimée	Coût estimatif (CFA)	Quantité effectuée	Fournisseur
Bois pour longrines et moises	CEB	m ³	-	180	-		ENTREPRISE 1
fer à béton Ø 14 mm L. 6m	local	pce	8 000	5	40 000		à déterminer
géotextile coco 400 gr/m ² larg. 3m	international	m ²	2 200	1000	2 200 000		à déterminer
COUT TOTAL ESTIMATIF (CFA) =					2 240 000		

Tableau 4 : Provenance des matériaux et quantités totales finalement utilisées - L'ENTREPRISE 1

Libellé	Provenance	Unité	Coût unitaire	Quantité estimée	Coût estimatif (CFA)	Quantité effectuée	Fournisseur
bois pour longrines et moises	forêt / scierie	m ³	-	280	-		ENTREPRISE 1
fer à béton Ø 14 mm L. 6 m	local	pce	8 000	-	-		à déterminer
géotextile coco 400 gr/m ² larg. 3m	international	m ²	2 200	-	-		à déterminer
branchages / boutures	forêt	pce	-	2 000	-		ENTREPRISE 1
branchages / boutures (L. 2 à 3 m)	forêt	pce	-	24 000	-		ENTREPRISE 1
branchages / boutures (L 60 à 80 cm)	forêt	pce	-	3 200	-		ENTREPRISE 1
COUT TOTAL ESTIMATIF (CFA) =					0		

Les matériaux initialement prévus et finalement utilisés pour les travaux sur la concession de L'ENTREPRISE 2 sont décrits au Tableaux 3 et 4.

Tableau 5 : Provenance des matériaux, quantités totales initialement estimées - L'ENTREPRISE 2

Libellé	Provenance	Unité	Coût unitaire	Quantité estimée	Coût estimatif (CFA)	Quantité effectuée	Fournisseur
(géotextile coco 400 gr/m ² larg. 3m)	international	m ²	2 200	100	220 000		à déterminer
fer à béton Ø 14 mm L. 6 m	local	pce	7 000	3	21 000		à déterminer
bois pour longrines (L. 10-15 m et Ø 30-50 cm) et traverses (L. 3m Ø 30-50)	forêt	m ³	-	150	-		ENTREPRISE 2
branches rejeteables	forêt	pce	-	5000	-		ENTREPRISE 2
location pelleuseuse	local	jr	450 000	13	5 850 000		à déterminer
COUT TOTAL ESTIMATIF (CFA) =					6 091 000		

Tableau 6 : Provenance des matériaux, quantités totales finalement utilisées - L'ENTREPRISE 2

Libellé	Provenance	Unité	Coût unitaire	Quantité estimée	Coût estimatif (CFA)	Quantité effectuée	Fournisseur
location pelleuseuse	local	mois	14 000 000	1	14 000 000	1	ENTREPRISE 2
bois pour longrines et traverses	local	m3	0	150 à 200	0	150 à 200	ENTREPRISE 2
plançons	local	nb	0	300-400	0	300-400	ENTREPRISE 2
COUT TOTAL ESTIMATIF (CFA) =					14 000 000		

Pour les deux concessions, les matériaux utilisés ont finalement tous été approvisionnés depuis le site des entreprises.

4.3.2.2. Note sur le géotextile

Le géotextile, s'il avait été initialement prévu parmi les matériaux d'exportation, n'a finalement pas été utilisé, en raison de son coût d'achat et de transport vers le Gabon notamment. Son rôle premier est de fixer les sols à nus en remplaçant le système racinaire des plantes, ce qui permet ainsi de drainer les eaux de surface en ralentissant leur vitesse d'écoulement tout en facilitant l'installation de la végétation qui jouera ensuite ses rôles protecteurs.

Le géotextile permet de s'assurer que les éventuelles pluies qui surviennent durant et juste après les travaux, puis sur le plus long terme, ne dégradent pas l'ouvrage notamment par une meilleure rétention de la terre que par les seuls branchages.

Sans géotextile, il faut aller plus vite lors des travaux, car les terrains à nus sont vulnérables et il faut aussi le « remplacer » par des branchages (en quantité bien plus importante pour densifier la végétalisation). L'impact de la non-utilisation du géotextile a été particulièrement remarqué sur le site

L'ENTREPRISE 1 où une zone à protéger de l'érosion est restée à nue lors de pluies, les talus générant alors des écoulements de particules ce qui a conduit à leur dégradation. Il a fallu en reprendre une partie.

Durant ce premier appui, le principal avantage a été l'utilisation de matériaux uniquement locaux, et de matériel végétal (bois / boutures / branches rejetables) localement prélevés au sein des CFAD des exploitants.

Néanmoins, la non-utilisation de géotextile peut parfois s'avérer périlleuse pour les chantiers de grande ampleur. S'il représente peu de gain en termes de temps de pose par exemple, il offre cependant des garanties nettement supérieures en termes de tenue des sols.

De même, les fers à béton n'étant pas disponibles au moment des travaux, les longrines et moises ont dues être « travaillées » de manière à s'emboîter.

4.4. Finalisation des ouvrages

4.4.1. Caisson en bois réalisé sur le site de l'Entreprise 1

A l'issue de la mission de l'expert en génie végétal, environ 7 jours de travaux étaient nécessaires pour la finalisation de l'ouvrage.

Dans son état final, le caisson en bois réalisé sur le site de l'ENTREPRISE 1, présente les dimensions suivantes :

- Longueur : 109 m ;
- Largeur : 4 m ;
- Hauteur : 5 m ;
- Volume total, estimé à 1 600 m³.

Figure 13 : Photographie du caisson de bois réalisé sur le site de l'Entreprise 1 en cours de finalisation



4.4.2. Caissons en bois réalisés sur le site de l'Entreprise 2

A l'issue de la mission de l'expert en génie végétal, environ 2 jours de travaux étaient nécessaires pour la finalisation de l'ouvrage.

Dans son état final, le caisson en bois réalisé sur le site de l'ENTREPRISE 2, présente les dimensions suivantes :

- Longueur : 35 m ;
- Largeur : 5 m ;
- Hauteur : 6 m ;
- Volume total, estimé à 1 000 m³.

Figure 14 : Photographies du caisson de bois réalisé sur le site de l'entreprise 2 en cours de finalisation



Les **fiches travaux** récapitulant les quantités et le personnel mobilisé ainsi que des photographies de l'évolution des chantiers sont données en Annexes du présent rapport.

4.5. **Problèmes rencontrés**

Il n'y a pas eu de problème majeur lors des travaux-formation. Les points ci-dessous font davantage office de remarques constructives pour tous pour ce genre de travaux / mission du même genre à l'avenir :

- Temps d'organisation court pour que les entreprises préparent le matériel en amont du chantier avant l'arrivée de l'expert (approvisionnement en matériaux,...) qui a entraîné des problèmes d'organisation et de logistique lors de la phase de travaux et de formation ;
- Au début des travaux sur site L'ENTREPRISE 1, n'a pas pu mettre de véhicule à disposition pour l'équipe, or il est difficile de faire sans en termes de gestion d'urgences en tout genre (urgences matérielles, sécurité, etc.) ;
- Absence d'un petit compacteur ;
- Le fait de ne pas avoir pu utiliser de géotextile, ni de fers à bétons, ne permet de garantir une pérennité optimale de ces ouvrages de génie végétal.

4.6. Estimation du coût des travaux

Afin d'aider les exploitants, des estimations du coût des travaux ont été réalisées.

Tableau 7 : Estimation du coût des travaux pour l'ENTREPRISE 1 – Chantier PW_ZU_06

Personnel	Machine	unité	quantité réalisée	Salaire mensuel de références*	coût unitaire	coût total
Chef de Travaux Formateur TEREA		jr	28		Prise en charge PPECF	-
Chef d'équipe avance route 1			34	700 000	29 371 CFA/jr	998 601 FCFA
Chef d'équipe avance route 2			28	700 000	29 371 CFA/jr	822 378 FCFA
Conducteur d'engins (tracteur)		jr	28	500 000	20 979 CFA/jr	587 413 FCFA
Abatteur		jr	34	500 000	20 979 CFA/jr	713 287 FCFA
Main d'œuvre 1		jr	34	250 000	10 490 CFA/jr	356 643 FCFA
Main d'œuvre 2		jr	34	250 000	10 490 CFA/jr	356 643 FCFA
SOUS-TOTAL PERSONNEL					19%	3 834 965 FCFA
	Pelle hydraulique (1)	jr	34		300 000 CFA/jr	10 200 000 FCFA
	Grummiér (1)	jr	3		180 000 CFA/jr	540 000 FCFA
	Pick-up (1)	jr	15		50 000 CFA/jr	750 000 FCFA
	Tracteur avec benne basculante (1)	jr	28		150 000 CFA/jr	4 200 000 FCFA
	Chargeur à pneu (1)	jr	3		325 000 CFA/jr	975 000 FCFA
SOUS-TOTAL ENGIN DE CHANTIER					81%	16 665 000 FCFA
TOTAL					100%	20 499 965 FCFA

* Salaire mensuel de référence : comprend les charges sociales (salariales et patronales), les congés, les impôts,...

Tableau 8 : Estimation du coût des travaux pour l'ENTREPRISE 2 – Chantier RK_04

Personnel	Machine	unité	quantité réalisée	Salaire mensuel de références*	coût unitaire	coût total
Chef de Travaux Formateur TEREA		jr	25		Prise en charge PPECF	-
Aménagiste		jr	22	3 000 000	138 462 CFA/jr	3 046 154 FCFA
Conducteur d'engins (skidder)		jr	4	500 000	20 979 CFA/jr	83 916 FCFA
Abatteur		jr	25	500 000	20 979 CFA/jr	524 476 FCFA
Main d'œuvre 1		jr	28	250 000	10 490 CFA/jr	293 706 FCFA
Main d'œuvre 2		jr	28	250 000	10 490 CFA/jr	293 706 FCFA
Main d'œuvre 3		jr	28	250 000	10 490 CFA/jr	293 706 FCFA
SOUS-TOTAL PERSONNEL					21%	4 535 664 FCFA
	Pelle hydraulique (1)**	jr	31		450 000 CFA/jr	13 950 000 FCFA
	Grummiér (1)	jr	1		180 000 CFA/jr	180 000 FCFA
	Pick-up (1)	jr	22		50 000 CFA/jr	1 100 000 FCFA
	Skidder (1)	jr	4		315 000 CFA/jr	1 260 000 FCFA
	Chargeur à pneu (1)	jr	1		325 000 CFA/jr	325 000 FCFA
SOUS-TOTAL ENGIN DE CHANTIER					79%	16 815 000 FCFA
TOTAL					100%	21 350 664 FCFA

* Salaire mensuel de référence : comprend les charges sociales (salariales et patronales), les congés, les impôts,...

** Pelleteuse en location avec chauffeur

Les tarifs horaires des personnels du tableau ont été calculés sur la base des estimations suivantes (en salaire net mensuel + charges salariales et patronales, impôts et congés payés), et que l'entreprise est évidemment libre de corriger selon ses propres valeurs afin d'avoir un estimatif-travaux au plus près de ses réalités financières :

- Aménagiste : ~ 3 000 000 CFA/mois
- Chef d'équipe avance route : ~700 000 CFA/mois
- Conducteur d'engin : ~500 000 CFA/mois
- Abatteur : ~500 000 CFA/mois
- Journalier : ~250 000 CFA/mois

Les coûts journaliers des machines sont des estimations réalisées à partir des couts d'amortissement des engins fournis par l'ENTREPRISE 1 et appliquée aux deux entreprises. Ces tarifs prennent en compte, le cout d'amortissement du matériel sur 4 ans, le cout de l'entretien des engins et du renouvellement des consommables (pneus, trains de chaîne).

Les couts liés aux travaux à finaliser par chacune des deux entreprises ont été intégrées au sein des tableaux d'estimation des couts des 2 chantiers.

Le chantier de création d'un caisson de bois sur la concession de L'ENTREPRISE 2 a un cout de revient plus élevé que pour le caisson de bois réalisé sur la concession de L'ENTREPRISE 1, malgré un chantier moins important en terme de volume d'ouvrage et de temps de travaux. Ceci est principalement attribuable au fait que L'ENTREPRISE 2 ne possède pas de pelleteuse sur sa concession forestière, elle a donc due louer ce matériel pendant une durée d'un mois (environ 14 millions de CFA), soit 65 % du cout total du chantier.

Pour les deux concessions, comme pour tout ouvrage d'art ou de génie civil, la mobilisation des engins de chantier représente la plus grosse partie de la dépense, soit environ 80% du montant total.

Chaque chantier de génie végétal comporte ces propres contraintes (distance par rapport au camp de base, disponibilité de matériaux forestiers à proximité,...), les couts des ouvrages peuvent donc varier de façon importante d'une concession à une autre. En effet, outre le cout de location de la pelleteuse dans le cas des travaux réalisés sur la concession de l'ENTREPRISE 2 qui alourdi le cout des travaux, le chantier était situé à une distance importante de la base vie, et l'accès au bois nécessaire aux travaux était plus difficile¹ que sur le chantier de la concession de l'ENTREPRISE 1 qui était situé à proximité de la scierie de la société.

Néanmoins, afin de tirer un bilan financier de la réalisation des caissons en bois, le volume des ouvrages a été comparé à leur cout de revient.

Tableau 9 : Estimation des couts en CFA/m³ des caissons en bois

Chantier	Volume approximatif de l'ouvrage (m3)	Cout de revient de l'ouvrage (CFA)	Cout de l'ouvrage (CFA/m3)
ENTREPRISE 1	1 600	20 499 965	12 812
ENTREPRISE 2	1 000	21 350 664	21 351

On constate donc que le cout de revient de l'ouvrage réalisé sur la concession est presque deux fois plus faible que sur la concession de L'ENTREPRISE 2, principalement pour les motifs évoqués précédemment (location pelleteuse, temps d'accès au chantier,...).

¹ Dans ce type de concession, les bois durs sont très disséminés.

On peut donc estimer, à une fourchette comprise entre 12 000 CFA/m³ et 21 000 CFA/m³ le cout de réalisation des travaux de construction d'un caisson en bois. La fourchette basse peut être appliquée sur des concessions forestières ou l'exploitant possède une pelleteuse et dont les conditions d'accès au chantier sont assez faciles, la fourchette haute pouvant être plutôt appliquée à la réalisation d'un caisson en bois pour une entreprise ne possédant pas de pelleteuse, et dont les conditions d'accès au chantier nécessitent des durées de trajet importantes.

Il est à noter que le cout de mobilisation du personnel représente environ 20 % du montant total des travaux, or les salaires de base moyens varient sensiblement dans les pays du bassin du Congo.

Pour les entreprises forestières situées hors du Gabon, le cout de mobilisation du personnel n'est donc pas forcément réaliste.

4.7. Durée des travaux

Les travaux sur les deux concessions, en intégrant la durée des travaux restantes se sont échelonnés sur une période de :

- 34 jours pour le caisson en bois réalisé sur la concession de L'ENTREPRISE 1 ;
- 31 jours sur la concession de L'ENTREPRISE 2.

Ces durées ont été ramenées au volume de chacun des ouvrages :

- Caisson de bois L'ENTREPRISE 1 : 0,021 jours/m³ ;
- Caisson en bois de L'ENTREPRISE 2 : 0,031 jours/m³.

Ces ratios permettent de donner une fourchette de la durée des travaux de construction d'un caisson en bois en concession forestière en fonction de la dimension prévisionnelle (volume total) des ouvrages.

On constate que ce ratio est également très variable d'une concession à l'autre, et dépend notamment des conditions d'accès du chantier et de la disponibilité des matériaux à proximité de ce dernier.

NB : Il est à noter qu'une meilleure préparation des travaux en amont (préparation, transport des longrines) permettrait d'augmenter ce ratio.

4.8. Entretien des ouvrages

Suite à la construction des ouvrages de génie végétal tels que des caissons de bois, il est nécessaire de mettre rapidement en place des aménagements de gestion des eaux pluviales et de ruissellement afin de les protéger.

Une fois ces aménagements efficacement mis en œuvre, les caissons en bois ne demandent aucun entretien, la végétation va progressivement se développer et permettre une fixation pérenne des terrains.

Etant donné l'absence de géotextile sur les ouvrages construits, une surveillance de ces derniers, notamment au cours de la première saison des pluies suivant leur construction est nécessaire.

Il sera également important de veiller à l'entretien régulier du réseau de gestion des eaux pluviales de la piste et de la plateforme à proximité de chacun des ouvrages afin que celui-ci ne se charge pas en eau.

5. BILAN DE LA FORMATION

5.1. Déroulement de la formation

Son but était de former et sensibiliser le personnel concerné à une technique de lutte antiérosive bien spécifique, la technique végétale dite des caissons en bois, et non encore pratiquée par les exploitants forestiers. La formation a permis à l'équipe de participer concrètement à la construction d'un tel ouvrage ainsi qu'à son dimensionnement.

5.1.1. Mission 1 de formation

Pour chacune des entreprises, suite à la mission de diagnostic, un volet formation a été dispensé aux équipes avance route. Ce volet formation s'est déroulé sur deux journées consécutives, comme suit :

- Une journée de formation de base théorique, en salle, avec présentation des types d'érosion et des moyens de luttés par voie génie végétale ;
- Une journée d'application pratique, sur le terrain.

5.1.2. Mission 2 de formation

L'aspect formation lors de l'appui a été majoritairement réalisé en pratique, lors de la 2^{ème} mission, pendant près de 30 jours directement lors des travaux de lutte contre l'érosion sur le terrain. La participation du personnel des entreprises à la construction d'ouvrages assez techniques a permis de les former à la réalisation de chantiers de stabilisation par des méthodes de génie végétal, et notamment la technique des caissons de bois, et partiellement celles des lits de plants et plançons, puisque les caissons ont in fine été végétalisés par des plançons.

Au-delà de l'acquisition d'une technique, la présence de l'expert a permis l'acquisition d'apports implicites à la mission de diagnostic (mission 1), au cours des échanges, tels que :

- Le sens de l'observation des exploitants face aux problèmes érosifs ;
- Le suivi plus prononcé des sites sensibles ;
- L'importance de la gestion des eaux (densité des ouvrages par exemple) ;
- Etc...

5.2. Validation

L'expert a remis aux participants une attestation telle que celle présentée ci-dessous :

Figure 15 : Attestation de formation remise aux agents L'ENTREPRISE 1



5.3. Problèmes rencontrés

Globalement, le volet formation s'est bien déroulé pour les deux entreprises, et les objectifs fixés en termes de formation du personnel ont pu être atteints.

Néanmoins, sur le chantier réalisé sur le site de l'ENTREPRISE 2, l'exploitant forestier ne disposant pas de pelleuse, ce matériel a dû être loué avec un chauffeur.

Ce chauffeur ne faisant pas partie du personnel de l'entreprise forestière, la formation de ce dernier n'a donc pas permis de capitaliser le savoir-faire de ce chauffeur au sein de l'ENTREPRISE 2.

Pour ce type de formation, il est donc souhaitable que l'entreprise forestière dispose d'une pelleuse, ce qui d'une part permet de minimiser les coûts des chantiers de revégétalisation et d'autre part s'avère très utile pour les équipes de génie civil et est préconisé pour les techniques d'exploitation forestière à impacts réduits.

5.4. Durée de la formation

La formation doit idéalement se dérouler en deux temps :

- Une **première formation** qui fait directement suite à la phase de diagnostic. Celle-ci est courte (2 jours pour chaque site) et permet d'appréhender de façon générale les problématiques d'érosion et leur résolution par des méthodes génie végétale en employant principalement des matériaux disponibles localement ;
- Une **deuxième formation** plus approfondie qui consiste pour les employés à prendre part aux travaux de stabilisation de zones d'érosion par des techniques de génie végétal (30 jours pour les missions de travaux menées dans les deux entreprises forestières).

La phase de formation mobilise donc l'expert en génie végétal et les employés y participant sur une durée totale d'environ 32 jours.

5.5. Propositions d'amélioration de la formation

Pour les deux entreprises, même si le volet formation s'est bien déroulé, on peut regretter que les employés aient été formés sur une seule technique de génie végétal, c'est-à-dire la méthode de stabilisation par des caissons en bois. La végétalisation de ceux-ci par des plançons, a également permis d'appréhender la méthode dite « des lits de plants et plançons ».

En effet, pour les deux entreprises forestières, les zones d'érosion les plus urgentes à traiter nécessitaient la réalisation de caissons de bois, ouvrages de grandes dimensions qui demandent un temps d'intervention important.

A partir des expériences de formation aux techniques de génie végétale du personnel de deux concessions forestières, TEREA propose les aménagements suivants afin d'améliorer le volet formation et notamment l'acquisition de diverses techniques de génie végétal :

- La première mission de formation pourrait être légèrement aménagée comme suit, sur une durée totale de 3 jours au lieu de 2 jours. Cette formation serait également menée par l'expert en revégétalisation directement suite à la phase de diagnostic :
 - Jour 1 : formation théorique sur les enjeux et objectifs de la stabilisation par des techniques de génie végétal. Et présentation des principales techniques utilisées ;
 - Jour 2 : visite de terrain des principales zones d'érosion observées avec le personnel à former (journée supplémentaire par rapport à ce qui a été effectué) ;
 - Jour 3 : réalisation avec le personnel à former, au moins partielle, d'un petit chantier de stabilisation sur une des zones d'érosion, ce qui permet d'acquérir un premier savoir-faire technique en génie végétal ;
- La deuxième formation serait idéalement dispensée sur plusieurs zones nécessitant l'utilisant de diverses techniques de génie végétal afin que le personnel se familiarise avec plusieurs techniques de stabilisation.

6. CONCLUSIONS

La stabilisation des sols par des méthodes de génie végétal est couramment employée sur des sites miniers et pétroliers. En revanche, l'expertise liée à ce type d'intervention reste très peu fréquente dans le cadre des chantiers d'exploitation forestière. A ce titre, les diagnostics et travaux réalisés sur les sites des deux entreprises forestières sont novateurs.

La gestion des problèmes d'érosion en concession forestière par des techniques de génie végétal se déroule en trois étapes principales :

- Une phase préalable de **diagnostic** visant à repérer les principales zones d'érosion et à proposer des moyens d'intervention, prioriser les travaux et effectuer un estimatif des coûts (durée approximative de 5 à 8 jours sur le terrain plus la rédaction d'un rapport de diagnostic) ;
- Une phase de **formation** qui passe par une première mission de formation théorique aux principales techniques de génie végétal (1 à 2 jours) et ensuite à la mise en pratique lors de la phase travaux proprement dite (qui s'étend pendant toute la durée des travaux) ;
- Une phase de réalisation des **travaux** qui correspond à une période de mobilisation importante de personnel et d'engins de chantiers. Cette phase est la plus coûteuse pour l'entreprise du point de vue financier, mais également celle qui nécessite la plus grande durée (environ 1 mois pour un ouvrage de type caisson de bois).

La réorganisation de l'appui, qui devait se dérouler en 3 missions initialement, a été bénéfique car elle a permis de réduire les jours non productifs de transports et elle a facilité l'organisation des missions. D'un point de vue organisationnel, un délai plus long entre la première et la deuxième mission dans chaque entreprise aurait laissé plus de temps aux entreprises pour s'organiser.

Il est à noter que les caissons en bois sont idéalement réalisés en utilisant du matériel spécifique, et notamment du géotextile et des fers à bétons. Ces matériaux permettent de garantir la stabilisation des ouvrages. Néanmoins du fait de leur indisponibilité sur les chantiers, probablement à cause du coût de cette matière, l'expert a dû s'adapter aux moyens mis à disposition tout en construisant des ouvrages de qualité.

Il reste cependant important que suite à la finalisation des caissons en bois, il soit procédé à des observations sur le terrain afin d'évaluer leur efficacité/robustesse plusieurs mois après leur construction et notamment après la saison des pluies. La protection des caissons en bois doit être effectuée par un réseau de drainage des eaux de ruissellement adéquate et régulièrement entretenu afin d'assurer la pérennité de ces ouvrages.

Les différents travaux préconisés lors de la mission de diagnostic qui n'ont, faute de temps, pas pu être mis en œuvre avec appui de l'expert en génie végétal, seraient à mettre en œuvre par les entreprises forestières.

Enfin, cette période de formation a permis aux forestiers de constater l'importance de ces travaux et d'évaluer leur incidence en termes d'expertise et de mise à disposition des ressources humaines et des engins. Le fait que ce genre de travaux soit lourd, a amené les forestiers à réfléchir sur ces questions de lutte érosive. En effet, bien que ces travaux soient nécessaires en cas de forte érosion, et parfois imposés dans le cadre d'audits de certification, il paraît important d'anticiper les phénomènes d'érosion au travers d'une meilleure préparation de chantier de construction de routes qui permettrait de limiter ce genre de dégâts. Etudier la topographique, l'hydrologique et l'érodabilité des sols permettrait en effet de mieux évaluer les ouvrages de gestion des eaux à mettre en place et les dimensionner afin d'éviter que des mesures correctives de la sorte deviennent nécessaires.

7. PERSPECTIVES

Les idées de perspectives à ce premier projet sont larges. Balayons-en quelques-unes en guise de clôture de cet appui PPECF :

- La multiplication du projet d'appui dans d'autres entreprises de la région d'Afrique Centrale, dans le but de cerner les aspects, problèmes, solutions redondants ou non ;
- La production d'un guide technique à destination des entreprises forestières opérant dans le bassin du Congo ciblant les problématiques rencontrées et récurrentes, et présentant des solutions et des recommandations techniques génériques, en intégrant :
 - En amont : des études préalables de conception des infrastructures routières sur les concessions forestières afin d'anticiper les problématiques d'érosion. Ces études doivent comprendre une analyse topographique, hydrologique et de la sensibilité des sols à l'érosion pour le dimensionnement des pistes et des ouvrages de gestion des eaux ;
 - En aval : le diagnostic des problèmes critiques d'érosion, le choix et le dimensionnement des ouvrages à mettre en place pour solutionner les problèmes d'érosion en concession forestière.

8. ANNEXES : FICHES TRAVAUX

Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 1	OPERATION : Diagnostic		Pays : Gabon
Maître d'œuvre : TERA	PW_ZU_06		Site : Site de l'ENTREPRISE 1
Entrepreneur : ENTREPRISE 1	CARACTERISTIQUES GENERALES DES EROSIONS		Date démarrage : 12/03/2014
<u>LOCALISATION DES EROSIONS</u>			
Réf. Rougier :	Zone Usine - Entre parcs C & K		
Lieu Rougier :	talus inférieur entre parc C & K	Coordonnées du X (UTM-WGS84) :	XXXX
Type d'érosion :	ravinement bord de talus	centroïde du Y (UTM-WGS84) :	XXXX
Cause :	gestion des eaux pluviales	chantier Z (m NGC) :	301 m
Nature du site :	plateforme industrielle de stockage bois		
Type de sol :	terreux couvert de latérite		
<u>DESCRIPTION DES EROSIONS</u>			
Descriptif des érosions	Préconisations / Travaux à réaliser	Période d'intervention	
ravinement important de tout le bord de la plateforme (car non protégée / eaux pluviales) (longueur estimée : 60 m ; largeur estimée 6 m) Suite à revue du site, plus grande longueur concerné : longueur = 109 m ; largeur = 3 m ; hauteur = 5 m ➔ D'où choix de ce chantier pour phase travaux / formation	- reprofilage - montage d'un caissons en bois - végétalisation du caisson par lits de plançons	saison sèche préconisée ➔ réalisé en Mars/Avril 2014	

Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 1	OPERATION : Travaux / Formation	Pays : Gabon
Maître d'œuvre : TERA		Site : Site de l'ENTREPRISE 1
	RECAPITULATIF DES MOYENS A METTRE / MIS EN ŒUVRE	
Entrepreneur : ENTREPRISE 1		Date démarrage : 12/03/2014

CONSOMMABLES NECESSAIRES / REELS AUX TRAVAUX

Libellé	Provenance	Unité	Coût unitaire	Quantité estimée	Coût estimatif	Quantité effectuée	Fournisseur
Bois pour longrines et moises	CEB	m ³	-	330	-	280	ENTREPRISE 1
fer à béton Ø 14 mm L. 6m	local	pce	8 000	5	40 000	0	à déterminer
géotextile coco 400 gr/m ² larg. 3m	international	m ²	2 200	1000	2 200 000	0	à déterminer
							<i>Remarque : finalement non utilisés (fer à béton remplacés par encoches dans le bois)</i>
COUT TOTAL ESTIMATIF =					2 240 000.00		

MOYENS HUMAINS ET MATERIELS NECESSAIRES / REELS AUX TRAVAUX

Libellé	Unité	Quantité estimée	Quantité effectuée	Quantité restante	Entreprise
<i>Personnel</i>					
Chef de Travaux Formateur TERA	jr	32	28		TEREA/PPECF
Chef d'équipe Avance Route 1	jr	30	34		ENTREPRISE 1
Chef d'équipe Avance Route 2	jr	30	28		ENTREPRISE 1
Conducteur tracteur	jr	30	28		ENTREPRISE 1
Abatteur	jr	30	34		ENTREPRISE 1
Journalier 1	jr	30	34		ENTREPRISE 1
Journalier 2	jr	30	34		ENTREPRISE 1
<i>Engins</i>					
Grumier	jr	0	3		ENTREPRISE 1
Pelle hydraulique CAT 30C (1)	jr	30	34		ENTREPRISE 1
Chargeur (1)	jr	0	3		ENTREPRISE 1
Pick-up (1)	jr	30	15		ENTREPRISE 1
Tracteur avec benne basculante (1)	jr	30	28		ENTREPRISE 1

Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 1	OPERATION : Diagnostic	Pays : Gabon
Maître d'œuvre : TERA	PW_ZU_06	Site : Site de l'ENTREPRISE 1
Entrepreneur : ENTREPRISE 1	PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE ETAT INITIAL	Date démarrage : 12/03/2014

vue sur le bord de la plateforme 22/11/13



vue sur le bord de la plateforme 22/11/13



mi-pente végétalisée 22/11/13



tête de talus en recul à cause de l'érosion 22/11/13



creusement majeur (> au m en quelques mois) 22/11/13



vue sur le creusement majeur de la zone 22/11/13



glissement 22/11/13



Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 1	OPERATION : Travaux / Formation	Pays : Gabon
Maître d'œuvre : TERA		Site : Site de l'ENTREPRISE 1
Entrepreneur : ENTREPRISE 1	PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE TRAVAUX / REALISATIONS	Date démarrage : 12/03/2014
état initial		préparation du bois en forêt 13/03/14
		
transport du bois sur le chantier 17/03/14	terrassement du fond de fouille 17/03/14	terrassement du fond de fouille 17/03/14
		
après une grande pluie 18/03/14	déversement de sciure bois dur	
		

Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 1	OPERATION : Travaux / Formation	Pays : Gabon
Maître d'œuvre : TERA		Site : Site de l'ENTREPRISE 1
Entrepreneur : ENTREPRISE 1	PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE TRAVAUX / REALISATIONS	Date démarrage : 12/03/2014

mise en place de sciure



préparation des bois



transport des longrines



pose des traverses



pose des traverses



pose d'une buse sous l'ouvrage



pose de traverses



remplissage de terre



avant-dernier étage



Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 2	OPERATION : Formation pratique		Pays : Gabon
Maître d'œuvre : TERA	RK_04_03		Site : Site de l'ENTREPRISE 2
Entrepreneur : ENTREPRISE 2	CARACTERISTIQUES GENERALES DES EROSIONS		Date travaux : 05 au 30/08/14
<u>LOCALISATION DES EROSIONS</u>			
Lieu :	Bord de piste	Coordonnées du X (UTM-WGS84) :	XXXX
Type d'érosion :	érosion massive accotement aval de piste	centroïde du Y (UTM-WGS84) :	XXXX
Cause :	gestion des eaux défaillante	chantier Z (m NGC) :	476 m
Nature du site :	piste d'exploitation forestière (piste)		
Type de sol :	sol sablonneux		
<u>DESCRIPTION DES EROSIONS</u>			
Descriptif des érosions	Formation / Travaux réaliser	Période d'intervention	
<ul style="list-style-type: none"> - talus aval instable et à nu sur 8 à 10 m de long dans la pente (plusieurs niches de glissements) --> accotement réduit et dangereux pour passage grumiers - piste érodée - talus amont sablonneux - directions d'écoulement des eaux pluviales qui dégradent la situation <p>NB : sol sablonneux et accès difficile</p>	<p><u>Construction d'un caisson en bois (décrite en fiche RK_04_01)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - reprofilage de la piste / non réalisé - gestion des eaux pluviales / non réalisé - fourniture et pose de 15 dalots / non réalisé 	août-14	

Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 2		OPERATION : Travaux		Pays : Gabon	
Maître d'œuvre : TERE A				Site : Site de l'ENTREPRISE 2	
		RK_04_03			
Entrepreneur : ENTREPRISE 2				TRAVAUX A PREVOIR ET PRIORITES	
Etapas travaux		Date intervention	Problèmes rencontrés	Recommandations à suivre	Suivi MO
constuction d'un caisson en bois		août-14	Sol sablonneux		
terrassment					
montage du caisson					
plantations de boutures					
mise en place de plançons					
mise en place d'un merlon de terre au-dessus du caisson de bois		Urgent			
création de fossés pour canaliser les eaux de la piste		Urgent			
fourniture et pose de dallots		Urgent			
Étape du chantier		Ordre de priorité	Pourcentage d'avancement	Date de fin	
Étape finalisée		1	Urgent		
Étape à réaliser avec assistance TERE A		2	A faire assez rapidement		
Étape à réaliser par le MO		3	A prévoir		

Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 2	OPERATION : Travaux	Pays : Gabon
Maître d'œuvre : TERA	RK 04 03	Site : Site de l'ENTREPRISE 2
Entrepreneur : ENTREPRISE 2	RECAPITULATIF DES MOYENS A METTRE / MIS EN ŒUVRE	Date démarrage 05/08/2014

CONSOMMABLES NECESSAIRES / REELS AUX TRAVAUX

Libellé	Provenance	Unité	Coût unitaire	Quantité estimée	Coût estimatif	Quantité effectuée	Fournisseur
location pelleteuse	local	mois	14 000 000	1	14 000 000	1	ENTREPRISE 2
bois pour longrines et traverses	local	m3	0	150 à 200	0	150 à 200	ENTREPRISE 2
plançons	local	nb	0	300-400	0	300-400	ENTREPRISE 2
COUT TOTAL ESTIMATIF =					14 000 000		

MOYENS HUMAINS ET MATERIELS NECESSAIRES / REELS AUX TRAVAUX

Libellé	Unité	Quantité estimée	Quantité effectuée	Quantité restante	Entreprise
<i>Personnel</i>					
Aménagiste	jr	20	22		ENTREPRISE 2
conducteur d'engins (1 skidder)	jr	20	4		ENTREPRISE 2
abatteur (1)	jr	20	25		ENTREPRISE 2
Main d'oeuvre (3)	jr	20	28		ENTREPRISE 2
chef de travaux (1)	jr	20	25		TEREA
<i>Engins</i>					
pelleteuse CAT 320D ou similaire (1)	jr	20	31		ENTREPRISE 2
chargeuse à pneus	nombre de chargements	5	1		ENTREPRISE 2
compacteur (1)	jr	2	0		ENTREPRISE 2
gumier (1)	jr	0	1		ENTREPRISE 2
nivelleuse (1)	jr	1	0		ENTREPRISE 2
skidder	jr	0	4		ENTREPRISE 2
<i>Petit matériel</i>					
pelles, pioches, masses, machettes	pces	4	4		

Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 2 	OPERATION : Formation pratique	Pays : Gabon
Maître d'œuvre : TERA		Site : Site de l'ENTREPRISE 2
Entrepreneur : ENTREPRISE 2	PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE ETAT INITIAL	Date démarrage 05/08/2014
vue générale vers descente 08/11/13 		vue générale vers montée 08/11/13 
ravinement talus aval 08/11/13 	partie aval de la piste érodée 08/11/13 	
terrassement du talus 07/08/14 	pose du 1er étage du caisson 26/08/14 	pose du 2eme étage du caisson 27/08/14 

Maître d'ouvrage : ENTREPRISE 2	OPERATION : Travaux	Pays : Gabon
Maître d'œuvre : TERA	RK_04_03	Site : Site de l'ENTREPRISE 2
	PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE TRAVAUX / REALISATIONS	
Entrepreneur : ENTREPRISE 2		Date diagnostic : 05/08/2014

Pose du 3eme étage du caisson 28/08/14



Caisson avec boutures et plançons 30/08/14



Caisson avec boutures et plançons 30/08/14

